

Torbjørn Birkenes

Military application of 5G

Graduate thesis in Communication technology - MSTCNNS

Supervisor: Eirik Larsen Følstad

Co-supervisor: Anders Mykkeltveit og Ida Marie Frøseth

August 2023

Torbjørn Birkenes

Military application of 5G

Graduate thesis in Communication technology - MSTCNNS
Supervisor: Eirik Larsen Følstad
Co-supervisor: Anders Mykkeltveit og Ida Marie Frøseth
August 2023

Norwegian University of Science and Technology
Faculty of Information Technology and Electrical Engineering
Dept. of Information Security and Communication Technology



Title: Military application of 5G

Student: Birkenes, Torbjørn

Problem description:

5G is being rolled out in commercial mobile networks, but the technology is still evolving. 5G opens up new possibilities for different industry verticals based on 5G private networks, network slicing, Non-terrestrial and UAV communications to name a few.

Norwegian armed land forces operate in many challenging and difficult situations. It often includes multiple units solving dependent tasks that needs to be synchronized in time and space with a certain level of uncertainty. Increased use of sensors and efficient sharing of data could provide an improvement when solving these missions.

The introduction of 5G enables new possibilities that should be addressed and considered for future use in military operations. The project will focus on if and how 5G can be beneficial to armed land forces in order to obtain a greater situational awareness with the goal of making better decisions, improve communication and overall increase their ability to solve missions.

Objectives of the project will be to evaluate how the technological properties in 5G can be utilized in selected scenarios. Further evaluate how sensors can be connected and used to increase situational awareness for armed land forces. Evaluate practical challenges with the use of 5G regarding compatibility and reliability in the context of military operations in selected scenarios. Finally this should end up with recommendations for how armed land forces should use 5G sensor data during these described scenarios.

Approved on: 2023-03-23

Main supervisor: Følstad, Eirik Larsen, NTNU

Co-supervisor: Mykkeltveit, Anders and Frøseth, Ida Marie, FFI

Abstract

Significant progress is being made in mobile communication, and new steps are constantly being taken. 5G enables a network with low latency, connecting to many users and accessing high-speed bandwidth. At the same time, as the cellular network is improved, there is an opportunity for Norwegian military forces to take part in the development and use the options that will be available. The armed forces are constantly developing using several digital platforms and technical systems. Future solutions outline the possibility of connecting various sensors and soldiers to ensure the best mission solution possible.

This project aims to assess how the current radios meet future needs and whether there are opportunities in 5G technology that the Armed Forces should use to achieve a better situational understanding. To uncover this, a combination of literature study and interviews is used. It will reveal current radio systems' future challenges and which options in 5G may be beneficial.

The thesis concludes that the introduction of 5G will be a good improvement compared to today's radios to offer the future capacity that is in demand. With 5G, you can share videos, photos, and much more information between many more devices than possible today. With a flatter network that connects several devices, 5G will strengthen the ability to collaborate and communicate across different groups. In addition, 5G will simplify and enable a cost-effective way to integrate several types of sensors. By exploiting civilian development, opportunities will open up to lower costs. This will, in turn, provide the opportunity to purchase more units and better access to technical tools. For 5G to function satisfactorily, there are several requirements for, among other things, robustness and autonomy that must be met. This thesis proposes several measures and outlines several essential considerations that should be considered in developing future solutions.

Sammendrag

Det gjøres store fremskritt innen mobilkommunikasjon og det tas stadig nye steg. Med 5G så tilgjengeliggjør det et nettverk med lav forsinkelse, muligheten til å koble til mange brukere og tilgang til høy båndbredde. Samtidig som det sivile kommunikasjonsnettet forbedres er det mulighet for Norske militære styrker å kunne ta del i utviklingen og benytte seg av de mulighetene som vil tilgjengeliggjøres. Forsvaret er i stadig utvikling med bruk av flere digitale plattformer og tekniske systemer. Det er skissert fremtidige løsninger med en sammenkobling mellom ulike sensorer og soldater for å sikre så god oppdragsløsning som mulig.

Formålet med dette prosjektet er å vurdere hvordan de nåværende radioene fungerer for å dekke fremtidige behov og om det finnes muligheter i 5G teknologien som forsvaret burde benytte seg av for å oppnå en bedre situasjonsforståelse. For å avdekke dette benyttes en kombinasjon av litteraturstudie og intervjuer. Det vil avdekke hvilke fremtidige utfordringer dagens systemer kan ha og hvilke løsninger med 5G som bør innføres.

Konklusjonen i oppgaven er at innføringen av 5G vil være den eneste løsningen blant dagens radioer til å tilby den fremtidige kapasiteten som etterspørres. Med 5G får man muligheten til å dele videoer, bilder, og mye mer informasjon mellom mange flere enheter enn det som er mulig idag. Med et flatere nettverk som knytter sammen flere enheter vil 5G styrke muligheten for å kunne samarbeide og kommunisere på tvers av ulike grupper. I tillegg vil 5G forenkle og muliggjøre en kostnadseffektiv måte å integrere flere typer sensorer. Ved å utnytte den sivile utviklingen vil det åpne seg muligheter for å senke kostnader. Dette vil igjen gi mulighetsrom for innkjøp av flere enheter og bedre tilgang på tekniske verktøy til støtte i oppdrag. For at 5G kan fungere tilfredsstillende er det flere krav til blant annet robusthet og autonomi som må oppfylles. Oppgaven foreslår flere tiltak og vetklegger en del viktige hensyn som bør tas i utviklingen av fremtidige løsninger.

Preface

This thesis is submitted to the Norwegian University of Science and Technology (NTNU) and concludes my 2-years Master of Science (MSc) in Communication Technology at the Department of Information Security and Communication Technology (IIK). The research was carried out between January and June of 2023.

During this period I have interviewed several employees across different branches, ages, and experiences. These vast differences have provided many valuable and broad insights into the thesis. I am grateful that all of you had the opportunity to take the time during your days to perform these interviews and help complete this master's assignment.

I am also very grateful to my supervisors Eirik Larsen Følstad, Anders Mykkeltveit, and Ida Marie Frøseth for all the help during the last year. Thank you for being so engaged and forthcoming in this project, for your great ideas, suggestions for relevant interviewees, and for all other support. It has been exciting to work with you in this process.

Lastly, I would like to thank my class and others that have contributed to this process over the last couple of years. It has been challenging and exciting.

*Torbjørn Birkenes
Trondheim, August 2023*

Contents

List of Figures	xi
List of Tables	xiii
List of Acronyms	xvii
1 Introduction	1
1.1 Military operations	1
1.2 Technological development and 5G networks	2
1.3 5G and military applications	3
1.4 Military scenarios	3
1.4.1 Scenario 1 – Command posts	3
1.4.2 Scenario 2 – Platoon	4
1.5 Objectives and contribution	5
1.6 Research questions	6
1.7 Outline	8
2 Background	9
2.1 The Norwegian Armed Forces	9
2.1.1 Structure and organization	9
2.1.2 Army	10
2.2 5G	14
2.2.1 Network functions and architecture	14
2.2.2 Network slicing	17
2.2.3 Edge computing	17
2.2.4 Private networks	19
2.2.5 Proximity services/Sidelink	20
2.2.6 5G New Radio	20
2.3 Other relevant technologies	26
2.3.1 Sensors	26
2.3.2 Artificial intelligence	27
2.4 Related work	28

2.4.1	Military applications, cooperation, and tests	28
2.4.2	5G techonology	31
2.4.3	Various subjects	36
3	Methodology	39
3.1	Research design	39
3.1.1	Design cycle	40
3.1.2	Approaches to research design	41
3.1.3	Election and implementation of method	42
3.2	Interviews	45
3.2.1	Types and election of interview methods	46
3.2.2	Candidate selection and recruitment	49
3.2.3	Structure and order of the interviews	53
3.2.4	Respondents	55
3.2.5	Data management, handling, and privacy	55
3.2.6	Digital vs. physical interviews	56
3.2.7	Pitfalls and challenges	57
3.3	Literature review	58
3.4	Data analysis	59
4	Results from interviews	63
4.1	Armed forces related findings	64
4.1.1	Radios and communication devices	64
4.1.2	Situational awareness	67
4.1.3	Other results	69
4.1.4	Discussion/Summary of Armed Force’s findings	71
4.2	Strategies for procurement and implementation	72
4.2.1	Concepts for procurement	73
4.2.2	Concepts for use and as-a-service	74
4.2.3	Organizational and system maturity	76
4.2.4	Discussion/Summary of strategies and procurement in Armed forces	77
4.3	General and technical demands	80
4.3.1	General demands to technical solution	80
4.3.2	Technical demands to solution	84
4.3.3	Discussion/Summary of demands in the Armed forces	86
4.4	5G technology	89
4.4.1	Slicing	89
4.4.2	Picocells	90
4.4.3	Private networks	92
4.4.4	Edge computing	94
4.4.5	Sidelink	95

4.4.6	IAB	98
4.4.7	Antennas and radio interface	99
4.4.8	Positioning in cellular networks	102
4.4.9	5G network as a sensor	103
4.4.10	Passive IOT	104
4.4.11	Frequencies	105
4.4.12	Frequencies in 5G networks	105
4.4.13	5G resistance to jamming	106
4.4.14	Cellular connections	108
4.4.15	Discussion/Summary of 5G technology	110
4.5	Results, other technology	117
4.5.1	Satelites	117
4.5.2	Artificial intelligence- Machine learning	117
4.5.3	Sensors	118
4.5.4	Discussion/Summary of various technologies	121
4.6	Recommendations and solutions	124
4.6.1	Overall use of cellular networks	124
4.6.2	Use of existing infrastructure	126
4.6.3	Supplementation of radios	127
4.6.4	Discussion/Summary of general solutions and recommendations	129
4.7	Answering research questions	131
4.7.1	Research question 1	131
4.7.2	Research question 2	132
4.7.3	Research question 3	134
5	Discussion	137
5.1	Objectives	137
5.1.1	Objective 1	137
5.1.2	Objective 2	140
5.1.3	Objective 3	144
5.2	Overall discussion and implementation	147
6	Conclusion and future work	151
6.1	Conclusion	151
6.2	Learning points	153
6.3	Future work	153
	Bibliography	155
	Appendices	
A	NSD Application	163

B NSD Approval	167
C Information Sheet	171
D Interview Guide	175
E Interview: User-centered interviewee 1	179
F Interview: User-centered interviewee 2	191
G Interview: User-centered interviewee 3	203
H Interview: User-centered interviewee 4	213
I Interview: User-centered interviewee 5	215
J Interview: PLMN interviewee 1	231
K Interview: PLMN interviewee 2	249
L Interview: PLMN interviewee 3	273
M Interview: PLMN interviewee 4	291
N Interview: Equipment provider interviewee 1	321
O Interview: Equipment provider interviewee 2	343
P Interview: NDMA interviewee 1	367
Q Interview: NDMA interviewee 2	389
R Interview: HVS interviewee	391
S Interview: FFI interviewee	409

List of Figures

1.1	Illustration of Network Centric Warfare (NCW) system combining several units in a network, enabling efficient sharing of information [Raf23] . . .	2
2.1	The relay station in the middle of the picture is connecting the two bubbles allowing them to communicate with each other	11
2.2	The network architecture in 5G Standalone [3GP20]	15
2.3	Different slices are using different physical components [DCM22]	18
2.4	Customized network slices using the Service- based architecture (SBA) [Bro17]	18
2.5	Showing how Mobile edge computing (MEC) is utilized with the User-plane function (UPF) distributed closer to the user [Bro17]	19
2.6	Private 5G network, with the public cellular network outside [Chr] . . .	20
2.7	Multiple signals traversing different paths combined at the user [Avnb] .	22
2.8	Hybrid beamforming, combining multiple antenna elements, using analog beamforming in the RF stage, and digital beamforming in the baseband [Bir22b]	24
2.9	Intergrated Access and backhaul (IAB) links from one donor to two linked nodes [HJAC20]	24
2.10	Showing possible use of 5G in military context [Ken22]	29
2.11	Four different slice models with different Network functions (NFs) located at the edge site [5G 20]	32
2.12	The blue dots show the accuracy of the RF-sensings of the persons by combining several Base stations (BSs), [Qua23a]	34
2.13	The blue dots show the accuracy of sensing a person only by using a signal antenna [Qua21]	35
3.1	Design Cycle, based on [Roe14]	41
3.2	Design Cycle, with multiple smaller iterations based on Figure 3.1 . . .	45
3.3	Structure of depth-interviews, based on [Tjo10]	48
3.4	Data analysis, stepwise approach to managing interview data, based on [Tjo10]	60

List of Tables

2.1	Network functions and important components in the 5G service-based architecture.	16
3.1	User groups for interviews	50
3.2	The number of conducted interviews and participating interviewees from each category.	55
4.1	The number of conducted interviews from each group. 15 interviews with 17 participants	64
4.2	Quotes relating to radios and communication devices in the National Armed Forces (NAF)	66
4.3	Quotes relating to how situation awareness is created in the NAF	68
4.4	Quotes that relates to other results in the NAF	70
4.5	Summary of results related to the NAF, section 4.1	72
4.6	Procurement of civilian/military equipment	73
4.7	Cooperation between civilian/military organizations	75
4.8	Organizational maturity	76
4.9	Summary of results about procurement and military/civilian cooperation, section 4.2	79
4.10	Quotes that relate to general thoughts about autonomy and robustness in network solutions	81
4.11	Quotes that relates to thoughts about the need for simplicity	82
4.12	Results about security demands	83
4.13	Results to capacity and bandwidth demands	84
4.14	Results to Latency demands	85
4.15	Results to coverage demands	86
4.16	Summary of generic and technical demands, section 4.3	88
4.17	Results about Slicing	90
4.18	Results about Picocells	91
4.19	Results about Private networks	93
4.20	Results about Edge computing	95
4.21	Results about Sidelink	96
4.22	Results about IAB	98

4.23	Results about Antennas, MIMO, and radio interface	100
4.24	Results about positioning in 5G	102
4.25	Results about using 5G network as a sensor	104
4.26	Results about passive IOT	104
4.27	Results about use of frequencies in 5G	105
4.28	Results about 5G resistance to jamming	107
4.29	Results about ESIMand attachment to networks	108
4.30	Summary of results in 5G, section 4.4	116
4.31	Results about satellittes	117
4.32	Results about AI/ML	118
4.33	Other types of sensors that may be used	120
4.34	Results about sensors	120
4.35	Summary of other technologies, section 4.5	123
4.36	General recommendations for use of 5G	124
4.37	Recommendations and results for various Use Cases	125
4.38	Results about use of infrastructure	126
4.39	Results about supplementation of Radios	128
4.40	Summary of recommendations and proposed solutions, section 4.6 . . .	130
5.1	High level comparison of selected radios and 5G	138

List of Acronyms

3GPP 3rd Generation Partnership Project.

5G NR 5G New radio.

5G NSA 5G non-standalone.

5G SA 5G Standalone.

5GC 5G core.

AE Autonomous edge.

AI Artificial intelligence.

AMF Access Management function.

AUSF Authentication server function.

BAP backhaul adaptation protocol.

BBU Base band unit.

BLOS Beyond Line of sight.

BMS Battle Management System.

BrigN Brigade Nord.

BS Base station.

C2 Command and control.

C2IS Command and control information system.

CI certificate issuer.

CIS Communication and Information Systems.

CP command posts.

CU Central unit.

CYFOR Norwegian cyber defence.

DU Distributed unit.

eMBB enhanced Mobile Broadband.

EPC Evolved packet core.

ETSI European Telecommunication Standards Institute.

eUICC Embedded Universal Integrated Circuit Card.

EW Electronic Warfare.

FFI Norwegian Defence Research Establishment.

FHCL Flexible high capacity link.

FKI Forsvarets kommunikasjons infrastruktur.

FLF Finnmark Landforsvar.

gNB Next Generation NodeB.

GNSS Global navigation satellite system.

GPS Global positioning system.

GSV Garnisonen i Sør-varanger.

HQ Headquarter.

HV National Home guard.

HVS Army school of arms/Hærens våpen skole.

IAB Intergrated Access and backhaul.

IAB-MT Integrated Access and backhaul mobile termination.

ICT Information and communication technology.

IMSI International mobile subscriber identity.

IOPS Isolated E-UTRAN operation for public safety.

IOT Internet of things.

JTAC Joint terminal attack controller.

KPI Key performance indicators.

LMF Location management function.

LOS Line of sight.

LTE Long-term evolution.

M2M Machine-to-machine.

MBMS Multimedia Broadcast Multicast Services.

MEC Mobile edge computing.

MIMO multiple input multiple output.

mMTC Massive Machine Type Communication.

mmWave Milimeter wave.

MRR Multi-rolle-Radio.

MU-MIMO Multiple users-multiple input multiple output.

NAF National Armed Forces.

NCW Network Centric Warfare.

NDMA Norwegian Defence Materiel Agency.

NF Network function.

NFV Network function virtualization.

NKOM National Communications Authority.

NLOS Non Line of sight.

NorBMS Norwegian Battle management system.

NPN Non-public networks.

NSD Norwegian centre for research data.

NTNU Norwegian University of Science and Technology.

PBN Armoured Batallion.

PCF Policy Control Function.

PFR Personal field radio.

PKI Public key infrastructure.

PLMN Public land mobile network.

PNI-NPN public-network-integrated non-public networks.

ProSe Poximity services.

PRS position reference signal.

PSK Pre-shared key.

PTT Push-to-talk.

QoS Quality of service.

RAN Radio access network.

RnD Research and development.

SBA Service- based architecture.

SBBN Signals batallion.

SDN Software defined networking.

SHF Super high frequency.

SM-DP Subscription Manager Data Preparation.

SMF Session management function.

SM-SR Subscription Manager Secure Routing.

SSB Synchronization signal block.

SUCI Subscriber concealed identity.

SUPI Subscriber permanent identity.

tadkom Tactical digital communication.

TKI Taktisk kommunikasjons infrastruktur.

UAV unmanned aerial vehicle.

UDM Universal data management.

UDR Unified data repository.

UE User equipment.

UHF Ultra high frequency.

UICC Universal Integrated Circuit Card.

UPF User-plane function.

URLLC Ultra Reliable Low Latency Communications.

VCP Vehicle Check Point.

VHF very high frequency.

VPN Virtual private network.

Chapter 1

Introduction

1.1 Military operations

Military land operations frequently encounter many challenges, including uncertainties, potential hazards, and information constraints. The military is a strict hierarchical system that goes from the lower level structures, e.g., squads, and platoons, through more extensive elements like companies, up to battalions and brigades. The lower levels perform tasks within the scope of intention given by the commanding level. Often they can do many tasks freely, but seamless communication from lower levels, where sensors are deployed, up to higher commands where strategic decisions are made, down to effectors, again at lower levels, is crucial. Traditionally, information exchange has relied on written or oral means; however, technological advances have introduced the potential for more bandwidth-consuming methods, such as live-updated graphics, images, and videos. In military operations, information sharing is constrained by the properties of communication devices.

Within the paradigm of the digital era and the direction of multiple armed forces worldwide, Network-centric warfare (NCW) is defined as a concept that underscores the importance of knowledge acquisition and situational awareness [AGS99]. Situational awareness is "conscious knowledge of the immediate environment and the events occurring in it. Situation awareness involves perception of the elements in the environment, comprehension of what they mean and how they relate to one another, and projection of their future states" [APA]. It is the ability to understand what is happening around you and, based on that, give a projection of future events. As seen in Figure 1.1. NCW builds on leveraging information superiority and facilitates a symbiotic relationship between sensors, decision-makers, and combat forces, fostering shared awareness and enhancing operational speed, lethality, survivability, and self-synchronization. Such connection efficiency, achievable irrespective of hierarchy, underpins the necessity for an interconnected military network capable of connecting different military branches and enabling resource sharing and utilization, connecting and efficiently sharing information between all

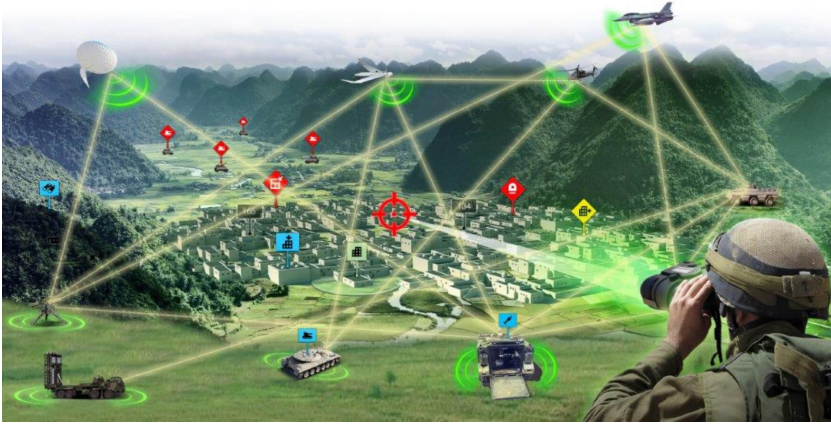


Figure 1.1: Illustration of NCW system combining several units in a network, enabling efficient sharing of information [Raf23]

units [GU16]. It mandates communication technologies for secure, reliable, high-capacity connections across diverse operational environments. Additionally, it calls for sophisticated tools and systems to convert the immense data output within the network into actionable intelligence, necessitating the integration of advanced data analytics, machine learning, and artificial intelligence technologies.

In military operations, information gathering depends on observations and reports from sensors, which can be broadly defined as units that collect information. It may include all data sources varying from a person reporting their viewings to technological sensors that measure temperature, movement, or pressure. The sensors are often placed in specific positions with defined goals. They could, for example, identify enemy movements. Deploying and concealing sensors in hostile environments is demanding; it may involve significant risk, and relaying the information to the relevant recipients may be challenging.

1.2 Technological development and 5G networks

Over the past few decades, Norway has heavily invested in expanding its Information and communication technology (ICT) infrastructure, resulting in a high ranking on the ITU ICT index [ITU17]. We have a widespread expansion of fiber networks and three high-performing Public land mobile network (PLMN) providers. These providers deliver separate 4G networks and are currently working on deploying 5G networks. The unique geographic composition of Norway, marked by towering

mountains and profound valleys, poses a significant challenge for complete radio coverage from PLMN providers. Despite this, most populated regions are expected to have access to high-speed broadband connections despite Norway's sparse population distribution. However, the country's narrow landmass in certain areas complicates multiple fiber connections' placement, increasing the vulnerability to sabotage or natural disasters and posing a risk to network integrity. Consequently, this geographic complexity tests the robustness of network infrastructure in the face of potential fiber breaks.

1.3 5G and military applications

The ongoing development and deployment of 5G technology in commercial mobile networks introduce new opportunities for various industry verticals, including military applications [Bha20]. Features such as private networks, network slicing, low latency, robustness, and high-speed broadband for multiple users have piqued the interest of numerous actors for potential military use cases [Nok]. The advanced capabilities of 5G, combined with its commercial development and established infrastructure, offer promising prospects for military land operations. It presents options for multiple live streams, control of unmanned aerial vehicles (UAVs) or effectors, and enabling an enhanced situational awareness. In many ways, the army has a traditional approach that leads to more minor changes and development. 5G can potentially be a disruptive force that can inflict significant changes, but it depends on the organizational readiness and mindset.

1.4 Military scenarios

This section presents two scenarios that form the basis for the discussion and development of the thesis. These scenarios will be used in further discussions in the thesis. These are the working scenarios, and the technical requirements, details, Key performance indicators (KPI), and possibilities for implementation will be revised and further elaborated through the thesis.

1.4.1 Scenario 1 – Command posts

The first scenario is Command posts (CP). CPs can differ a lot in size. They can go from small with a couple of vehicles with extra tents to big CPs with multiple containers, having a protection platoon, and being a working place for dozens of officers. Their need for ICT differ a lot. Some only use a standalone computer, while others have a container filled with different servers and systems.

In a CP, the main tasks are planning and coordinating subordinate units' activities and missions. They receive, digest, and relay new orders to their units. This means

they require a good overview of the situations for their troops. If anything changes, the plans need to be changed, and new coordination's to be made. The lack of situational awareness may be critical for their decision-making and ability to affect and help their units.

All CPs have some demand for self-protection. How stationary they are, their size, visual signature, and the amount of available personnel dictate how this may be solved. The ultimate goal is 360-degree coverage in an extended length from the CP.

Communication: The bigger CPs will naturally have more systems and generate more traffic and synchronization needs towards other CPs than the smaller ones. They will necessarily require a lot more data. Often Ultra high frequency (UHF) or Super high frequency (SHF) radios are utilized for this with a 2–30 Mb/s capacity. They also have military grade very high frequency (VHF)-radios to communicate with their platoons.

Technical demands: In a CP, one of the most important things is reliability and robustness. Accessibility to services and their robustness is important. This means low jitter and a stable connection to other nodes and central network functions. Low latency is not necessarily an important demand, but low latency and jitter would be crucial when controlling drones, especially Beyond Line of sight (BLOS). Large CPs may require a lot of computing and services. Some of them could also be deployed to an area without a network. Hence, they may need a solution where they bring all of the necessary network elements themselves. Deploying an autonomous network core may be an option explored in this thesis. If the CPs are to communicate via several services that need synchronization, receive multiple video streams from their deployed troops, and establish their cameras for protection, it may require a lot of bandwidth. Depending on the size, quality, and number of streams and information, in the range of 1–10 Gb/s.

Possible use of 5G: CPs require multiple things that can be solved using 5G, great bandwidth, reliability, and robustness. Their need for increased situational awareness of their proximity and surroundings can be solved by placing cameras or other types of sensors as warning systems. Their understanding of how their troops are doing and their situation can also be solved by receiving videos from them.

1.4.2 Scenario 2 – Platoon

The second scenario is a deployed platoon. There are several different types of platoons, but the scenario will primarily discuss maneuver and infantry platoons. They may either operate inside a brigade structure with someone providing them with communication coverage for some services or more autonomous only depending on established infrastructure.

The troops' tasks can vary from National Home guard (HV) soldiers stationed on a Vehicle Check Point (VCP) with their teams and maintaining control to a mechanized platoon from the Brigade Nord (BrigN) that uses tanks and tries to perform a coordinated attack on an objective. It can also be reconnaissance teams that stay concealed and are trying to extract information close to the enemy positions. Some of these units operate in a high-demand area with significant lethal risks. Maintaining the ability to observe and understand what is happening around them and act on reliable information is of great value.

Communication: They mostly use military-grade radios. The ones in BrigN mostly uses VHF with great coverage but poor bandwidth, while others use smaller and more portable solutions with less coverage. Relays are often available in many operations to expand and ensure coverage in an area. Others operate more independently and must use radios with greater range or satellite integration.

Technical demands: It is important that their systems have good accessibility and can work as a standalone system in case they operate outside or at the border of 5G coverage. Using drones or controlling vehicles via 5G requires short and stable latency. If all the vehicles should be able to stream videos, their bandwidth demands could be in the range of 30-100 Mb/s.

Possible use of 5G: In this scenario, use cases for 5G to increase their situational awareness could include video, increased target sharing, and increased awareness of their soldiers' position. This can be achieved using 5G high-bandwidth video streams between vehicles and deploying elevated sensors. Since they may operate outside or at the border of coverage, direct 5G that enables video sharing between the vehicles nearby is desirable.

1.5 Objectives and contribution

The thesis aims to provide a high-level recommendation for which technical and operational solutions in 5G should be implemented in the armed forces, relating to the regulatory land forces, the army, and the HV. This research will delve into the various facets of 5G technology and see how it can fulfill or enhance existing technology, to improve NAFs' situational awareness through surveillance and information gathering. Discover options for integrating sensor systems and possibilities for facilitating seamless information exchange, explained in NCW.

Main objectives of the thesis:

Investigate advantages and potential obstacles of selected 5G properties that may be interesting when implementing 5G in the NAF to increase situational awareness and how these can supplement or co-exist with selected, existing radio solutions.

The main objective can be broken down into more specific objectives:

Objective 1 Make a high-level comparison of selected military radios within selected properties and compare them to 5G properties, furthermore, evaluate what tasks, which scenarios, and how they may replace or supplement one another.

Objective 2 Evaluate, on a high level, what type of sensors are required in the selected scenarios to increase their situational awareness. Evaluate how and if these sensors can be connected and transfer data with available technology and protocols in a relevant military scenario, 5G or others.

Objective 3 Propose and evaluate solutions to how the NAF may utilize 5G and sensors in the given scenarios.

This study aims to explore the prospective advantages and strategies related to 5G technology implementation. It will examine potential security concerns and pragmatic hurdles with implementing 5G and its systems. It will probe into potential complications and impediments linked to 5G technology incorporation within a military context. It will investigate multiple military use cases and assess the potential ramifications of adopting 5G technology within the context of military land operations. The objective is to deliver a comprehensive insight into the topic, subsequently guiding the formation of pragmatic recommendations to facilitate the effective adoption and application of 5G technology in vital military operations.

1.6 Research questions

In addition to the different objectives, the thesis will provide answers to a couple of research questions. The method for providing answers to them will be a combination of interviews and literature studies, using different literature sources and interviews to give verification to one another.

Research questions

RQ1 What needs does the NAF have that 5G may help improve? Also related to improving their situational awareness?

RQ2 Which properties and implementations of 5G are relevant for usage in the NAF? The focus will be on properties related to the objective of increasing situational awareness in the given scenarios.

RQ3 What types of sensors are relevant to military use in the selected scenarios? Also, investigate if there are solutions for combining sensors and sharing information.

The first research question (RQ1) must take into account that there exist many different technologies with different properties. Therefore, one technology may not be the most desirable technology in all scenarios or for all users. RQ1 will regard on a high level what needs or desires the NAF have that may not be met with the use of some existing, selected radios. It will lay the foundation to investigate whether 5G is a more suitable technology in the scenarios.

The second research question (RQ2) will regard which of the properties in 5G the armed land forces require to utilize and in which manner it fits the context and their need. By relating to the different scenarios' needs, it will be possible to identify the properties of 5G that are required. It will research qualitative and quantitative requirements like bandwidth, jitter, technical solutions, etc. A too-advanced implementation may contribute to technical dependencies, higher costs, or restrict flexibility. Some properties of 5G may not be possible to implement or in other ways feasible to use in all scenarios.

The third research question (RQ3) will try to investigate what types of sensors may have a positive contribution to the NAF. It will also explore potential solutions and practical challenges with implementing the sensors and the context in which the forces operate. This may cover a broad specter of challenges regarding how and if sensors can be practically applied, what combinations/methods for implementation, and how they may be integrated and provide reliable services.

Limitations The thesis will have some limitations due to the scope of the task and the technical complexity involved.

- The thesis will focus on designing a system and enabling communication from sensors to the first user for selected use cases and scenarios. It will not focus on how to transmit the information from the first person to the second person or enable him to control the sensors.
- It will be restricted to operations on Norwegian soil.
- The main objectives of the thesis relate to how 5G can be used in military operations. Evaluation of specific sensors will not be a primary objective.
- The thesis is unclassified and therefore some operational details and procedures have to be omitted.
- Will not consider cost or an economical comparison between technologies.

- Due to the vast scope of both technical possibilities and military scenarios, it will not go in-depth to all possibilities regarding the use of 5G or applications.
- Will not go into depth on all security-related issues since the NAF have access to maintain highly secured storage etc.

1.7 Outline

The remainder of the thesis is structured as follows:

- **Chapter 2 - Background** Presents the relevant information about the technological possibilities in 5G.
- **Chapter 3 - Methodology** Presents the chosen research methodology with the assumptions, reasoning, and limitations.
- **Chapter 4 - Results, interview findings** Presents the information discovered from the interviews.
- **Chapter 5 - Discussion** Discusses the interview information and combines it with relevant background material. Includes recommendations for future use of 5G in the armed land forces.
- **Chapter 6 - Conclusion and future work** Concludes and summarizes the thesis. It also provides suggestions for future work.

Chapter 2

Background

This chapter provides the necessary background information for this thesis. section 2.1 presents information relating to the NAF, including information about selected communication systems, organization, and operation procedures. Section 2.2 presents information about 5G and technical innovations, presenting its architecture, concepts, and applications that might be relevant for the rest of the thesis. Section 2.3 presents the background of some relevant technologies before Section 2.4 presents related works.

2.1 The Norwegian Armed Forces

This introduction aims to provide the readers unfamiliar with the NAF enough information to understand the military context well enough to understand the details and results in the following chapters. One of the biggest challenges when presenting information about the NAF is finding relevant sources and material. Some general information is available, but to provide the necessary background, some specifics about operational procedures are based on the author's experience in the NAF.

2.1.1 Structure and organization

The NAF consists of 13 different departments [Fora], differing from the Army to cyber, common services, and educational departments. This thesis's two most essential departments are the Army and the HV, in addition to some relevance for the cyber branch.

The NAF have 9 defined tasks [14]. Some of the most relevant tasks are the ability to deter, respond, defend, and secure Norwegian territory. All of these goals depend on a sum of training, equipment, procedures, and the ability to resolve missions. To understand how the Army is expected to resolve its jobs it is necessary to look at the composition of the Army.

2.1.2 Army

The Norwegian Army consists of over 8000 members, including conscripts, civilians, and military personnel. Its structure encompasses seven units, with the BrigN and the Finnmark Landforsvar (FLF) being the most substantial [Fore]. Additional battalions include the military police, support elements, and the Army school of arms/Hærens våpen skole (HVS). HVS is crucial in contributing to personnel, procedure, and material development and education.

FLF consists of two battalions; Porsanger and the Garnisonen i Sør-varanger (GSV), alongside the 17th district of the HV. Their primary mission is to safeguard the northern parts of Norway, encompassing tasks such as intelligence collection and coordinating long-range precision artillery operation [Forc].

The term 'brigade' in the Army context refers to an organizational level and a department. A brigade typically consists of several battalions, housing 3000-5000 soldiers. It often includes 3-6 maneuver battalions and support functions such as intelligence, communication, artillery, logistics, and engineering. BrigN embodies this construct, hosting three maneuver battalions alongside numerous support battalions. Most of the BrigNs' forces are positioned in Northern Norway, with some units based in Østerdalen. A brigade consists of diverse fields of expertise, enabling it to operate independently to a significant extent [Ler22].

The key objective of a brigade is to harness the collective power of these varied elements, necessitating strategic coordination and planning. For instance, artillery and maneuver units need to align on target selection while requiring logistic support for ammunition supply and potential obstacle clearance by engineers. Robust communication systems, typically deployed by a signals battalion, are vital to facilitate such collaborative operations.

Communication systems BrigN, has diverse communication systems and radios. It can be divided into two categories: voice and data services, each with specific radio types and related attributes. Most of these radios require planning and coordination, such as determining the use of frequencies and equipment placement, with a need for synchronization in time based on uncertain events as the progress of the maneuver battalions.

MRR The primary radio used for voice services in the Norwegian Army and amongst the response teams in HV is the Multi-rolle-Radio (MRR), developed by Kongsberg Defence and Aerospace in the 1990s, with a subsequent mid-life upgrade [Tek00]. A critical property with MRR and most military VHF radios is autonomy. The grade of autonomy depends on the radio models and configurations, where some require synchronization, while others transmit nevertheless. In MRR, the radios



Figure 2.1: The relay station in the middle of the picture is connecting the two bubbles allowing them to communicate with each other

are needed to have synchronization. This is enabled with one radio taking the role of a master and allowing other radios to attach/gain synch, creating a network. A network is operating at a defined frequency, and there is possible to have several networks deployed in the same area, from different radios. Inside the network, it acts as a broadcast voice service that enables all radios to transmit to all others directly. The coverage of the master radio naturally limits a network. Without a connection to it, there is no way to achieve synchronization. Since all radios communicate directly, there is also a possibility that two radios, connected to the network and have achieved synch with the master, are at different edges of the network bubble and unable to reach the other one directly. This limited coverage is fixed by establishing infrastructure in terms of relays. As seen in 2.1, it allows for multiple networks to be connected by adding a relay station that forwards the information between each cell. This gives great flexibility, but at the same time, it requires resources and planning.

Operating in the VHFband between 30-88 MHz, the MRR has a typical transmission range of 20-50km, although distances above 100km have been achieved [Konc]. Equipped with built-in crypto, the MRR serves primarily as a voice radio with Push-to-talk (PTT) capabilities, accommodating various networks but only permitting one to be active at a time. The MRR also provides a data transfer function, although bandwidth is limited to 64 kbps [Konc]. Typically, this feature is employed through connection to the Norwegian Battle management system (NorBMS), developed by Teleplan Globe, to exchange updates, messages, fire coordinates, and plans. However, due to the limited bandwidth, only smaller messages are recommended for transmission via MRR.

Data Services Battalion CPs possesses additional communication capabilities compared to other lower elements, including services such as direct voice calls, email, file synchronization, and extensive message exchange in Battle Management System

(BMS) applications. To facilitate this enhanced communication, radios and solutions with greater bandwidth are required.

The current solution, often referred to as Tactical digital communication (tadkom) or Taktisk kommunikasjons infrastruktur (TKI), is based on establishing a radio network with multiple paths via junction points [BB23], to provide robustness. This is accomplished using a software called Hermod, which creates an ad-hoc, self-organizing system for integrating and selecting multiple carriers [Dof17]. As long as IP connectivity exists, the network can calculate the best route for information exchange. The radios used to establish this network operates in the SHF and UHF bands, the TKI uses radios capable of delivering 2-16 Mbps, depending on signal conditions, connectivity, and frequency usage [Ele]. The NAF recently acquired a new radio, the RL542A, from Kongsberg that can provide up to 100 Mbps within a frequency range of 4.4-5.0 GHz [Konb]. The radio supports both point-to-point and point-to-multipoint communication, allowing multiple CPs to connect with a single antenna. The system, however, is proprietary and can only communicate with radios of the same type. Using Hermod, it is also possible to utilize other carriers such as 4G/5G, satellites, fixed lines, etc in the TKI networks.

Apart from these systems, there are several other communication methods and radio carriers used by the NAF, including those specifically for communication between a Joint terminal attack controller (JTAC) and planes [And21], satellite communication capabilities, and secure PTT solutions like the Personal field radio (PFR) for smaller units such as platoons or squads. Within a CP, fiber cables are predominantly used to ensure reliable connectivity.

Concepts for future army In the document the army of tomorrow [Hær21] several concepts and goals for the development of the army. Some of the advancements in Command and control information system (C2IS) include the use of unmanned communication stations. Allowing for remote control of communication nodes and their deployment to preferred locations. There is also the use of a wide spectrum of communication devices, leveraging the developed infrastructure where feasible, while also being capable of establishing ad-hoc networks in areas where this is inadequate.

A key requirement is the rapid implementation of new systems and equipment. These systems need to be intuitive and user-friendly. The most desired characteristics include plug-and-play functionality and ease of use. Sharing situational understanding with others is essential for the army, including both allies and other Norwegian military branches. The ability to communicate effectively and efficiently could be decisive in many operational contexts.

HV The HV of Norway is a substantial force composed of 40,000 soldiers, dispersed across 11 districts and 223 regions. In addition to this structure, they also maintain their own administrative staff and weapons school. Each district is charged with the territorial responsibility of safeguarding key civilian and military installations within its specified area, resulting in each district covering a vast geographical span. Most soldiers within the HV are civilians, only called for training or operations when needed. Among the 40,000, around 3,000 belong to the response forces, which have a higher level of training than the rest of the force [Forb].

The HV's missions vary and can include surveillance, securing installations, and providing resistance, depending on their ambition level [FFI]. Individual regions often have specific tasks influenced by their geographical location and potential targets. This leads to differences in equipment, training, and missions between regions [BL23].

The HV has recently acquired a new communication system [Ford]. This independent voice communication system, a PTT system, facilitates secure communication within each area but are restricted to voice services. In practice, mobile cellular technologies may be an essential part of coordination when forces are widely spread. Additionally, every HV district has CP with systems comparable to those the brigades use.

There are some fundamental differences between the HV and BrigN. The brigade is a generic, independent unit that can be deployed and operate everywhere because it includes all necessary elements of logistics, communications, etc. However, a brigade is only able to operate in a limited geographical area at a given time. The supplementing elements that provide autonomy cause dependencies within. The different battalions are dependent on each other. The limitations are seen in the number of maneuver battalions, how big area signal units can provide communications, how far the artillery can shoot, and to what lengths logistics securely can resupply the units. The HV plays a vital role in securing all other locations throughout the country. In the HV, you have your defined area and can solve missions within that area. They are not necessarily able to deploy. They are more restricted and not as flexible a force as a brigade. If the brigade operates within a district, coordination, and cooperation between the two entities are essential.

Cyber Defence The Norwegian cyber defence (CYFOR) is responsible for seven critical tasks, amongst them: operating, securing, and maintaining the function of the NAF nationwide communication infrastructure, Forsvarets kommunikasjons infrastruktur (FKI), managing central computer services, advancing digitalization, and providing knowledge in ICT processes. CYFOR consists of six departments, each with specific responsibilities, ranging from ensuring security and weapons training to providing services to users [Cyb].

One of these departments is the CIS regiment, located nationwide and tasked with connecting NAF forces to the communication infrastructure. This responsibility includes facilitating cooperation between different military branches and departments, such as the Army and Navy. As the most significant component in the army, the BrigN is capable of providing communication within itself but relies on CYFOR for communication with central ICT services and the army command center [Bør23].

To enable this connectivity, CYFOR maintains a nationwide fiber infrastructure with many termination points, FKI. They also have communication installations on selected mountains to provide wireless radio connections. These radios have similarities with the ones used by BrigN but are meant to be static and have some higher throughput and different properties. Since they differ from the ones used by the BrigN, they are incompatible. Therefore, the practical solution for connecting BrigN via these radio installations is by deploying mobile CYFOR teams to the vicinity of the CP.

2.2 5G

This section presents background information on 5G. It will cover the areas of the 5G standard that is expected to be the most relevant to the thesis and applicability in military operations.

Driven by technological advancement and escalating demands for improved services and higher data rates, particularly due to the increasing use of video streaming services, mobile technology continues to evolve [Dah]. 3rd Generation Partnership Project (3GPP) is a standardization body that develops standardized protocols for mobile communication. The fifth generation was introduced in release number 15 in 2018 [3GP18]. 5G aims to reach higher goals concerning capacity, latency, amounts of connections, and low energy consumption [Hua15]. 5G services have been divided into three main groups; Massive Machine Type Communication (mMTC), enhanced Mobile Broadband (eMBB), and Ultra Reliable Low Latency Communications (URLLC). Unlike previous editions, 5G is more bifurcated, introducing a new radio solution that uses the Evolved packet core (EPC) from Long-term evolution (LTE), termed as 5G non-standalone (5G NSA). The complete version, including the new 5G core, is referred to as the 5G Standalone (5G SA).

2.2.1 Network functions and architecture

The core architecture of 5G is designed to be "cloud native," creating a SBA while embodying the principles of Network function virtualization (NFV) and Software defined networking (SDN). The resulting structure is depicted in Figure 2.2. Instead of establishing entities with multiple responsibilities, as seen in previous generations,

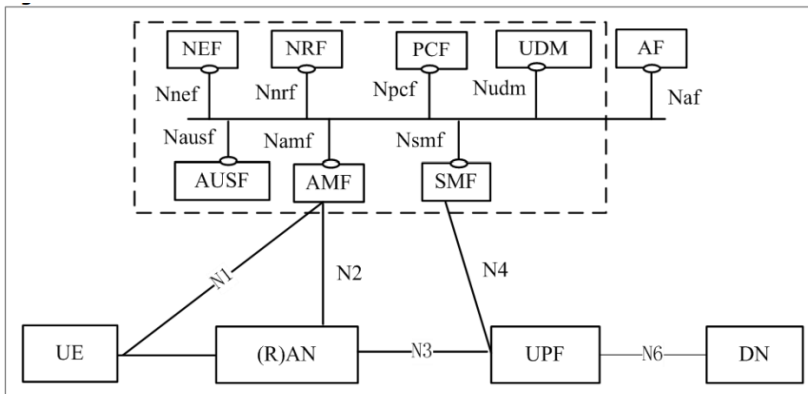


Figure 2.2: The network architecture in 5G Standalone [3GP20]

the architecture is divided into several NFs. These control plane functions have a service-based relationship, utilizing each other's services and making requests as required [Bro17]. This new arrangement leads to several fundamental design principles, most important depicted from [Bro17]:

- Control- and user-plane separation, to enable scalability, decoupled technical evolution, and possibility for deploying edge locations.
- Stateless NF, decoupled compute from the storage to achieve more efficiency, also relates to general technological development.
- Network capability exposure, exposing information about the services that are available in the network to internal and external applications.
- Concurrent access to local and centralized services. Support for utilizing local services like UPF while using other centralized control plane services.

All of the different NFs that are required can be run independently of the hardware, and independently of the other NF [HLS+18], as long as the required ones are available. This means that some of the services in the 5G core can be moved closer to the users, this enables the concept of edge computing and will be discussed in section 2.2.3. Because of virtualization on standard hardware, it is also a lot cheaper and simpler to implement multiple entities of the same function. This provides the possibility to offer network slicing with shared or dedicated NF, discussed in section 2.2.2 [HLS+18]. The role of each NF is presented in table 2.1

Table 2.1: Network functions and important components in the 5G service-based architecture.

UPF	The User plane function (UPF) enables traffic aggregation and packet processing. As a fundamental component of the 5G infrastructure, it provides the flexibility of executing packet forwarding close to the end user. This reduces the load on the core network and facilitates edge computing. UPFs can be linked and can hence be present both centrally and on the edge side, even when backhaul access is functioning. [WCC+20].
AMF	The Access Management function (AMF) provides access for the User equipment (UE) to the 5G core and handles mobility management. The AMF needs to be present in an Autonomous edge (AE) to perform handover between Next Generation NodeB (gNB)s in a region [WCC+20]. The AMF holds highly sensitive information i.e. on UE mobility, and locating it in the commercial network therefore requires a high amount of trust in the operator.
SMF	the Session management function (SMF) communicates with the decoupled data plane, messages are forwarded from the AMF to the SMF, also handles IP address allocation and controls policy enforcement.
PCF	The Policy Control Function (PCF) is responsible for Quality of service (QoS) management and policies. Assigns bearer parameters such as the maximum overall speed of a connection and the priority of each bearers [Sau21].
UDM	The Universal data management (UDM) function is responsible for accessing and managing the subscription data. It generates authentication and key agreement credentials and handles authorization and subscription management. It holds highly sensitive information regarding access and subscription management [Sau21]
UDR	The Unified data repository (UDR) stores the subscription data that is used by other functions
RAN	The 5G Radio access network (RAN) consists of gNBs. The gNB is the 5G base station that handles radio communication with the UEs.
UE	The User equipment (UE) are the devices in the 5G network.

2.2.2 Network slicing

Network slicing is a crucial feature of the 5G network architecture. This mechanism enables the creation of multiple virtual networks over a shared physical infrastructure. It aims to provide differentiated service offerings to meet the diverse requirements of users or applications beyond just wireless broadband internet connectivity [Sau21]. A network slice comprises both the 5G core (5GC) network, the RAN, and UE forming an end-to-end connection.

The traditional approach to network separation usually involves maintaining parallel networks using separate physical devices. However, network slicing introduces a logical partition, where different network services can coexist on the same physical device or infrastructure [Bro17]. Configurations can be made such as only specific slices can utilize physical components. Only to allow specific slices access to different physical components, as seen in Figure 2.3. The concept of network slicing has significantly influenced the design of the 5GC network. This architecture is built to support the connection of a specific RAN slice to a unique core network slice, enhancing flexibility and customization [Sau21]. This approach allows the properties of each network slice to be customized based on user requirements QoS. As depicted in Figure 2.4, network slices can be tailored to include only the necessary functional components to meet the specific user requirements [Bro17].

Moreover, access to specialized server-based applications can be restricted to specific slices. By defining priorities of use and guaranteeing access to certain services, a network slice can be configured to guarantee specific latency parameters or to ensure the availability of radio resources [HLS+18]. To access a particular network slice, UE needs to support the slice and have the appropriate authentication, such as a specific SIM card.

In the 5G architecture, NFs are stateless, which allows for their deployment at various geographical locations. The AMF is responsible for selecting an appropriate SMF for the UE. Depending on the chosen slice and user preferences, the SMF, UPF, or other instances don't necessarily need to be co-located. They can be located separately if they can access each other's services [Sau21]. This capability paves the way for edge computing, a concept further discussed in the following section.

2.2.3 Edge computing

Edge computing is a paradigm that optimizes cloud computing systems by processing data at the network's edge, close to the data source. The European Telecommunication Standards Institute (ETSI) standardizes edge computing under the MEC title. The 5G network specifications incorporate features that facilitate edge computing.

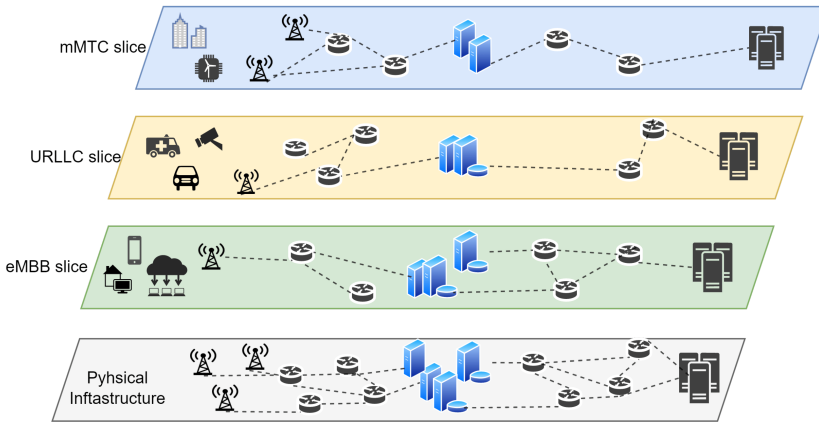


Figure 2.3: Different slices are using different physical components [DCM22]

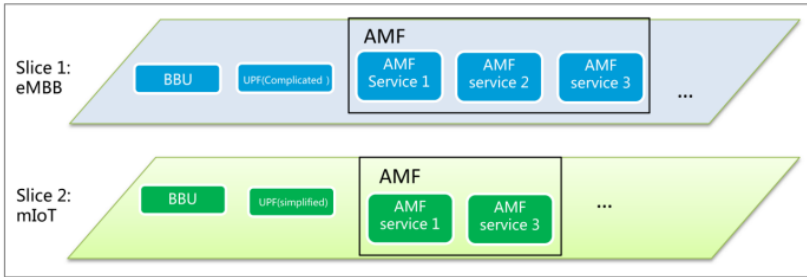


Figure 2.4: Customized network slices using the SBA [Bro17]

MEC aims to bring core services closer to the network edge for various use cases [CFF+18], as illustrated in Figure 2.5.

Numerous commercial incentives exist for implementing edge computing, such as bringing operator services closer to the end user. It reduces the need for bandwidth and latency by minimizing the distance that data must travel to be processed [5G 20]. It reduces bandwidth usage and alleviates the load on transport networks and 5G cores since less user traffic is directed to the core. Edge computing enhances the 5G utility for applications that require low latency or are mission-critical, such as certain Internet of things (IOT) services [CFF+18], as services are physically closer to the end-user. Commercial use cases include high-performance gaming and augmented reality applications.

Distributed NFs in an edge computing environment can also enhance the network’s resilience. Network operators can maintain service continuity by hosting functions closer to the end users even when specific network segments or functions experience

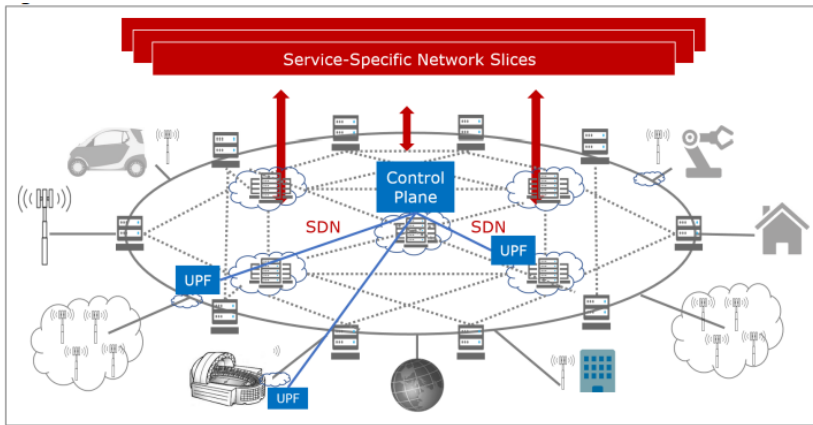


Figure 2.5: Showing how MEC is utilized with the UPF distributed closer to the user [Bro17]

disruptions.

2.2.4 Private networks

Isolated E-UTRAN operation for public safety (IOPS) was designed for the 4th generation (4G) mobile networks by 3GPP in its release 13. The main goal was to ensure the continuity of base station operations when the backhaul connection is lost, or unavailable [OCL+17]. The proposed solution involved having a local EPC that could substitute for the backhaul to the central core when necessary. This concept has evolved further in 5G and relates to different solutions such as AE, private 5G, or Non-public networks (NPN)[Aij20].

A private 5G network is a localized network built on 5G technology, providing dedicated wireless connectivity within a specific area, as seen in Figure 2.6. Within these networks, an additional 5GC is deployed alongside the ea RAN component. The RAN component of a private network configuration includes one or several base stations, depending on capacity and coverage requirements.

Compared to its public counterpart, the core network element of a private 5G system is relatively streamlined. It is based on standardized server hardware and can physically exist as a separate entity in the private network. One of the advantages of implementing private networks in 5G is that NFV, SDN, and the use of standardized hardware simplify the implementation process and reduce associated costs.

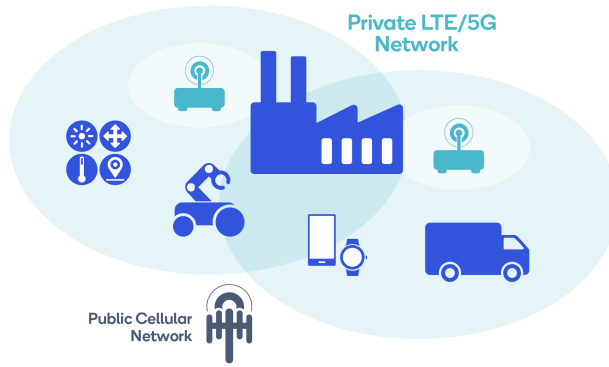


Figure 2.6: Private 5G network, with the public cellular network outside [Chr]

2.2.5 Proximity services/Sidelink

The 5G specifications include a feature for device-to-device communication known as Proximity services (ProSe) [3GP22]. This is also referred to as "sidelink" communication. This technology is regarded as one of the key components for enhancing connectivity in both 4G and 5G networks [HLS+18].

Proximity Services enable devices to communicate directly without needing a 5GC or any other network infrastructure. This requires UE, such as mobile devices, to be within range of each other to establish a direct line of communication [3GP22]. This capability can be particularly valuable when network infrastructure is unavailable or compromised, allowing for continued communication between devices nearby.

2.2.6 5G New Radio

The component of 5G that interacts most directly with the user is the 5G New radio (5G NR). 5G NR is responsible for defining the specifications of the air interface between User Equipment UE and gNB. 5G NR brings several enhancements over its predecessors, which will be discussed in this section.

Air interface The air interface in 5G had been developed in order to handle the diverse and complex requirements of different applications. Since it requires support for a vast amount of use-cases the 5G air interface must be flexible and adaptable. It is possible to configure it to behave like in 4G, but it is also possible to configure it in many other ways. The air interface includes elements such as waveforms, adaptive

protocols, modulation techniques, and more [Hua15]. This level of adaptability allows for scheduling to occur at a very fine level, much more often than in 4G, facilitating low latency communications [Sau21]. It also supports more flexible subcarrier sizes, enabling much wider channel bandwidths [Qua]. Spectral efficiency has been an important consideration in 5G, which has led to the use of higher frequencies than previous generations. It allows for more simultaneous users and the potential for even higher data rates [Qua]. The use of millimeter wave frequencies in 5G also has the advantage of providing a more constrained signal, reducing the electromagnetic signature, and allowing for more targeted communications [KRM21].

Massive MIMO Massive multiple input multiple output (MIMO) is considered an advanced evolution of Multiple users-multiple input multiple output (MU-MIMO). This innovative technology utilizes significantly more antennas than earlier generations of antenna technologies. Alongside the implementation of beamforming, this enables an increased number of simultaneous MIMO streams. Consequently, Massive MIMO provides substantial enhancements in system capacity and spectral efficiency, thereby vastly improving wireless network performance [Bir22b]

Both MIMO and MU-MIMO capitalize on the effect the environment has on a radio signal when traversing between a transmitter and receiver. The signal is subject to reflections from buildings and other barriers, creating multiple signal paths. The diverse reflected signals arrive at the receiving antenna, each with different time delays, attenuation levels, and directions. When multiple receiving antennas are utilized, each receives a subtly distinct version of the signal. These unique versions can be mathematically combined to enhance the quality of the transmitted signal, as seen in Figure 2.7. This approach is termed spatial diversity. Spatial diversity can also be achieved by dispersing the radio signal over multiple antennas, with each antenna potentially transmitting a modified version of the signal. While spatial diversity increases the radio link's reliability, spatial multiplexing enhances the radio link's capacity by leveraging the multiple transmission paths as supplementary data channels. Spatial multiplexing permits the transmission of numerous, unique data streams between the transmitter and receiver, significantly augmenting throughput. It also allows a single transmitter to support several users simultaneously [Avnb].

The key distinction between Massive MIMO and traditional MU-MIMO systems lies in their dependency on the radio environment. Massive MIMO relies less on a reflective radio environment to generate multiple distinct radio channels and serve several users simultaneously. This reduced dependence makes Massive MIMO more adaptable to various propagation conditions [Bir22b]. To enable massive MIMO it requires the presence of multiple antennas at both the transmitter and receiver ends [Sau21]. Currently, antennas in 5G include antenna arrays with up to 32 or 64 transmission ports. To control these numerous beams, Synchronization signal

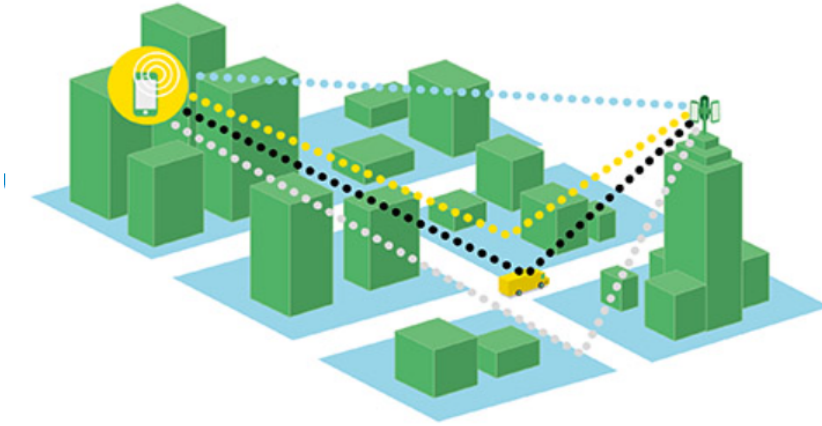


Figure 2.7: Multiple signals traversing different paths combined at the user [Avnb]

block (SSB) IDs are used to identify each beam. There are two primary methods for utilizing MIMO [Sau21]:

1. Multi-User MIMO - the BS directs different TX elements towards different users. Providing the ability to simultaneously communicate with users in different locations. Since several UEs can be served simultaneously, this enhances the cell capacity.
2. Beamforming - This method involves directing multiple transmission antennas toward a single user. This can extend the range of the cell or improve the data rates for an UE by using multiple beams for transmission. This will be further explained in the next section.

Beamforming An antenna can focus the radiation of the wireless signal in a specific direction. By concentrating the power, rather than broadcasting it, interference is reduced, and the received signal can be increased and combined. This focused radiative output is known as a beam. The precision and concentration of the beam can be enhanced by employing an array of antenna elements. These arrays are engineered so that each component element's radiation patterns combine constructively. The adjacent elements cooperate to form a dominant radiation pattern or 'main lobe' that effectively transmits energy in the designated direction. The beam's path can

be constructively manipulated by altering the amplitude and phase of each antenna within the array [Avna]. This technique is referred to as beamforming.

Various methods exist to execute beamforming. The most rudimentary is the analog method, where the control of antenna elements is hardware-based. A more advanced approach is digital beamforming, which uses digital signal processing to manage the antenna elements. There also exists a hybrid method.

Analog antennas typically support one data stream at a time because the group antenna is linked to a single RF chain. This results in transmitting an identical signal, albeit phase-shifted, to each antenna element. The digital method allows the phase and amplitude of the signal to be digitally adjusted before reaching the digital/analog converter, thereby generating a distinct signal for each antenna element. Digital beamforming supports multi-beam operations with numerous streams catering to multiple users simultaneously. This, however, introduces greater complexity and cost [Bir22b]

The hybrid solution presents a balanced alternative. A small group of antenna elements are connected analogously, preserving the flexible beam steering and multi-user operations enabled by the digital approach [Bir22b]. As depicted in Figure 2.8, the four antenna elements are grouped into two, accommodating two users concurrently. This contrasts with the digital mode, where all four transmissions were interdependent, and the analog mode, which only supported one simultaneous transmission. Analog steering enables one RF chain to be connected to several antenna elements. In an array antenna setup, multiple antenna elements can be connected within the analog domain, fine-tuning the beams. However, the multi-beam operation, a crucial feature for enhanced signal reception and transmission, is facilitated primarily by digital control over RF chains. This digital oversight permits dynamic beamforming adaptation and supports simultaneous data streams to multiple users, thereby optimizing network performance [Bir22b].

Incorporating multi-user implementation augments spectral efficiency, enhancing the cell's capacity. Due to its cost-effectiveness and adaptability, hybrid beamforming is a viable solution for large-scale deployments [Avna].

Integrated Access and backhaul 3GPP Release 16 introduces IAB as a flexible, wireless, scalable, multi-hop backhauling, using the same or distinct frequency bands for both access and backhaul. IAB represents a versatile solution for 5G NR networking, particularly in environments where fiber connectivity is impractical or overly expensive. A similar solution has been introduced before, but the initial drawback was the limited amount of spectral frequencies. In combination with the wide mmWave bandwidths in 5G, the concept has been reintroduced with more

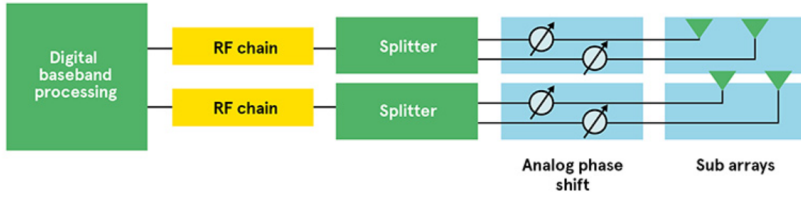


Figure 2.8: Hybrid beamforming, combining multiple antenna elements, using analog beamforming in the RF stage, and digital beamforming in the baseband [Bir22b]

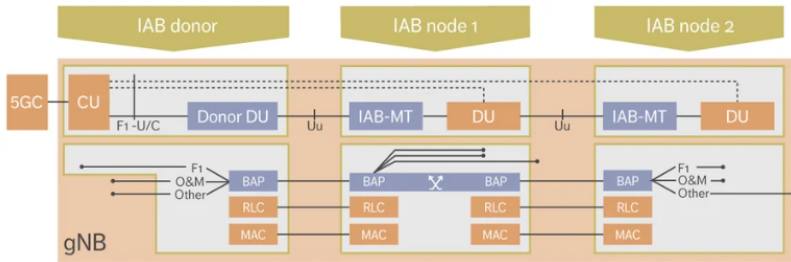


Figure 2.9: IAB links from one donor to two linked nodes [HJAC20]

interest. In IAB operations, the backhaul is effectively transmitted across wirelessly interconnected radio nodes. It enables a base station that doesn't have a direct connection to the 5GC to use the IAB link to another BS, to access the core network services [HJAC20].

As seen in Figure 2.9, the backhaul connection goes from one BS to a Integrated Access and backhaul mobile termination (IAB-MT) function at the next BS. The Central unit (CU) of the IAB donor communicates with the Distributed unit (DU) of each of the other IAB nodes. The donor DU parent schedules how the backhaul traffic to/from the IAB-MT at the child. By using the backhaul adaptation protocol (BAP) the IP data is forwarded across the interconnected nodes. The protocol enables the carrying of all types of IP packets [HJAC20].

IAB can be particularly useful in scenarios where the original fiber backhaul connection from a BS becomes unavailable or impractical to use. By establishing an IAB link to another base station, the base station can maintain its connection to the core network, ensuring uninterrupted service provision [PBB+20]. This opens up new deployment possibilities, particularly in challenging environments where traditional backhaul solutions may not be feasible [PBB+20].

IAB supports both out-of-band and in-band backhauling, with the latter involving the use of the same carrier frequencies for both the NR backhaul and access links. This comes with a half-duplex constraint to avoid intra-site interference, meaning the IAB-MT portion of an IAB node cannot receive while its collocated DU is transmitting and vice versa [HJAC20]. It also has the drawback of utilizing the spectrum for access to backhaul instead, reducing the cell capacity.

IAB's architecture allows scalability, with the number of backhaul hops limited only by network performance. From a transport perspective, IAB furnishes generic IP connectivity, simplifying potential future upgrades to fiber transport.

While larger IAB topologies may necessitate complex control functions, IAB networks are expected to be relatively small as they serve as complements to fiber. However, deploying multi-hop networks could eventually result in backhaul-limited nodes due to first-hop congestion. Increasing the number of hops also raises end-to-end latency and introduces more complexity to scheduling and routing to meet QoS requirements. It would also involve challenges with synchronization as the synchronization budget is shared/aggregated on all the nodes [HJAC20]. If IAB is only used in the mmWave spectrum it will have the drawback of short distances as mmWave has a support for multi-Gigabit backhaul up to 400 meters [Stl22].

Sim-card In 5G one of the important security shortcomings from earlier generations has been solved. The concealment of the International mobile subscriber identity (IMSI) was not successful in all scenarios. IMSI-catchers, use of new devices, roaming, and more, forced the transmission of the IMSI in cleartext. In 5G this has been resolved so that the IMSI, called Subscriber permanent identity (SUPI) in 5G, never is required to be transmitted. Through the use of public/private key pairs between the UE and the network, no one else are able to intercept their messages without breaking the encryption. The concealed version of SUPI is referred to as Subscriber concealed identity (SUCI). Another measure that has been taken is that during authentication in visiting networks, the keying material is no longer exchanged. Instead, the home network authenticates the user, keeping the sensitive information secure [Sau21].

ESIM In addition to improved security, 5G offers different authentication methods. Previously the secure element, represented by the sim card, was the only method for attaching to the networks. However, in eSIM, the secure element is embedded into the UE, and the SIM can be securely downloaded. The secure component in the eSIM solution is called the Embedded Universal Integrated Circuit Card (eUICC). Profiles are remotely downloaded over the air into a eUICC. Although the eUICC is an integral part of the device, the Profile remains the property of the operator as it contains items “owned” by the operator (IMSI, ICCID, security algorithms, etc.) and

is supplied under license [GSM18]. There are two different models for remote eSIM provisioning, Machine-to-machine (M2M) and the consumer model. The difference is that in the M2M model, the device doesn't need to have a human interface, like a screen, and the operator's backend infrastructure operates it. The consumer model requires the end user to control all subscription profile operations. There are several common parts for both solutions. Both require a network solution with a version of Subscription Manager Data Preparation (SM-DP), eUICC, certificate issuer (CI), and different keys for authentication and communication. SM-DP is the remote SIM provisioning system responsible for preparing, storing, and protecting operator profiles. It contains subscription information [GSM18].

In M2M The Subscription Manager Secure Routing (SM-SR) acts as a gateway between the eUICC and the SM-DP. It knows of the eUICC under its control and their keys for use in management. The authentication towards the SM-SR only uses the Pre-shared key (PSK) and only allows a single SM-SR to communicate with each eUICC at a time. In M2M, the eUICC uses an initial installation of a sim profile to connect. This allows an operator to contact a SIM vendor to request the creation of a SIM profile that can be downloaded to the eUICC and overwrite the initial configuration [GSM]. If the user wants to change the operator at a later occasion, the new operator contacts a sim vendor that can overwrite the information on the eUICC with its' new information [GSM18].

In the consumer model, the Public key infrastructure (PKI) system is used and enables communication with several SM-DP as long as they share the same root PKI certificates. This allows for the storage of multiple profiles in the eUICC and requires a selection/activation when being used. For the user to activate a eUICC profile it is required to contact the SM-DP. This can be done through distribution by scanning a QR code or similar. If the data subscription details are correct it will be able to download the eSIM profile safely to the eUICC [GSM18]

Esim simplifies logistics and distribution. As well as the size decreased size of the embedded SIM enables integration into smaller units. With M2M solutions, it is possible to manage multiple units without the need for physical access [GSM]. And with consumer models, it is possible to have multiple profiles saved in the eUICC.

2.3 Other relevant technologies

2.3.1 Sensors

A sensor is a device that perceives signals or stimuli, responding by generating an electrical signal. The output encompasses various electrical signals, such as current or voltage. This device can receive a diverse range of signals - physical, chemical, or

biological - and transform them into electrical signals. A sensor possesses various forms of input characteristics and corresponding electrical output properties. Minor variations in the sensed parameter can result in slight changes in the electrical output. Such changes can be discerned using the sensor's measurement capabilities [Sin20].

Sensors are classified in multiple ways. Firstly it is a distinction between two main types of sensors, passive and active. A passive sensor operates without an additional energy source, producing an electrical signal directly in response to external stimuli. In essence, this sensor transforms the input energy from these stimuli into the power of the output signal. These sensors may be cheaper and more straightforward, but at the same time may have less accuracy, be harder to interpret and not guarantee operation under all conditions. The main drawback of active sensors is their requirement for external power, but they are easier to interpret. Sensors are further grouped based on their detection properties. There are several categories of sensors, some of which range from thermal, optical, electromagnetic, pressure, light, infrared, or movement sensors. A video camera can also be considered a sensor as it records what's happening. Additionally, characteristics of sensors, such as cost, accuracy, and range, can differ significantly, further diversifying the classification. The quality of a sensor can be determined based on multiple properties. Some essential properties that distinguish sensors are accuracy, calibration level needed, and reliability [Sin20].

Some sensors may be able to contribute to the same observation but with differing results. For example, it may be possible to detect movement in an area by having movement detection, measuring the change of light, change of pressure, or by noise. Each type of sensor may have its advantages and disadvantages and the required result, and it is essential to consider the context where it should be used [Sin20].

2.3.2 Artificial intelligence

Artificial intelligence (AI) as described in [HKHK19] represents the simulation of human intelligence processes by machines and computer programs. This discipline encompasses a variety of tasks such as visual perception, speech recognition, decision-making, and language translation that would normally require human intellect.

AI strives to construct systems capable of learning, reasoning, self-correction, problem-solving, and creative thinking. Sub-fields within AI, such as machine learning and deep learning, use complex algorithms to identify patterns, generate insights from data, and enable machines to mimic human cognition more closely. AI has proven instrumental in various applications. It has been deployed to tackle classification, clustering, dimension reduction, regression, structured prediction, machine translation, anomaly detection, pattern recognition, decision-making, computer vision, and visualization tasks.

However, while AI’s potential seems boundless, its adoption is not without challenges. It raises significant concerns about privacy, data protection, and individual rights. AI’s pros and cons must be weighed judiciously, underlining the importance of an informed and responsible approach toward its integration.

2.4 Related work

This section presents related articles, work, and studies that may apply to the military application of 5G. There are a lot of relevant topics, going from military projects to technicalities like jamming resistance, sensors in smart sensors, etc. Therefore, the articles are partially divided into categories for organizational purposes.

2.4.1 Military applications, cooperation, and tests

NAF projects and cooperations with cellular technology I have included these articles and ideas because they heavily relate to my work. All these show that this field is of great interest for the NAF. This heavily motivates my work. It also outlines some of their thoughts on future use. This thesis aims to build on their discoveries and take it a step further, looking into and creating more specific recommendations for practical approaches and implementations adapted to the given scenarios.

Since 2015, the Norwegian Armed Forces (NAF) has been evaluating the prospect of implementing mobile cellular solutions by leveraging the existing infrastructure of PLMN providers [Mar15]. Primary considerations include gaining access to high-speed broadband and the potential to expand and enhance the network with private bubbles. Constructing and maintaining a private network involving BSs and other infrastructure elements can be prohibitively expensive, a fact underscored by the costs associated with the Tetra project. The representative from the NAF emphasized the importance of retaining control over their data and solutions to uphold their security requirements. Adopting cellular technology offers an economically viable avenue, providing access to cost-effective equipment and positioning the NAF within the rapidly evolving ecosystem of cellular technology.

The Norwegian Armed Forces NAF have embarked on a strategic partnership with numerous PLMN and equipment providers to facilitate the military application of 5G technology [FMA] [Ste22] [FMA22]. This initiative forms part of the Mime project under the purview of the Norwegian Defence Materiel Agency (NDMA). Some of the possibilities for the military use of 5G are outlined in [Ken22], with the key highlights visualized in Figure 2.10. One point involves merging private networks with a military slice in commercial networks. Crucial to this is the emphasis on ensuring robust security measures. The NAF envisages the application of autonomous sites

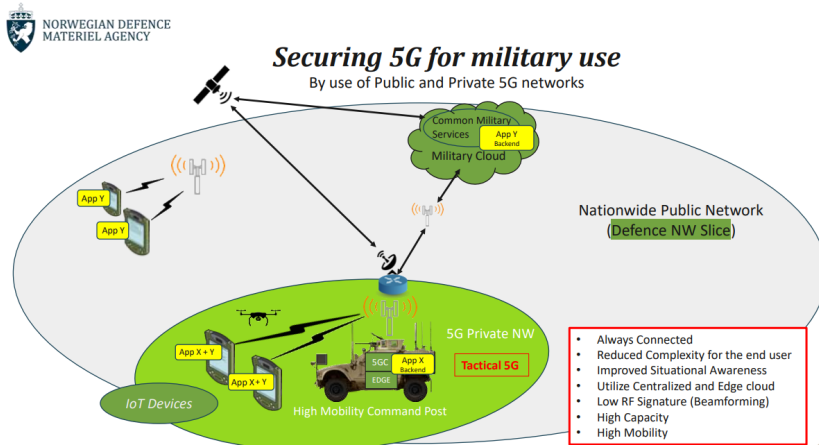


Figure 2.10: Showing possible use of 5G in military context [Ken22]

and edge computing capabilities within commercial networks. Several use cases are proposed, encompassing surveillance, UAV operations, and the utilization of video feeds. Concepts like satellite backhaul and Integrated Access and Backhaul IAB are identified as potential beneficial technologies. Tests have been carried out using private autonomous networks and by setting up a commercial Base Station BS with satellite reach back for backhaul connection [Forf]. In line with thoughts presented in [Hær21], the future should increasingly rely on civilian solutions, equipment, and collaborations.

FFI report about 5G A 2023 report from the Norwegian Defence Research Establishment (FFI) outlines a prospective scenario involving the application of 5G technology in the military domain [FFI23]. Many of the ideas here will be relevant as a background and guidelines for my project, but I will make even more specific examples and adjustments. The envisaged scenario depicts a vanguard of drone swarms, trailed by unmanned vehicles armed with weapon stations. These units, controlled from the rear, can transmit real-time images and sensor data via 5G. This advanced connectivity is facilitated by installing mobile 5G Base Stations BS, and the generation of private coverage on one of the vehicles. A satellite connection further ensures communication back to a Headquarter (HQ), which can deploy additional drones or other reinforcements. This innovative setup empowers military forces with a deployed, autonomous high-broadband coverage within their operational area, enabling remote control of units and multiple live feed receptions. However, this solution also presents particular challenges. For instance, it requires the presence of BS and possibly autonomy, and the penetration of signals in vegetation can be problematic. These factors make this 5G deployment an addition rather than a

replacement for Very High Frequency VHF radios.

Military use cases These two articles are relevant to address as inspiration and to leverage other ideas into my work. They do not have the same limitations as this thesis and will therefore have multiple ideas that are irrelevant. However, as research should also be based on others' opinions, this will be a stepping stone for further development. The report titled "5G Service and Slice Implementation for a Military Use Case" [GGM+20] explores several technologies relevant to military applications along with some specific use cases. Among these technologies are:

- **Push-to-Talk:** This refers to instantaneous voice communication technology, which is especially crucial for fast and effective communication in military operations.
- **Fixed Mobile Convergence:** This involves the integration of fixed and wireless technologies for seamless connectivity, improving efficiency and flexibility in operations.
- **Prioritized access in case of disaster or war:** This refers to the system's ability to prioritize communication for military or disaster response purposes, ensuring essential communication is maintained during crises.
- **Autonomous Edge:** This technology enables local data processing and decision-making at the network edge, reducing latency and improving response times.
- **Coverage on Demand:** This capability allows rapidly deploying network coverage as needed, providing flexibility in various operational scenarios.
- **Satellite backhaul for redundancy:** Using satellite connections as a backup communication pathway ensures network resilience and continuity in case of primary network failure.
- **Many-to-many communication service:** This facilitates efficient communication among many users, enabling better coordination and cooperation in military operations.
- **Using the RAN as a sensor to detect drones and jamming:** The Radio Access Network (RAN) can also detect potential threats like drones and signal jamming, enhancing situational awareness and defense capabilities.

These technologies highlight the potential of 5G in the military context, offering improved connectivity, reduced latency, and enhanced operational capabilities.

In the paper by [Mal21], several prospective applications of 5G for future military operations are discussed:

1. **Plug and Play Tactical Communication Grid:** This system would utilize the existing infrastructure to allow interoperability with tactical 5G, providing a flexible and quick-deployment communication network.
2. **Internet of Military Things:** This involves extensive sensor deployment on soldiers and vehicles, leveraging the 5G network's capacity to handle numerous connected devices.
3. **Command and Control Systems:** Enhanced broadband services can keep these systems updated and facilitate sharing videos and other data-rich communications.
4. **Enhanced Intelligence:** This concept proposes networking of battlefield sensors to fill informational gaps, such as deploying sensors along security parameters.
5. **Military Slice:** This approach to ensuring security involves the creation of a dedicated, isolated network slice for military operations.

2.4.2 5G technology

The goal of this section and including these topics, is to discover practical challenges and implications beyond the theoretical background defined in the standards. This enables an understanding of the possibilities and drawbacks of the discussed technologies, as some of the opportunities in the 5G standard may not be as easy to solve or come with certain restrictions. Some papers also relate to the thesis to give additional information about possibilities, including groundbreaking work and development. It enables the thesis to get ideas for how implementation should be done efficiently and describe different possibilities.

IAB is an important technology that might be very relevant to the NAF. Therefore getting perspectives on this is important. According to [HJAC20], the majority of IAB use-case examples are concentrated in areas characterized by short distances, such as urban, indoor, or suburban terrains. Testing results indicate that backhaul links in urban landscapes need to be shorter, with multiple units installed within a range of 400 meters in urban and 1800 meters in suburban settings. Using Millimeter wave (mmWave) is a more relevant option for increased bandwidth in such short settings. Notably, in urban environments, coverage could be provided even without Line of sight (LOS) due to enhanced reflections.

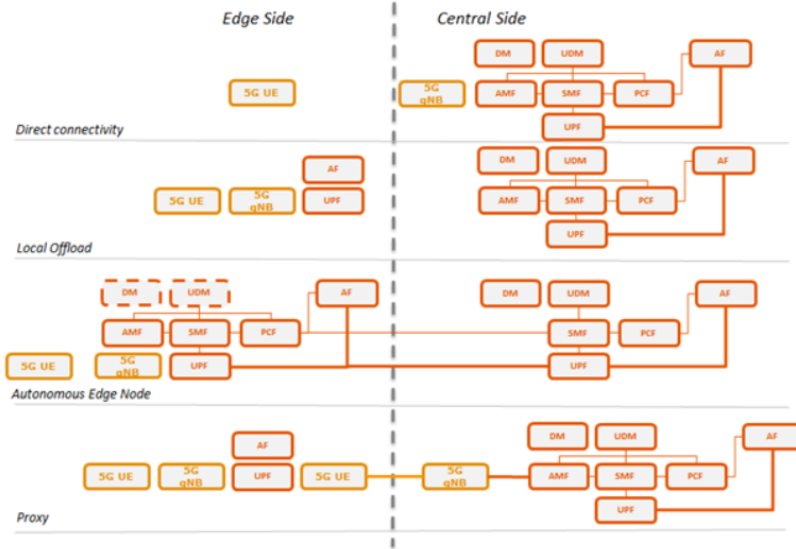


Figure 2.11: Four different slice models with different NFs located at the edge site [5G 20]

Network Functions Placement The deliverables of the Vinni project [5G 20] include a discussion on considerations to be made when allocating functions between the 5G edge node and the central node. Deploying network functions may be an option, making these thoughts relevant. Deploying edge nodes can reduce communication requirements with the central infrastructure. However, these edge nodes must be secure to prevent unauthorized access and tampering while having sufficient computing and storage capacity. The handling of handovers between different edges might involve the central node, a process that may not be desirable under all circumstances. The project also presented their perspective on the advantages and disadvantages of situating certain network functions at the edge sites. This led to the development of four distinct slice models as depicted in Figure 2.11. The argumentation for the different models may be essential to consider for the final recommendation in the thesis.

Ericsson use cases for 5G NR in mission-critical services Ericsson discussed how and which 5G technologies might be relevant in public safety scenarios [Eri20]. This relates to the task because many of the ideas and perspectives in my thesis will be the same. They are introducing several concepts for providing an extension of the 5G network, including IAB connection from users back to a BS by using an UAV. Also, stating that sidelink in release 16 and sidelink relay in release 17 where the UE will relay to the network. Also, how the Multimedia Broadcast Multicast

Services (MBMS) may be used for reducing spectrum usage. This technology has been introduced in earlier generations but didn't gain particular attention, as most users wanted to select their material, thereby point-point. This might change in 5G if the 5G technology is used more in emergency response roles [HR22]. Another option is positioning. It is possible to perform device-centric positioning solutions or network-aided positioning solutions. You can share information from the UE like signal measurement reports, and the 5G network can provide positioning support by transmitting or measuring reference signals. Beamforming and reading KPI values will also contribute to this increased positioning.

5G Positioning There are several works performed on positioning in 5G. The result has increasingly presented possible implementations. Positioning is essential for the NAF, so discovering the possibilities and details in positioning is highly relevant. This section displays what expectancies one could have from future positioning systems. This is included as a proof of concept, enabling further use of these solutions and experiences in the final solution in this thesis.

A report written [RP21] explains some of the fundamentals with the use of angle of departure, round trip time, and also how this can be combined with Global navigation satellite system (GNSS) systems to improve positioning accuracy further.

The Release 16 standard requires that 5G be capable of providing a positioning accuracy of 3 meters at 80% indoors and 10 meters at 80% outdoors to meet the requirements of meter-level positioning in typical commercial scenarios. Based on [Hua21], the 3GPP Release 17 is enhancing 5G positioning capabilities and leveraging the broad spectrum and multi-beam characteristics of 5G to support additional positioning technologies. Release 17 is expected to improve positioning to 5 meters outdoors [Nin22]. In March 2021, 3GPP officially approved a new Work Item Description called "Low Power High Accuracy Positioning," which aims to increase positioning accuracy to 0.5 meters at 90% or higher [3GP21].

Qualcomm has undertaken several projects on 5G positioning [Qua23a]. One of the outcomes is the ability to use high-frequency bands with multiple BSs, in conjunction with machine learning algorithms, to compute indoor positioning down to the centimeter level. Another development uses mmWaves to detect objects without radio transmitters. This is done using the reflected signals from several position reference signal (PRS). As shown in Figure 2.12, by combining information from four BSs and processing sensing measurements jointly, the position of humans in a given area can be determined with high accuracy.

Using just a single base station, Qualcomm was able to pinpoint a user's location quite accurately, as shown in Figure 2.13 [Qua21]. Although the user is close to the antenna, the system can deliver a fairly precise location. Accuracy improves even

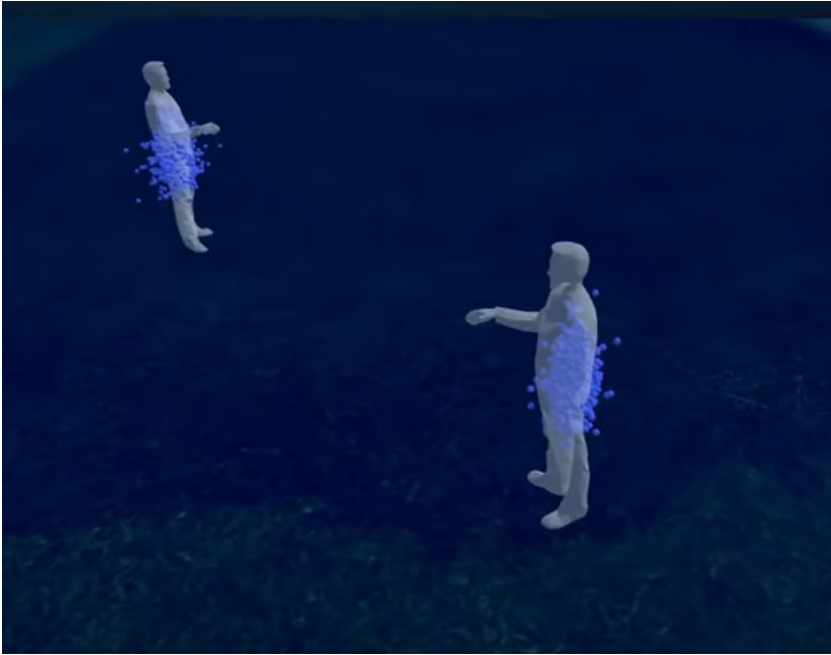


Figure 2.12: The blue dots show the accuracy of the RF-sensings of the persons by combining several BSs, [Qua23a]

further when machine learning techniques and sensors are combined.

Ericsson suggests that in situations where traditional positioning services aren't providing adequate accuracy, other strategies can be implemented, such as utilizing drones or UAV. By deploying these systems, multiple reference points are established, enabling an enhanced level of triangulation and increased positional accuracy. This approach is particularly effective in environments where conventional positioning signals may be weak or obstructed [Eri20].

Utilizing UAV as a BS The study by [NHPN18] explores the potential synergy between UAV and traditional cellular infrastructures to fulfill high data rate demands and enhance energy efficiency for 5G and future systems. This is a potential use-case in the final solution and, therefore, highly relevant to relate. They posit that UAVs can play a vital role in future public safety networks by providing quick service recovery in case of network infrastructure damage due to their superior mobility. A crucial consideration when employing UAVs as network infrastructure is their limited energy supply. It requires an optimal operational height that balances improved LOS at higher altitudes against increased propagation loss. The study concludes that the integration of UAVs with traditional cellular networks can enhance the overall system

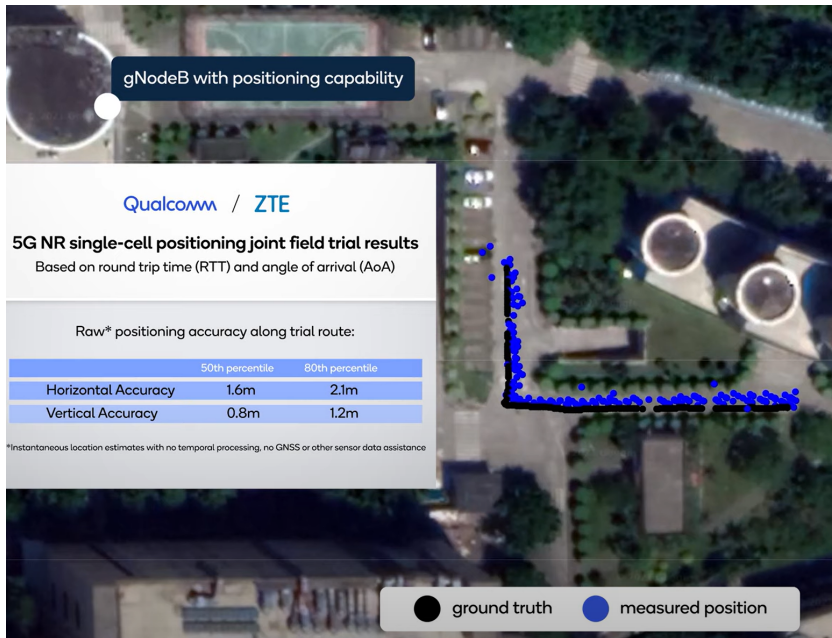


Figure 2.13: The blue dots show the accuracy of sensing a person only by using a signal antenna [Qua21]

energy efficiency while meeting the QoS needs of the users, making them an appealing option for future 5G networks despite their limited battery capacity. The authors also consider how to navigate the spectrum congestion issue in urban environments by proposing the application of cognitive radio technology. They suggest that full-duplex operation, where spectrum sensing and access occur concurrently, could facilitate efficient spectrum use, optimizing communication capabilities of UAVs in crowded conditions.

5G tolerance towards jamming FFI conducted a study in 2022 examining the vulnerability of 5G NR to jamming, available in [Bir22a]. This relates to my work, as jamming is a challenge on the modern battlefield. Discovering the 5G systems' vulnerability is important in the final solution. The study performed realistic tests in multiple bands using civilian equipment. Some key findings were that it is indeed possible to jam 5G signals and that the uplink (signal transmission from the UE to the BS) is most vulnerable. This is due to the limited transmission power of the UE, which forces it to terminate if the jamming is strong enough. FFI developed a model based on theoretical propagation models and practical results. According to the model's results, if a user is 500 meters away from a BS, a 1-watt jammer in LOS, providing 30dBm, needs to be 700 meters in LOS from the BS to

jam signals successfully. Moreover, high-power jamming equipment of 1000 watts, 60dBm, can successfully jam signals within 800 meters in Non Line of sight (NLOS) conditions. FFI proposed several mitigation strategies, such as utilizing massive MIMO systems, increasing UE power, using supplementary frequency bands, and optimizing the physical layer. It is important to note that the constant development and advancement of technology may make 5G increasingly robust against these threats. However, the requirement for a jamming device to be less than a kilometer away from the target with high-power equipment would significantly increase the device's visibility in the electromagnetic spectrum. The conclusion from the FFI study is that none of the identified vulnerabilities are critical enough to prevent the military application of 5G.

2.4.3 Various subjects

This section explains various aspects. The smart cities were included because the use of sensors on a large scale relates to the work in this thesis and how the need for and establishment of sensor networks may be adaptable to use on the NAF. The opportunities displayed in the section about satellites show that the technology provides many options while simultaneously revealing the vulnerability to jamming. These are important thoughts and experiences when considering a final result in the thesis. Lastly, the National Communications Authority (NKOM) displays some information regarding the telecom network vulnerability. This is important to consider when finalizing the solution, as the robustness of the infrastructure is a vital point to consider.

Smart sensors and cities Numerous research articles and studies have focused on smart cities, one notable work being [HSH13]. This piece emphasizes that for smart cities to function optimally, there is a necessity for a large-scale deployment of interconnected sensors. These sensors create a network that channels collected data into a centralized information system. This system then makes informed decisions based on this data. However, the implementation of such a framework poses a multitude of challenges. An appropriate communication infrastructure must be established to facilitate interaction between these sensors. Next, an efficient data aggregation and processing mechanism needs to be designed. Integrating Cloud computing with the sensor network is a vital aspect of smart city frameworks, as it enables effective data storage and processing. Many of the same challenges with big data and machine learning for analysis and interconnecting between multiple wireless sensor networks are mentioned in [QKAA21]. Also, the importance of small design costs to make smart urban development feasible.

Additionally, as mentioned in [HSH13], harnessing environmental energy to extend the lifespan of nodes and promote wider market adoption is a crucial consideration.

This approach enhances the sensor network’s sustainability and scalability, strengthening its potential for widespread application. Some of the use cases presented are:

- **Transportation** Weight in motion on roads to measure which vehicle that passes, the density of vehicles, etc.
- **Air pollution sensors:** To monitor air quality in different areas to search for pollution, attacks, or other things happening with the air.
- **Monitoring:** surveillance, either by seismic measurements, cameras, or other, at strategic points like bridges to maintain an overview of their status.
- **Smart surveillance:** Systems could trigger alerts when interest events occur. Using AI to recognize items or detect abnormal situations, even when running on low-resolution (320×240) cameras, is available.
- **Tracking of personnel:** Placing nodes on personnel with vitals or surrounding parameters like temperature and carbon dioxide measurements. Using localization services can be aware of their position relative to other fighters within the network.
- **Crowd reporting:** Collects information from mobile devices and social networks. The reported data can be in the form of messages aggregated and converted into a uniform format for processing.

The study by [FPPV12] presents an architectural design for providing data from sensing networks to clients. The cornerstone of this approach is the cross-correlation of data collected from various sensors, which is then processed by complex algorithms. This method ensures the delivery of high-quality services using cost-effective sensors. To extend these services to external clients without compromising site performance, the Database Manager publishes the sensed data on a globally distributed, column-based database accessible across all sites. Combining data from several sensors to provide a better understanding is an exciting thought that is highly relevant when selecting the type of sensors and understating the importance of enabling a sensor network.

Satellite connections Utilizing existing 5G infrastructure or deploying mobile infrastructure may not always be practical or feasible. For these scenarios, innovative solutions like the one proposed by Lockheed Martin - delivering 5G from space - offer an intriguing alternative [Loc]. This concept plans to integrate with the terrestrial network to augment coverage. A similar development is reflected in the collaboration between Qualcomm and Iridium, which aims to introduce satellite communication for smartphones [Qua23b].

Numerous contemporary communication systems exhibit some degree of reliance on satellite services. These may range from utilizing Global Navigation Satellite System GNSS like the Global Positioning System Global positioning system (GPS) and Galileo for positioning or time-synchronization to data transfer via satellites. However, testing performed at Andøya in 2022 revealed that several of these systems are susceptible to jamming [Joh22] [nko22a]. Even minor discrepancies in time synchronization can impede the functioning of advanced systems such as 5G or other server-based services. This vulnerability to jamming, particularly of GNSS services, could pose a significant threat to the Norwegian Armed Forces NAF given their dependence on these systems. Prior instances of GPS jamming in Northern Norway have profoundly impacted air traffic.

Nkom report about vulnerability The NKOM annually publishes a report named EkomROS, which addresses the risks and vulnerabilities of the electronic communication sector. According to the latest release [nko22b], it is confirmed that approximately half of all coverage outages are caused by disruptions to fiber cables. These disruptions are followed by power outages, frequency disturbances, and software failures in terms of frequency. However, the most significant revelation from the report is that the two major contributors to coverage loss are power failures at BSs and disruptions to the transmission to the core network. These disruptions are caused by either power outages or physical damage, emphasizing the fragility and dependence of these networks on stable infrastructure and power supply.

Chapter 3

Methodology

This chapter delineates the methodological framework employed in this research, providing a rationale for the chosen methods and outlining the different stages of data collection and analysis.

Section 3.1 introduces the research design, explicating the foundation of design thinking principles and justifying the methodological choices.

In **Section 3.2**, the primary data collection method, semi-structured interviews, is presented and discussed.

Section 3.3 describes the Literature Review conducted to complement the interview data, detailing the approach taken to identify and analyze relevant literature.

Section 3.4 elucidates the data analysis methodology in the encompassing integration of interview and literature review findings.

Lastly, **Section 3.5** addresses the assumptions and limitations inherent in the research, ensuring transparency and critical reflection on the study's outcomes.

3.1 Research design

The methodological approach adopted for this master thesis is founded on the principles of design thinking, incorporating a multi-stage iterative process aimed at generating innovative solutions in the context of 5G deployment for NAF. The design thinking methodology encompasses various models and stages, which can be flexibly combined to tailor the research process to the specific demands of the project based on [Ket19] and [Roe14]. The core tenet of this approach is that it is a problem-solving method that enables the researcher to progressively refine the proposed solutions.

The design problem of this thesis is aimed at finding a solution to how 5G

technology can enhance the operational capability of the armed forces. The artifact in focus is the 5G network as this is the thing being used. The context in which it will be utilized will be in line with the specific needs and requirements of the NAF. Given the varied nature of armed forces, different scenarios will be considered to cater to multiple contexts.

3.1.1 Design cycle

The design cycle consists of four different stages. Problem investigation, treatment, validation, and implementation, as seen In figure Figure 3.1. the last stage, implementation will not be part of the project as this is a more conceptual study and implementation will be outside the time scope. How this thesis applies this design cycle is discussed in subsection 3.1.3. After this project, it is necessary to perform further tests, perform cost-use analysis for different solutions and establish cooperation with providers to implement solutions, more closely described in chapter 6.

The project can be viewed as a complete design cycle, encompassing problem investigation, solution discovery, and the validation of a solution. It follows a structured process, starting with the problem description, exploring various solutions, and ultimately arriving at a validated solution. Additionally, The main process consists of multiple smaller cycles within this overall process. These cycles are focused on answering more specific design and knowledge questions, continuously working towards new treatments and their subsequent validation. The smaller cycles involve iterating through different questions, issues, and versions of the solution. Each iteration delves deeper into the topics, uncovering and resolving new problems, and remaining open to fresh perspectives and ideas. Overall, this approach leads to an iterative process, continually addressing new problems, developing new treatments, and conducting validations.

The first step is problem investigation and involves the creation of relevant research questions, problem description, scope, and goals of the thesis. The main goal of this phase is to identify what the problem is. What are the user's needs and what do they want to achieve? After that, it is possible to establish a plan for identifying the measures, the method, that are needed to discover the treatments and the overall plan for the thesis is made.

The second step is treatment design where the defined problem is addressed through various interactions. The goal of this phase is to discover different solutions to the problems that will achieve the goals of the stakeholders. It could be the implementation of new technology or adaptations to procedures etc. There are several different methods for identifying different treatments; interviews, literature study, creating models, questionnaires, or workshops.

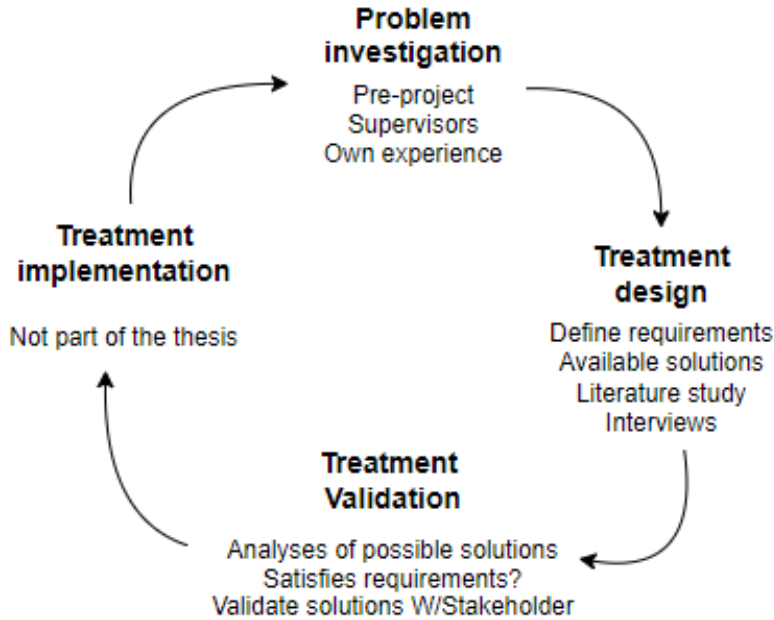


Figure 3.1: Design Cycle, based on [Roe14]

The third step, treatment validation, aims to assess whether the proposed solutions would contribute to the stakeholders' goals if implemented. "To validate a treatment is to justify that it would contribute to stakeholder goals if implemented" [Roe14]. There are many different groups of stakeholders and probably a lot of differing opinions. This makes it difficult to validate the solutions and get a definite answer. It is also a question of time. Since it is not possible to validate the whole solution before the final results are finished, and therefore out of the scope of this thesis, validations of preliminary results are important as the project evolves.

The last step, implementation, was not part of the scope of this thesis. Therefore, after this thesis, the solutions would need to be implemented and tested. This also requires complementary solutions in the NAF ICT solutions that would need to be developed and implemented.

3.1.2 Approaches to research design

In research design, there are 3 most common approaches to methods; qualitative, quantitative, and mixed-methods research. They are described and compared in [CS11]. The choice of method for this thesis is further discussed in subsection 3.1.3

Qualitative methods are a research approach that focuses on discovering and understanding the experiences and thoughts of participants. This method involves a detailed exploration of a topic of interest, and data is collected by the researcher through methods like interviews, observations, and document analysis. The process is open and flexible, allowing for unique interactions with participants, which may result in different findings depending on the researcher's perspective.

Quantitative methods are used to test hypotheses, measure variables, and analyze patterns in data. The emphasis is on collecting numerical data that can be analyzed statistically to make generalizations about the population being studied. The research process is more structured and standardized, with less room for personal interpretation or subjective experiences. This method often involves using surveys, experiments, and statistical analysis to collect and analyze data.

Mixed methods research is a flexible and comprehensive approach that combines both quantitative and qualitative methods in order to provide a more complete understanding of the research topic. By combining both methods, researchers can gather both numerical data and detailed insights about the experiences and perspectives of participants. This approach allows for a more holistic understanding of the research topic and can provide deeper insights into complex issues that may not be easily explained by a single method. However, the process of integrating both methods can be challenging and requires careful planning and execution.

3.1.3 Election and implementation of method

The objective of this project is to comprehensively analyze and understand the data in the context of military applications of 5G. To achieve this, a qualitative research methodology is deemed appropriate as it allows for capturing the perspectives of participants and utilizing them as a foundation for analysis and problem-solving.

In adopting a qualitative approach, two primary methods were identified: interviews and literature review. Interviews provide an opportunity to gain qualitative insights and perspectives from relevant participants, while also allowing for cross-verification of views against others. Additionally, conducting a literature review enables the alignment of these perspectives with global trends and solutions.

While the inclusion of experiments could have been relevant, the early stage of the project presented challenges in predicting the relevant aspects for testing and the allocation of resources. Moreover, some relevant experiments have already been conducted by Telia, Telenor, and NDMA, making it impractical to replicate them due to time and resource constraints. Some of the tests they have performed include the control and streaming of UAV over 5G, establishing private networks, and utilizing

them for streaming, establishing pico star networks, and using the FKI as transport for the macro network.

Implementation of problem investigation The problem investigation phase builds upon the pre-project conducted at NTNU during the fall semester of 2022 [Tor22]. This initial step aimed to identify the relevant problems and challenges faced by the NAF in their current operations. It involved creating research questions, defining the problem, scoping the study, and establishing the goals of the thesis. The problem investigation phase initially drew upon the author’s military background, academic training in 5G technology, input from supervisors working in the sector, and insights from former colleagues in the NAF. Following the pre-project, further investigations were required, necessitating input from the users in NAF. The initial interviews primarily focused on problem investigation, enabling refinement of the problem description and uncovering different areas of interest. This iterative process helped establish the overall problem definition, interesting fields of study, and goals of the thesis.

In this phase it was important to make the participants perform reflections in order to get their opinions regarding Objective 1, regarding the application of military radios, and Objective 2, what type of sensors might be relevant. It was also important to get opinions regarding NAFs’ needs, RQ1. To understand where their current radios and solutions were not properly fulfilling their desired effects.

Implementation of treatment design The treatment design phase aimed to develop various solutions for the problems identified during the initial problem investigation. This phase consisted primarily of interviews and some literature review. Firstly, the literature review was conducted to gain sufficient background knowledge on relevant projects, technologies, and other pertinent subjects. The results are presented in chapter 2. This foundational knowledge facilitated more informed and comprehensive interviews.

The interviews were conducted with different categories of personnel, which are detailed in subsection 3.2.2. The identified main contributors to this phase were technical personnel that have experience in 5G technology and were able to help with their knowledge in implementing viable solutions, and treatments adjusted to the requirements of the NAF. The primary goal of these interviews was to explore the feasibility of implementing the theoretical solutions described in the literature. Additionally, the interviews sought to uncover alternative perspectives on potential solutions and identify important technologies highlighted in the literature review.

This phase gave great perspectives into RQ2, relevant properties in 5G to utilize for the NAF, and RQ3, how it can be practically implemented. Many of the participants

also had relevant contributions to the following objectives Objective 2, Objective 3. This was achieved through discussion of practical implementations and different use-cases based on the defined scenarios in subsection 1.4.1 and subsection 1.4.2.

Implementation of treatment validation The final step in the research process is treatment validation. This is a validation based on the identified problems and the exploration of various treatments and technological solutions. This phase involved making decisions regarding implementations and relevant utilization of technology solutions and validating them towards user-centered groups or other stakeholders. The final suggestions and recommendations resulting from this thesis are presented in chapter 6.

Because the results of the project weren't finished before the project itself, the final solutions were not possible to verify with the relevant stakeholders. But it was possible to validate parts of it. Therefore the validation is both done by validating the use of individual technology aspects of 5G and partially put together to see the different solutions and use cases against each other. The validation of technological solutions in 5G was possible to perform with a combination of cross-referencing interviews and literature studies. An important method for this was to present other interview participants with previous participants' solutions and opinions after their initial thoughts were gathered. To validate that the solutions were eligible for use in the NAF it was most relevant to interview a combination of technical personnel in the NAF and NDMA. More about this selection is discussed in subsection 3.2.2 and subsection 3.2.3. The purpose was both to validate and compare the temporary hypothesis and solutions with the goals of their projects, as well as predict whether the solutions were relevant and would have a positive impact on the stakeholders' goals. Based on the validation and the feedback of the partially presented solutions, the last overall concept was produced and presented in chapter 6.

Some of the participants in the interviews in this phase are already heavily invested in the 5G project in the NAF. Therefore they already performed actions to answer all of the presented research questions and the objectives. Their interviews will therefore be an important factor in the finalization of answering all of these.

Iterations Although the project as a whole can be considered a single iteration of the design cycle, it is important to highlight the iterative nature of the process as seen in Figure 3.2. While the main problem definition and research topics were partially concluded after the introductory interviews with user-centered personnel, the research process remained open to new and emerging problems. Consequently, the total amount of problems evolved as new technologies and solutions identified new problems and questions. Furthermore, some problems and solutions were further refined and developed throughout the process. Questions arose regarding the

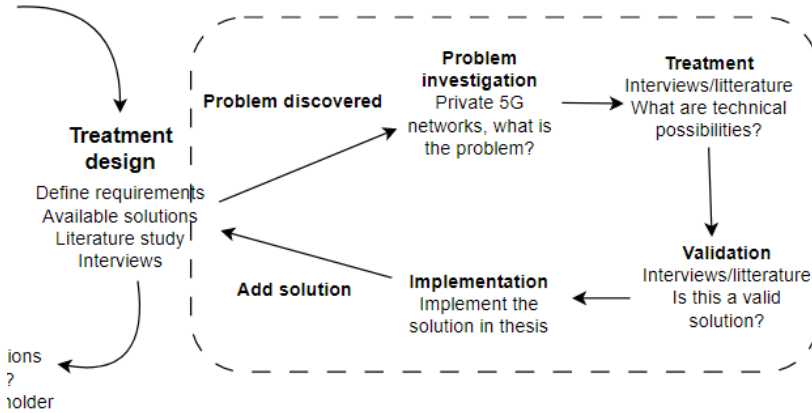


Figure 3.2: Design Cycle, with multiple smaller iterations based on Figure 3.1

technological feasibility and practical implementation of certain solutions within the scope of 5G. The design cycle effectively addressed these questions by defining the problems, conducting investigations to propose possible solutions, and validating these solutions. Treatments were discovered through additional interviews and literature research, and their validity was verified through cross-referencing among different participants and with other literature. This iterative process can be observed in chapter 4, where multiple problems and corresponding treatment suggestions are discussed. Given that participants may hold contradictory opinions, it was crucial to compare and thoroughly validate various treatments. The conclusion and discussion around different treatments are discussed in chapter 5. Ultimately, these iterative iterations with problem investigation, treatment design, and treatment validation fostered a comprehensive understanding of the problem and 5G technology, leading to the final results and conclusions presented in chapter 6.

3.2 Interviews

When conducting interviews, it is important to consider several factors. Firstly, it is necessary to determine the type of interview that will be conducted and the participants that will be interviewed. Additionally, it is crucial to avoid common pitfalls and ensure that all relevant topics are covered to obtain the necessary information

to achieve the research goals. The interviews in this project had several objectives, including gaining access to the participant's knowledge and experience within relevant technologies and operations and uncovering their opinions regarding the feasibility of implementing theoretical possibilities. Since opinions can be subjective, it was important to verify and cross-check them with literature and other participants to ensure accuracy.

Most participants agreed to publish the whole interview, while some wanted to only publish approved citations used in the thesis to ensure secrecy around operational, and possibly restricted details.

Goal of the interviews In this thesis, it is crucial to engage in comprehensive discussions with all relevant participants on the same topics. This approach allows for the collection of multiple opinions and perspectives, helping to avoid biases and ensure a well-rounded understanding. By actively involving participants and giving them a platform to share their expertise, the research benefits from their diverse knowledge and experiences. This participant-driven approach fosters collaboration and contributes to the development of more informed and effective solutions. Ensuring that valuable insights can be gained, enhancing the overall quality of the research. By recognizing the importance of participants' perspectives and facilitating their active involvement, this thesis seeks to maximize the benefits of their expertise, ensuring a comprehensive and well-informed approach to addressing the research objectives.

3.2.1 Types and election of interview methods

Interviews can be categorized based on their level of structure: fully structured, semi-structured, and unstructured [Tjo10]. Fully structured interviews follow a rigid format with predetermined questions asked in the same order for each interview. Semi-structured interviews provide more flexibility, with predefined topics but room for exploration beyond the set questions. Unstructured interviews have even less guidance, allowing the conversation to develop naturally around relevant topics without a strict interview guide.

While fully structured interviews provide a systematic and standardized approach, they may not be suitable for this research project. The goal of qualitative research is to gain a deep understanding of participants' subjective opinions and expertise. However, adhering strictly to a predetermined set of questions in a fully structured interview limits the opportunity to explore and uncover new insights. It fails to differentiate between participants' unique knowledge and experiences and may overlook valuable information that could contribute to the research objectives.

On the other hand, unstructured interviews, with their open-ended and flexible nature, may not be the ideal choice either. One of the pitfalls, discussed in

subsection 3.2.7, in this research is the ability to cross-check different opinions and perspectives. Without a structured interview guide, unstructured interviews can easily drift into unplanned directions, potentially deviating from the specific topics and questions that are essential for addressing the research objectives. Additionally, unstructured interviews may lack the necessary consistency required for cross-referencing and verification.

Semi-structured interviews offer a balance between structure and adaptability. They provide a framework with certain questions and topics while allowing for adaptations based on the participant's knowledge and insights. The order and flow of the interview can be adapted as the interview unfolds in order to maximize the contribution of each participant. It offers the possibility to ask open-ended questions that allow for the participants' own ideas, perceptions, beliefs, and reactions [MM15]. This approach enables the exploration of different directions, gaining valuable and undiscovered insights. Cross-checking is an important aspect of the research, and semi-structured interviews allow for asking the same questions to verify or cross-reference suggestions, solutions, and answers. This method also accommodates the varying levels of knowledge among participants, leveraging their strengths and evaluating the areas where they possess the most relevant expertise.

Considering these limitations, the semi-structured interview method emerges as the most desirable approach for this project. It strikes a balance between structure and flexibility, allowing for adaptations based on the participants' qualitative knowledge and expertise. While maintaining a set of predefined questions and topics, the semi-structured approach provides room for exploration, enabling participants to share their insights and opinions in their own words. This method facilitates a focused yet adaptable conversation, ensuring consistency in the topics discussed while accommodating the individual strengths and expertise of the participants. This enables possibilities for cross-checking, presenting preliminary discoveries or customized scenarios, and in total, the semi-structured interview, best suits the requirements of this project.

Main reasons for having semi-structured interviews:

1. The use of an interview guide will ensure that the interviews have the desired output and that all topics are covered.
2. By talking about the same topics, it is possible to cross-reference their answers and also directly cross-reference their solutions.
3. It offers flexibility in topics/questions based on their knowledge.
4. It offers flexibility to adapt the interviews and gain the most insights.

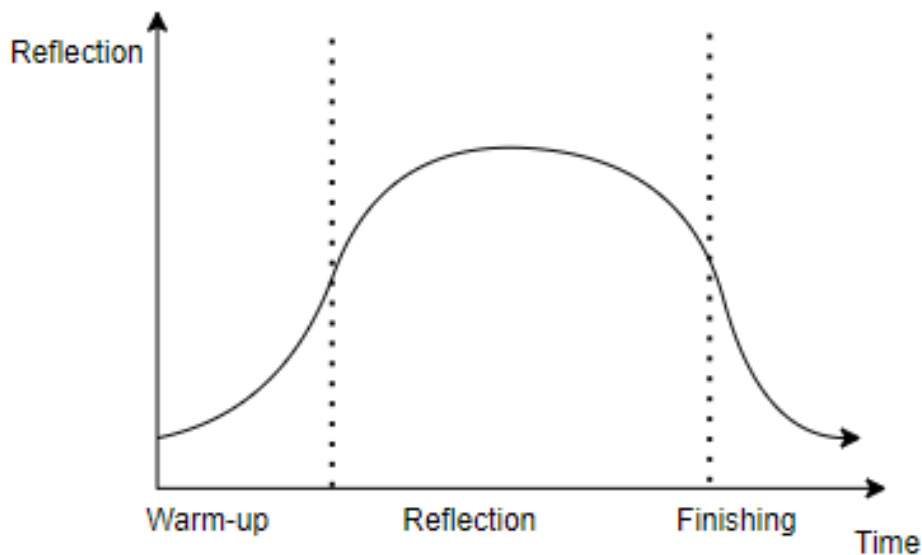


Figure 3.3: Structure of depth-interviews, based on [Tjo10]

Structuring of the interviewees

The semi-structured interviews consist of three different phases, as explained in [Tjo10]. The phases can be seen in figure Figure 3.3. Each of them has different goals, means, and methods.

The first part of the interview is the warm-up phase. Its purpose is to establish a safe environment, introduce the topic and the researcher’s previous knowledge, and create a mutual understanding. This allows the interviewee and participant to align their expectations and share relevant information. One of the initial questions asked during this phase is related to the participant’s field of work and how it can relate to the use of 5G.

The reflection phase is the most important part of the interview and takes up most of the time. This is where the primary and in-depth questions are asked, and most of the information is gathered [Tjo10]. The interview guide, Appendix D, is an essential tool in this phase to ensure that all questions related to the different topics are covered properly. Different participants may react differently to the questions, and the interviewer should be observant to ask different types of questions, including open, general, or specific ones. The conversation usually starts with open questions

to encourage the participants to provide new concepts or reflections, and it is possible to explore any appearing subjects. The interview guide is also important to keep track of all topics and ensure that the interview stays within the allotted time. During the interview, the guide evolves as new perspectives appear and the focus shifts towards more specific and detailed questions. It is crucial to maintain an open-minded approach to allow the participants to share their views on the topics.

The round-off phase is the concluding part of the interview, where the interviewer tries to uncover any further thoughts that the participant may have on the topics discussed. This phase is used to summarize the interview and the most important findings to ensure that everything is covered and correctly understood. Additionally, the interviewer can verify any hypotheses suggested by the participants during the reflection phase.

3.2.2 Candidate selection and recruitment

The projects encompass a diverse range of participants, aiming to incorporate multiple perspectives to comprehensively address various aspects of the research question. The selection of participants and the order of the interviews are important for achieving the goal of the thesis. The order of the participants is further discussed in subsection 3.2.3. When selecting participants for the research the first step was to structure the required information inputs in relation to the research questions, Which inputs were needed, and what information did the research require? The rationale in this phase was to gather diverse inputs and ensure that the thesis encompasses a wide array of viewpoints [MM15]. Secondly, the defined information needs and research questions were analyzed and mapped towards different groups, identifying groups that might be able to answer these questions and provide the desired information. The different groups, seen in Table 3.1, were defined based on their knowledge and relation to the topics. Each group had different knowledge and therefore also different contributions and rationale for their participation.

Several of the groups have overlapping experiences and potential contributions to the thesis. Therefore, for simplification, some of the groups are combined into categories. This combination of groups and categories is shown in table Table 3.1. The first category is user-centered users. The second category consists of technical personnel working for either PLMN providers or equipment providers. Their contribution is similar and the aim is to provide the technological understanding and define the scope of possible challenges and implementations. The third category consists of development organizations in NDMA and the NAF. They are working on a more high-level with developing solutions, and ensuring the desired outcomes, often in cooperation with Category 2.

Based on the groups relevant participants were identified and invited. The

Table 3.1: User groups for interviews

Group	Category	Reason for selection	Contribution
User-centered groups in NAF and Cyfor	1	Hands-on experience and knowledge	Problem identification and desired outcomes
PLMN providers	2	Experience with 5G implementation and challenges	Solutions and implementations
Equipment vendors	2	Experience with 5G equipment and Research and development (RnD)	Solutions and implementations
Development organization in NAF	3	User perspectives and project involvement	User perspectives, validation and solutions
Development organization in NDMA	3	Project involvement, progress, learning points and direction	Validation and solutions

participants were recruited by using a combination of network of former employments, and supervisors' networks. They were invited with the use of Appendix C to explain the context and the extent of the contribution to the thesis. Through supervisors, I was able to recruit various persons related to categories 2 and 3. With the help of supervisors from FFI I was connected with persons related to the 5G projects in NDMA. The participants from Category 1 were recruited both through former employment networks and through introductions performed by supervisors. There is always a challenge that not all possible participants have been found, options for more participants are discussed below.

While it is indeed possible to include additional participants in each group, the number of participants was constrained by the time scope and workload of the thesis. The selection of participants aimed to achieve the objectives outlined in chapter 1. The chosen groups comprised individuals with diverse experiences and knowledge, providing a broad range of perspectives. The goal was to ensure a sufficient number of participants for cross-referencing opinions while covering a wide array of relevant information.

In each section, a brief discussion will be provided regarding the selected personnel and the rationale behind their inclusion.

Gr.1 User-centered groups in NAF and Cyfor were invited to interviews based on their insights and understanding of how the NAF plan and conduct their communication operations, as well as knowledge about possible improvements in these instances and types of equipment. They were expected to provide valuable input on problem identification, validation of desired outcomes, and potential areas for improvement.

This particular group is primarily comprised of technical personnel as system engineers or other personnel responsible for deploying and maintaining systems, rather than end-users. This is because they possess the most in-depth knowledge of the systems. It was determined that non-technical users may be more focused on the practical use of the systems rather than the technical intricacies behind them. Additionally, non-technical users generally have less information and knowledge about 5G technology, which made interviewing too many individuals from this category less relevant.

Including personnel from the HV or other battalions could have been an option considering the scope of the task. However, several participants in the selected groups had familiarity with the methods and operational needs of HV and other battalions. Therefore, it was not deemed crucial to specifically include personnel from those units.

This is the biggest group of participants, but the selected participants in this category possessed diverse work experiences. The group included individuals with experience in the brigade structure, coordination, and support tasks for the brigade and other land forces, different departments in CYFOR, coastal operations, and Telenor. They have worked with critical communication systems, managed operational and technical demands, and have extensive experience, including deployments abroad. This diverse group provided a comprehensive view of desired outcomes, challenges, and knowledge about the current military communication systems.

In summary, the selection of participants in this category aimed to create a diverse group with overlapping and broad experiences, enabling a comprehensive understanding of desired outcomes, challenges, and knowledge related to today's military communication systems.

Gr.2 PLMN providers Interviewing PLMN providers is crucial due to their close cooperation with the NAF and their role in deploying solutions and managing networks. They have valuable insights into which solutions they anticipate being able to support and implement. As not all 3GPP options in the standards may be implemented, obtaining their perspectives is important for planning and considering possible solutions. Additionally, PLMN providers possess significant accumulated

experience in the field.

Given that there are no other PLMN providers in Norway, then the ones interviewed, interviewing providers from other countries was the only alternative. It might have been relevant if they had experience with implementing 5G technology in similar use cases and scenarios. However, due to time constraints and the fact that some PLMN and equipment providers are global companies, it was assumed that they would cover similar topics and overlap in their insights. The thesis itself was also restricted to consider operations on Norwegian soil. Furthermore, potential challenges related to security approval, introductions, and the scope and timeline of the thesis made interviewing additional providers undesirable.

Gr.3 Equipment providers Interviewing equipment providers is important because they are responsible for developing the equipment used by PLMN providers. As a result, they possess unique insights into the possibilities and knowledge related to 5G. Their extensive research and development efforts enable them to provide information on future development, research directions, and the ongoing development of products. While other companies were initially contacted, interviews were ultimately conducted with two companies. The requirement for a minimum of two companies was necessary to facilitate cross-referencing of information. However, it should be noted that much of the knowledge possessed by equipment providers are also shared by personnel from NDMA and PLMN providers, making it possible to cross-reference between groups as well. Therefore, it was not prioritized to interview additional companies in this group. The two companies selected for interviews are major global players with leading positions in their respective fields.

Gr.4 Development organization in NAF and FFI The development organization within the defense sector comprises individuals who are extensively involved in development projects related to the NAF. This group includes participants with different roles and perspectives. One participant represents the signaling branch in the HVS, responsible for testing, education, and the development of long-term, high-level communication concepts within the army. Their role involves planning and anticipating development directions to influence projects in desired directions. They also serve as representatives for the overall users in the NAF across different development projects. Their perspectives may differ from those of the representatives from NDMA, as they represent all branches of the armed forces, instead of just the army. Given that this thesis focuses on land forces and army-related use cases, it was crucial and relevant to interview this group.

The other participant in this group was FFI. They are part of the defense sector and perform a vast amount of research related to the NAF field of interest. This varies from conceptual studies, and organizational structures, to the implementation

and development of equipment or weapons. The participating group in this study from FFI are performing research related. Amongst other things, they have studied and developed solutions for the integration of sensors into BMS. They provided valuable information about the development of their projects, which was particularly relevant to discussions related to the implementation of sensors in (item RQ3).

The selection of additional candidates for cross-referencing within this group was not prioritized, as there was partial overlap with several other groups, including user-centered participants in the NAF and development organizations within NDMA.

Gr.5 Development organization in NDMA The participants from the NDMA are engaged in relevant development projects. NDMA is responsible for material acquisition and ensuring the lifetime operation of equipment based on user requirements. Therefore, they possess comprehensive insights into overall priorities and the project's potential deliverables. Currently, there is an ICT investment project called Mime, which includes 5G-related projects. It consists of testing, collaboration with civilian industries, and the development of future solutions. This group possesses up-to-date knowledge, experiences, and insights regarding the project's direction and objectives. While there may be several individuals in related workgroups who could have been relevant for interviews, preliminary introductions, and discoveries suggested that the selected participants were the ones with the most relevant experience and that they could provide distinct angles and inputs to the project. Additionally, since they shared significant common knowledge with multiple other groups, it was deemed unnecessary to interview additional participants within this category.

3.2.3 Structure and order of the interviews

Given the diverse expertise of the groups involved, careful planning was crucial to ensure that the sequence of interviews maximized the effectiveness and result of the information-gathering process. The order was set in an effort to build the thesis step-by-step using the design steps of problem investigation, treatment, and validation. This consisted of beginning with Category 1, user-centered groups, then going to the technical participants in Category 2, and validation with participants from Category 3, from Table 3.1. Based on the iterative repetitions in the design cycle this cycle was performed two times with different users. The reason for repetitiveness was to validate and discuss the preliminary result and ensure correct development, further investigating new angles or problems. After completing the cycle two times it ended with an interview with one of the users from Category 1, as a validation of the concepts.

The first category, user-centered participants, of interviews had the goal of gathering information about the needs and validating the problems that are aimed to

be solved in the thesis. This can be related to step 1 in the design cycle, problem investigation. These individuals are more likely to have a comprehensive understanding of various system types and their respective advantages and disadvantages. By engaging with this group, new ideas were generated, potential challenges identified, and desirable use cases verified in certain scenarios, thereby addressing RQ1.

The second category of interviews comprised technical participants, including both PLMN providers and equipment vendors. The interviews aimed to identify possible technical solutions and verify them. This process can be seen as a combination of steps 2 and 3 in the design cycle. First, the treatments are proposed, then the treatments are validated through iterations of interviews and the literature review as explained in section 3.1.3. This identification and verification of possible technical solutions are required to address RQ2, while also eliciting new ideas to answer RQ1. These entities in this group may hold differing views due to their unique perspectives and areas of expertise. Therefore, all of the interviews were held to enable cross-checking of information. The PLMN providers included the three major Norwegian operators: Ice, Telia, and Telenor, with the latter two having been involved in the NAF project regarding the use of 5G for a period, having developed and tested some solutions. Equipment vendors Nokia and Huawei were also interviewed.

The third category of interviews included personnel that was already involved in 5G development and research projects related to the NAF. The main contributors in this group were personnel from NDMA and HVS. There are several reasons why this group was postponed to the end. The first was to ensure that the thesis consist of individual work and research that were affected as little as possible by their previous work. The second reason was that the postponement enabled the research to gain multiple reflections and preliminary results. Providing a solid foundation, allowing for more in-depth discussions when evaluating the details and hypotheses generated during the research process. This approach also served as a form of treatment validation, step 3 in the design cycle, ensuring that the findings were comparable with theirs and thereby more likely valid. In addition, one person from group 1, user-centered in the NAF, was included to provide a user validation of the preliminary solutions. FFI was also placed in category three but had an overlapping role in this process. The interview was used to gain new insights into technical solutions for the implementation and development of sensors and how they may be implemented and integrated into military networks. Their thoughts and requirements however worked as a validation of 5G concepts as they had some assumptions that the network had to provide.

Table 3.2: The number of conducted interviews and participating interviewees from each category.

Group	Categories	No. of inter-views	No. of participants	Appendix
User-centered groups in NAF and Cyfor	1	5	5	E,F,G,H,I
PLMN providers	2	4	4	J, K, L, M
Equipment vendors	2	2	3	N, O
Development organization in NAF	3	2	3	R, S
Development organization in NDMA	3	2	2	P, Q

3.2.4 Respondents

Throughout the semester, I conducted 15 interviews with 17 participants from various groups, as shown in Table Table 3.2. Some of the participants are currently engaged with similar topics and questions. These respondents brought diverse experiences, insights, goals, and perceptions of the challenges regarding the implementation of 5G.

Given the high probability of differing views both within and between groups due to varying experiences, goals, and biases, the interviews were cross-checked against one another to minimize the influence of these biases on the proposed solutions. This approach ensured a comprehensive understanding of the challenges while maintaining the integrity of the findings.

3.2.5 Data management, handling, and privacy

The project is approved by the Norwegian centre for research data (NSD), which ensures that the data is handled appropriately. The application to the NSD is submitted and approved as seen in appendix Appendix A. The approval states that I was allowed to conduct the interviews as long as the presented plan was followed according to appendix Appendix B.

The project is mainly conducted openly and all participants can both approve how much of their personal information should be available and approve of the information gathered from their interviews by approving the transcriptions.

The personal information gathered about the different persons relates to their line of work, their names, previous experiences that are detailed or used as examples in the interviews, audio recordings of the interview, and general background information.

Since the participants can agree as to what part of their personal information is published, identification is not a concern for those who agreed to publish it. For those who didn't want to include their information identification may be possible as the field and their experiences may be somewhat unique. However, this would probably only be possible for those who are already familiar with them and those who are participating in interviews.

The recordings were fully transcribed and added as appendixes so that all citations can be mapped to the interviews. This also allowed all participants to review and approve the transcripts before publishing them in the thesis. Their alterations of the transcripts were mainly to evaluate their degree of anonymity, edit some formulations, and clarify statements.

For data handling, I utilize software that is licensed by NTNU to ensure compliance with data protection regulations. Interviews are conducted via video calls using the Teams platform, which has a Data Processing Agreement (DPA) with NTNU. The interviews are audio recorded and transcribed with Teams internal tool. To further work with the transcriptions I used Nvivo, operating under an NTNU license. Audio recordings and transcripts are securely stored on the NTNU OneDrive server throughout the project's duration, with a changelog, access restrictions, and two-factor authentication in place. Upon the project's completion, the audio recordings and related data are deleted to maintain participants' privacy.

The decision to audio record and transcribe interviews stems from the need for a comprehensive interview record while maintaining full engagement during the conversations. It is important to note that transcribing interviews is time-consuming, which underscores the necessity for conciseness during the interview process.

3.2.6 Digital vs. physical interviews

The thesis employs a combination of physical and digital interviews, each with its own advantages and disadvantages [TA22]. One crucial factor to consider is the cost and time associated with travel.

Digital interviews were a highly available solution Since NTNU already has a license with Teams, conducting digital interviews incurred no additional costs. Technical difficulties, which can be a challenge with digital interviews eg. bad sound quality, and malfunctions. Those were partially mitigated by testing beforehand the interviews and by the simplicity of the Teams software. Literature suggests

that physical cues may be harder to detect in digital interviews, but this does not necessarily impact the output or findings of the study [TA22]. Additionally, some individuals may exhibit reluctance in discussing sensitive topics through digital interviews. Fortunately, the topics covered in this thesis were unlikely to create such reluctance, since it was mostly based on discussing theoretical and professional topics, not including anything sensitive. The digital format may enable participants that are too busy, traveling a lot, or are far away to participate in physical interviews to contribute.

Physical interviews were preferred in some cases due to the potential for more effective communication and conversations. To minimize the drawbacks related to travel costs and time, certain interviews were planned to be conducted during the same travel period of three weeks, taking advantage of multiple participants in categories 2 and 3 being located in proximity to Oslo. However, there were instances where interviews had to be changed at short notice, leading to the digital interview format being the only feasible option.

3.2.7 Pitfalls and challenges

Employing interviews as the primary method of data collection presents potential risks to the project, particularly the difficulty of identifying suitable interview candidates and persuading them to allocate time for the interviews. To minimize the burden on interviewees, several measures are implemented:

- Measure 1 Interviews are planned early and in a period with great flexibility so it's easy to find a suitable time.
- Measure 2 The interviews were scheduled to last one hour, ensuring that the time commitment remains manageable for the participants.
- Measure 3 Interviews were either conducted at their facility or via video calls, eliminating the need for travel and associated time expenditures.
- Measure 4 Interviewees are informed that no prior preparation is required, emphasizing that the research seeks to tap into their professional insights and experiences.

These measures aim to facilitate the participation of a diverse range of interview candidates while respecting their time constraints and focusing on the valuable knowledge they can offer through their occupation.

Potential risks and pitfalls when performing interviews:

1. Performing proper coding of interviews. Making the codes broad enough to get the correct comparisons data, while not having it too narrow [Ull22].
2. A risk associated with utilizing interviews as the primary data collection method is the potential introduction of biases, either from the researcher or the participants. This may especially be a concern with candidates who have commercial interests. It is important to mitigate these risks by utilizing the interview guide and cross-checking data between interviews and literature.
3. Another challenge was participant diversity. The study employs a purposeful selection and recruitment of interviewees from varied backgrounds and uses continuous evaluation and adjustments to the participant pool to ensure a balanced representation of viewpoints. However, recruiting a diverse sample, planning, and time management can be challenging, and the eventual diversity may be somewhat more limited than initially anticipated during the interview planning phase. This may be due to cancellations or a too-narrow approach [Ull22].

3.3 Literature review

This project utilizes a literature review at multiple stages. Firstly, in the treatment design phase of the design cycle, literature research is conducted to establish a foundational knowledge of relevant topics for the project. This approach is inspired by the method described in [CK16]. The results of the literature study are presented in chapter 2. Some of the studies are also presented as related works in section 2.4.

Secondly, the literature review is employed as a combination of treatment design and treatment validation. During the treatment design phase, if new problems or challenges arise during interviews, it may be necessary to explore possible solutions in the literature to find appropriate treatments. While the participants' opinions are always compared with those of other participants. In some instances, treatment validation requires referencing literature to cross-check the opinions of interview participants, literature can serve as an additional point of reference.

The use of literature review in these stages ensures a comprehensive approach to problem-solving and validation, drawing on both empirical insights gained from interviews and existing knowledge documented in the literature. All stages of the literature review are performed in the same three stages; planning, research, and reporting.

In the planning phase, the scope and targets for research were determined. These were decided to find relevant literature for the study. In this thesis, relevant properties

in 5G were determined in cooperation with supervisors and by performing some introductory research. The scope of technologies was then delimited to the ones with the most relevance.

In the second stage, the research is performed and relevant information is extracted and used as the basis for further work. This stage was utilizing several online sources to gain access to papers, and surveys. The literature review is mostly based on published, peer-reviewed literature. Some of the literature is based on the standards, but mostly it is from papers and surveys concluding the standards and practical implementations. They have a more practical approach and may provide more relevant information, challenges, or actual results than the standards are able to explain.

In the last stage, reporting, the results are analyzed, compared, and led to the conclusion and recommendations. This stage consists of working through and organizing the material in order to compare several sources and materials against each other. This is an important step in quality assuring that the work is performed properly and meets the set requirements.

Many of the organizations that contribute to the development of 5G publish papers and explanations of 5G. These sources may also provide relevant and important information regarding insights into 5G. However, it is important to note that these papers may be biased with the goal of selling their solutions, etc. Therefore it is important to cross-check and use these sources consciously.

It was a bit challenging to find information about different military radios and applications as they to some degree are classified. This was therefore partly covered in the interviews and based on the authors' previous knowledge.

3.4 Data analysis

This section outlines the strategy for utilizing interviews in the report and data collection process. The approach is loosely based on Tjora's model [Tjo10]. This model is illustrated in figure Figure 3.4 and altered to fit this project.

The model moves from the bottom, step 1, and upwards. Each step is also explained separately in the section below. The arrow from step 2 down to step 1 indicates that there is a new planning session between each interview. This is because the process is continuously developing the questions and themes in the interviews. This is because of the need for adaptation where different themes and questions

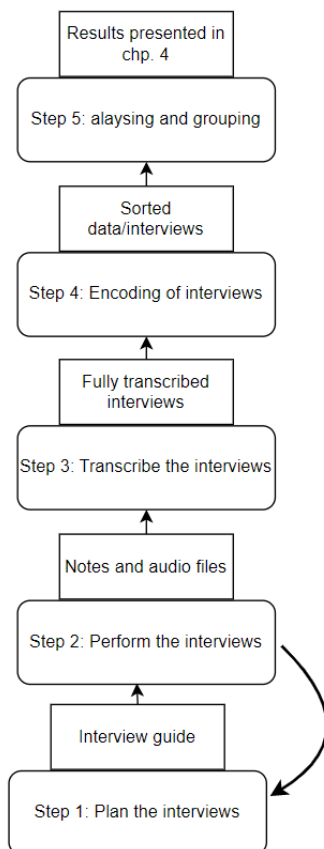


Figure 3.4: Data analysis, stepwise approach to managing interview data, based on [Tjo10]

should be included to perform cross-referencing and fit the participants' skills and fields of knowledge.

Step 1: Plan the interviews: The interviews were planned based on the data collected during the background research phase. Distinct topics were defined, and questions or discussion points were developed for each. Throughout the process, the interview guide continually evolved, incorporating new questions and issues as they emerged.

Step 2: Perform the interviews: The interviews were conducted using Teams, generating a temporary transcription. Concurrently, notes were taken as preliminary findings and incorporated into subsequent interviews to refine and enhance the guide.

Step 3: Transcribing the interviews: Once the interviews were completed, transcriptions from Teams were refined and corrected. Subsequently, the revised transcriptions were reviewed by the interviewees for approval. Upon approval, all temporary files and audio recordings were deleted to ensure data privacy.

Step 4: Encoding of interviews: Nvivo facilitated encoding interviews, tagging various sections with relevant topics, and identifying critical opinions or quotations. Encoding essentially filters out extraneous data, assisting in extracting vital information. This proved valuable in organizing diverse thoughts and obtaining a comprehensive overview of the participants' opinions and contributions, and utilizing this encoded data provided a solid foundation for subsequent analysis and comparison.

Step 5: Further analyzing and grouping Following organizing the gathered data into distinct topics, each subject was individually analyzed, with the findings presented in Chapter chapter 4. Relevant information and opinions were contextualized and cross-referenced within respective sections. In conjunction with the literature, this formed the foundation for preliminary conclusions. Subsequently, the results and findings were further deliberated in Chapter chapter 5.

Optimally all the interviews would have been transcribed and summarized before the next. This would have allowed for more improvement and ensured even more possibilities for cross-referencing. Instead, temporary notes made to the different topics were combined across the interviews and then included in the interview guide as new questions or things to cross-reference. The disposition of the result section and different categories should have been created and mapped more directly with varying tags for easier integration and efficiency.

Chapter 4

Results from interviews

This chapter presents and discusses the findings from the interviews performed. All sections first present the findings from the interviews. This is presented with a summary of the participant's opinions. Some are generalized based on multiple inputs, and some are directly referenced either to the related appendix or to a table that displays the citation. Some appendixes are not included due to the wishes of the participants, and hence, will not be cited, but only referred to the person. Some selected and approved citations will however be included. All statements are translated into English to ensure a seamless reading experience. Each interview is represented with its own appendix. Note that two interviews had two participants, so 17 participated in the 15 interviews related to 15 appendixes.

The quotations or references from interviews are marked with a letter and number that points to the appendix and line number from which the original statement is derived. For example, a quote marked as H-47 comes from the transcript found in Appendix H, line 47. Some selected statements are also included in tables, then the referencing will point toward that table, marked with the participant's name. When several persons make statements that correlate and overlap, the citation may only point toward the table. The tables include both the reference to appendixes and the person's role for increased clarity. In interviews with multiple persons, the tables do not state which person made the statement, but this can be found in the appendixes.

Table 4.1 with participants is copied and adjusted from subsection 3.2.4. It shows the names of how the different groups will be addressed in the following chapters and the correlating appendixes with user information and transcriptions.

At the end of each section, the results are summarized, discussed, and compares the different statements and technologies. This contributes to creating a foundation that makes the comprehensive discussion in chapter 5 clearer, where the most important findings from the different sections are discussed and pieced together into a holistic solution.

Table 4.1: The number of conducted interviews from each group. 15 interviews with 17 participants

Group	Names	Appendix
User-centered groups in NAF and Cyfor	User 1-5	E,F,G,H,I
PLMN providers	PLMN 1-4	J, K, L, M
Equipment vendors	Equipment provider 1-2	N, O
Development organization in NAF	HVS and FFI	R, S
Development organization in NDMA	NDMA 1-2	P, Q

This section is divided into different topics. Beginning with results regarding the current status in the NAF regarding mainly regarding their radio systems and situational awareness section 4.1. The second section 4.2 presents results about strategies for acquirement and implementation in the NAF, like cooperation between military and civilian companies. The third section 4.3 presents general and technical demands that the interviewees expressed as important during their interviews. Section 4.4 presents results about 5G. This mainly presents a practical view of 5G options that were presented in chapter 2. section 4.5 presents the interviewees' opinions around miscellaneous technologies like AI and sensors. The last section, 4.6 presents recommendations and the interviewees' opinions on recommended solutions and priorities for the election of diverse implementations, etc.

4.1 Armed forces related findings

This section aims to look into the NAF with concern to their current solutions for communication devices, operation procedures, and personnel, and some of the challenges related to this. The section is summarized by presenting a list that relates some of the challenges to scenario 1, CPs, and scenario 2, deployed troops.

4.1.1 Radios and communication devices

Based on interviews, 4G is used in the NAF today to connect multiple units and increase the bandwidth. This is used at CPs and for deployed troops. Some solutions are somewhat supported and systemized, while others are not [NDMA-1, Table 4.2]. This is not a desirable solution, but one that has been used in the lack of other good options. One of the challenges today is the diversity in the received QoS [User-1,

Table 4.2]. Sometimes, there are too many users to provide enough bandwidth, or it has too variable latency for some of the services. These challenges would probably not occur in a normal workplace that has a cabled network connection, but since the NAF units are set up to deploy outside and depend on wireless connections, the values are a lot more unstable. Also, some point out that using 4G without a proper concept and creating a dependency on 4G without ensuring the service's robustness in a warfare scenario is insufficient.

Some units that use cellular solutions also state their need for security in communication solutions and require the use of Virtual private network (VPN). This also has some disadvantages by introducing extra elements in the network that may introduce extra latency and, in worst cases, act as a bottleneck.

The radio networks in the NAF are divided into separate types of networks. There are radiolink/SHF networks for stationary units and VHF/MRR that will be discussed in the next paragraph. The new SHF radio is called Flexible high capacity link (FHCL). The new radio has greater bandwidth than the previous ones but is still stationary, costly, and will only be used between CPs. Divining into two different networks and the low bandwidth at the VHF network is challenging [PLMN-4, Table 4.2]. It may have a bandwidth of 70-100 mbit/s, but that presupposes using the best modulation. And each jump has to be established by using a dedicated team from Signals batallion (SBBN).FHCL will to some degree, work as a 4G network, but only with limited bandwidth, for a limited amount of units, and they have to be deployed. The advantage is that it is a simpler radio with the possibility for great distances and easy deployment. Compared to the old ones, one of the advantages of the new FHCL is it has a sectorized antenna, enabling several connections with one radio, but with limited range and still just to other FHCL radios. Satellites are used occasionally and for some units, but that is also a limited and costly resource.

The VHF radio used by mobile users in the NAF is called MRR. It offers possibilities for small amounts of data and voice. This is usually the radio deployed troops use towards their CPs and within their unit. A challenge with MRR and other military radios is their insufficient pre-deployed infrastructure. Making it necessary to deploy and create the networks. Since there is only one voice channel per network, deploying multiple networks in the same area for different users is essential. The advantage with VHF radios is that they enable device-to-device communications. Some interviewees mentioned that a new radio is probably replacing the MRR. Details of use were not clear, but based on [Kona], it will have some advancements in capacity and enable the use of both UHF and VHF spectrum. However, the provided bandwidth capacity is limited to approximately 2.5 Mbps, so it has similar capabilities as the old VHF radio.

Other communication systems for shorter ranges like PFR exist. It is both used within platoons and CPs. However, these have a limited range and may be proprietary, making them incompatible with radios from other producers [User-1, Table 4.2]. Simplifying communication, enabling more bandwidth, and making radios compatible are some of the desires mentioned by several participants [Table 4.2].

Table 4.2: Quotes relating to radios and communication devices in the NAF

Interviewee	App.	Quote
Equipment provider-1	N-64	Radiolink has a very good capacity. But it requires quite a few things. Among other things, it works very poorly when in motion, for example.
NDMA-1	P-29	So we have chosen to call shadow use. Namely the part of the use that is not part of communication plans or which is officially done today, but which we are completely dependent on anyway [...] there is a sufficiently large number of cases that are not part of the communication plan, which are not officially being done, but which nonetheless is a significant, significant use of commercial mobile today.
User-1	E-34	We have seen before that since our data is not prioritized, [...] on large exercises or similar, that require a lot from the telecom network, which leads to it in a way, being a bottleneck.
User-1	E-44	The number of users, the amount of data, and the type of latency, are often problematic with some sensitive equipment and materials. From types of crypto to certain applications internally and certain systems that have a much higher requirement for latency than most other systems, which require very low latency. And 4G can't maintain that in a good way
User-1	E-38	We have too many radios. And a lot could have been solved with a couple of these radios. At least within the same kind of system, the family tree, or either fully Harris or fully Kongsberg something, we end up with many different ones. And that makes things a bit more difficult, as you say. There is no other place where these things meet

User-3	G-2/4	having a lot of sensor data hasn't been possible due to the capacity and such in the past. And that's why it maybe hasn't been so relevant to think about it[...] If you need to have an overview of an area using a UAV or something similar, or even multiple, and get that type of data sent to the appropriate decision-maker. That will require a bit, and one thing is a drone feed, but if you're going to have multiple. Well, I would believe that you would struggle to transmit that image on a narrowband link.
User-3	G-6	I think that the defense has a lot of narrowband links, for example, MRR. Where the capacity of the radio network is limited due to frequencies, encryption, the radio itself
User-4	H-15/22	We usually extend the FKI's, as you provide interlan-connection to a point. Some of the challenges are: First of all, we can't deliver right at the front and such
PLMN-4	M-53	And that's something unique because it has always been two-part. You use Tadmok to provide service in the command post, and then we use MRR on the way to it. And both have some limitations, in that, TADKOM is not very mobile. MRR is mobile but does not have data capacity.

4.1.2 Situational awareness

From the interviews, situational awareness can be divided into two categories. The first is the one you get from others, for example, through reports and the use of BMSs. The other is the one you obtain yourself through the use of sensors.

As User-2 explains, the BMS system shares positions of friendly units to create a blue-dot picture in a map. This provides a good understanding of your units in applications like NORBMS or NORCCIS [User-2,F-2]. The information can be transferred from one to another if they use the same tools. You can also share images and observations of enemy positions. The different BMS systems can communicate through several other radios, from cellular technology, SHF and MRR. The type of radio used restricts what information can be shared and how often. It is required to have a device to access the system, but most BMSs also need users to have a device to report its position. Some mobile versions do exist but are not widely used in the NAF [User-3,Table 4.3]. This leads to a lot of units not being part of the system. When a unit shares information, the automatic sharing rules typically transfer it upwards in the hierarchy. Some units may be filtered out to avoid information overload. Afterward, a combined picture is sent back down. One of the challenges

is that if units that receive and forward the information are lost, the forwarding stops, and that information or units are not included. The settings on how often and to whom information is sent can be adjusted to update quite often, but limited bandwidth in the radio may also be a challenge. This hierarchical propagation of information up and down may result in soldiers from different units having different situational pictures, even though they are close together. Being on different radio networks may also increase this challenge. The forwarding rules enable some degree of emission control and filtering, but it also increases the time used for updates and creates differences [User-2, F-7]. If you filter too poorly, there can be too many units, and you get overloaded. This might also happen due to other inputs, based on too many pictures, video streams, or other reports [User-5, Table 4.3]. In addition to using BMSs, direct communication is essential for situational awareness. This could be through messages in BMS systems or specialized chat or email applications. Often only those in CPs can access these systems. Chat rooms may also be a source for an overload of information with the potential of many different rooms and updates.

BMSs has some challenges and drawbacks. If all units are to send their position, there may be an information overload with too many units on the maps. Since the armed forces use many different radios, the BMSs require multiple integrations and a controlled and planned transmission plan. Difficulties or unforeseen happenings may reduce information exchange nationally and between allied partners, reducing situational awareness. There is also a need for regular position updates. This is mainly done with the use of GPS. Some equipment doesn't have a dedicated GPS receiver or, for other reasons, find it unavailable [User-3, Table 4.3]. The positions may be set manually, but they risk forgetting to update them after moving to new places [User-2, F-18]. The position updates must also be transmitted between the units. Depending on the radio, bandwidth limitations may restrict the update times. It may also lead to messages being delayed and a build-up of congestion in the network.

Another type of situational awareness is the one you create in the area around your position. The most common method is placing sensors. At fixed camps, cameras or movement sensors may be deployed alongside fences. In deployable CPs, the most common sensor to create situational awareness is using soldiers. Based on the size of the unit, providing 360 coverage may require a lot of soldiers. This may result in the soldiers being too close or allowing some dead space between soldiers that attackers can use to engage them [User-2, F-30].

Table 4.3: Quotes relating to how situation awareness is created in the NAF

Interviewee	App.	Quote
-------------	------	-------

User-1	E-10	They are now increasingly using, for example, cameras around the camp because they have a lot of sensitive equipment and materials and so on. So it leads to them having a greater need around the camp [...]. In addition, they may require inputs from further away from their first parameter to show where things are around critical points in their area
User-2	F-30	Situational understanding or local situational understanding is basically understanding the areas in which you will go into and operate. So when you are in a position, it is common to establish a close defense with soldiers, weapons, and tools they might have. Then you have many types of capacities like NVG, Or thermal cameras to be able to see heat signatures. And there's an incredible amount one can do to improve their local situational understanding
User-3	G-30	ATAK, it's really NORBMS in mobile form. So, you have a command control interface where you can see blue dots on people, send messages, send data, and connect to others' streams and such things. If you have connected, for example, a helmet camera or a drone or something. Then you can retrieve it through that network.
User-3	G-20	Then there will surely be equipment that doesn't have a dedicated receiver for GPS or equivalent
User-5	I-44	The limiting factor now is who can analyze all this and make something out of it, all the video coming in, and that might be where our biggest bottleneck lies because we don't have a good solution yet, there isn't a good AI that can perform analysis of large amounts of data right now. So, a pitfall is information overflow.

4.1.3 Other results

Some general results that describe some of the situations and challenges in the NAF are depicted in Table 4.4.

NAF operates a lot of systems themselves. Some participants say it might be challenging to operate even more systems with the same resource level, as it is already hard to keep the technical personnel [User-4, Table 4.4]. A lot of sensors and other equipment are usually controllable 1-1. Also, analysis is performed by a person with limited capabilities for reviewing multiple elements. If sensors could deploy

in swarms with an intention and use AI, a lot more could be achieved with fewer personnel. Freeing personnel and enabling them to do more may be essential for future development.

One of the challenges with funding is that military-grade technology is costly. Especially when you create it to meet high standards, it is developed from the bottom with many possible integrations. Replacing and buying such costly material will reduce the number of units one can buy. Buying or adopting cheaper off-the-shelf technology might be a lot cheaper. The price of units may need to decrease drastically if one is to meet the desired amounts [HVS, Table 4.4]

There are also some challenges with dependence on technological solutions and especially vulnerable services like GPS. GPS is used for time synchronization and positioning data for multiple services. This dependency may have significant consequences if it becomes unavailable [User-4, Table 4.4]

Table 4.4: Quotes that relates to other results in the NAF

Interviewee	App.	Quote
User-4	H-32	This issue of GPS dependency is something we will have to resolve in one way or another. This is important for time synchronization and to avoid jamming other base stations operating on the same frequency.
User-4	H-42	Or at least that's how we see it today, for us in CYFOR, well, the challenge is people, and it's not like we're going to get more people. It's the same in other battalions. If we get more people, operating it all by ourselves might be possible, but it doesn't look like that. I have no faith in that today. And I have looked at how the core network is set up now and how difficult it is. It's not that it's tough; if we in CYFOR had gotten resources to do this, I think it could have gone just fine.
HVS	R-42	It wasn't enough for each vehicle or team. It cost about 150,000 with this big box, very expensive. So even when the project was supposed to increase the numbers in the defense, a lot of the money was used to replace the old units with new ones. So it's like we've chosen a unit that's so damn expensive that by the time we need to create a new project to increase its prevalence, it also has to cover the cost of re-acquisition and upgrading.

HVS R-44 And we're probably not going to get there until we find a solution where the end-user equipment costs a maximum of 10,000 kroner.

4.1.4 Discussion/Summary of Armed Force's findings

Based on the results in this section, there are several challenges and requirements that a communication system in the NAF should meet, presented in Table 4.5.

The first issue relates to their solutions for radios. The NAF have two different kinds of networks that are established, sometimes in parallel, sometimes at the same positions, and other times only one of them. In the VHF radios, there are also several different networks to distinguish traffic. Different radios are necessary because the two systems have widely different properties, are used by different units, and therefore require the establishment of multiple networks. MRR is used mainly for mobile units, and SHF is used for the stationary CPs. They require the high bandwidth radio for communication with other CPs. In addition, they will need the VHF radio to communicate with their deployed troops. The easiest option to ease cooperation would be if only one network could divide traffic and create several virtual networks available on all devices. It can be seen as just having a list of group calls and selecting the desired one. In this way, it is easier to restrict channels to smaller and more distinct groups. Having one means of transportation of data and a software application where one selects the network to listen to or engage in. That would enable much easier planning and improve communication and coordination with other units. There is a challenge for many units that the coexistence of many networks requires establishing a lot of equipment and multiple radios. This has some significant drawbacks with interference, time used for the establishment, and required equipment. Some CPs establish designated antenna areas due to the risk of emitting electromagnetic signals. Establishing multiple antennas and radios, instead of just one, far away from the CPs will heavily increase the workload. Therefore, establishing fewer networks and moving the functionality to the software layer should be a goal. The challenge with only one network would be that it should cover many different properties and capabilities.

Some of the requirements for the NAF to bandwidth are pretty small. They need something that enables more than today and to all troops in scenarios 1 and 2. The new FHCL will provide some amount of data for CPs but not for the deployed troops. New solutions should be able to share videos, images, and frequent updates. Solutions must be cheap enough so that the NAF can afford the desired amounts and renew them after the end of the lifetime.

One of the advantages of the communication systems in the NAF is the ability to

Property/result	Comment
Bandwidth	Must have enough capacity to share more data, including videos, images, and more blue force updates
One network	Should use more flat networks to achieve connectivity between units and increase cooperation and synergies
Infrastructure and robustness	Should increase the use of infrastructure in their solutions to save personnel resources and increase deployment speed. At the same time, keep the ability to build its own robust and secure networks
Device-device functionality	The NAF require some communication devices that enables device-device communication between units
Price and development	Needs to assure a price that ensures the number of needed units and the ability to renew material, cut development time to ensure relevant material.

Table 4.5: Summary of results related to the NAF, section 4.1

communicate device to device, only requiring them to have the same configuration and use the same network settings. This is an essential ability for many units that operate in close vicinity and ensures a robust link they can rely on. However, it is a disadvantage that there is little to no pre-deployed infrastructure for these radios compared to cellular technologies. This means they must establish many relays and simultaneously create a vulnerable dependency, where communication is lost even if one relay is removed. This is a greater vulnerability than in cellular networks. Cellular networks require a fiber connection and access to servers etc. But the BSs are not serially connected, so if one is taken out, others before and after may still be attached, as long as their fiber connections remain intact. The use of infrastructure for decreased complexity and increased robustness may be necessary in future solutions.

4.2 Strategies for procurement and implementation

This section reviews results concerning different strategies for implementation and use in the NAF. It discusses the material cost, the concept for use and maintenance, and maturity in the NAF.

4.2.1 Concepts for procurement

As uncovered in the interviews, price is an essential factor when discussing investing in equipment. As partially mentioned in the previous section, military-grade equipment costs much more than civilian. In the land domain strategy, we have already decided to go as civilian as possible, but as military as we require [HVS, Table 4.6]. One of the problematic questions here is how to balance this properly. As several interviewees state, it is much cheaper to utilize civilian technology. But it also has to meet the demands to function, and the user needs to maintain trust in the system. It is also a question of why we should build/use complex and expensive equipment if there is so much commercially available. There might be possible to make some adaptations, like buying additional covers or cases for phones or tablets. If one customizes too much, the product will become too expensive and lose the whole point [NDMA-1, Table 4.6]. This is a solution that enables quite much compared to the cost and might enable a prize that the customer is willing to pay for, which will be of great importance [NDMA-1, Table 4.6]. The volume of units created is highly relevant for deciding the price [NDMA-2, Table 4.6]. Increasing the volume helps spread the costs of development/research and enables the establishment of efficient production lines. Another advantage of using civilian equipment is that several companies perform research and development, leading to rapid growth. That allows piggybacking on the great evolvement of other companies. Relating to the emergence of smartphones just before 2010 and how much that has happened in the last years. Developing a new function on MRR can take many years. At the same time, in cellular technologies, ten new functions might come a year [NDMA-2, Table 4.6].

Table 4.6: Procurement of civilian/military equipment

Interviewee	App.	Quote
HVS	R-10	We should do things as civilian as possible and only as military as necessary. This is largely due to wanting to save costs but also because we know we struggle to retain competence.
NDMA-1	P-17	This is, in a way, the core of our concept that we should acquire better communication tools for more people for a given amount of money. It also means that the whole point is lost if we are to rely, to a large extent, on commercial equipment without customizing too much for us. If we make a super advanced extreme military variant of the commercial one. Because then it is no longer either fast development or affordable. It becomes slow development and expensive

NDMA-1	P-70/72	We need to hit a price point that users are willing to pay. That means we can't buy this in volume if an autonomous network we will use costs 15 million. If a military slice costs thousands a month per device, we can't use it[...] We will do this. We also have funding for it, but if the functionality and price aren't attractive, it won't happen
NDMA-2	Q-53	It may take perhaps ten years to develop a new function, while here ten new functions are coming out per year, often with new software or a new handset from Android that has larger optics or night vision, or a heat-seeking camera, temperature sensor, you name it.
NDMA-2	Q-23	The advantage of following the 5G path, or the 3GPP track, is to piggyback on the enormous development, to get a lower price on the equipment; an iPhone would also have cost a million kroner, had it not been for the fact that they sell several hundreds of millions each year.

4.2.2 Concepts for use and as-a-service

There are several different models for possible implementation options of new technology. Many participants have mentioned the As-a-service model. This is a service where the user pays a certain amount, and the provider is responsible for the user's access or use of the system. This includes the provider owning the system and equipment and enabling support and upgrades if needed. This may allow the customer access to what may have been expensive and complex equipment with a usage guarantee as well as support. It doesn't involve costly one-time costs when acquiring a solution, and it offers more flexibility and potential for reducing costs where access to the service may be limited to given times. A potential drawback is that the company will also desire to earn money, which might make the solution more expensive in a long time.

Most interviewees point out that 5G is a complex system and that the NAF may not have the desired competence to maintain the system. At least not in the short term without heavily recruiting and training personnel. Recruiting and training own personnel may also be expensive if the personnel quits and new personnel undergo the same procedure.

At the same time, as some argue that As-a-service is a good model for complex systems like 5G, others have mixed experiences with similar methods of horizontal Procurement. The thought of being reliant on others may be hard to accept, and there may be significant concerns about establishing a system like it [HVS, Table 4.8].

Trusting a lot into civilian operators like the PLMN providers may be difficult and should at least need to be strictly controlled in contracts and agreements. Some challenges are also based on how the concept of support and replacement of material should work. Is the NAF satisfied with a solution where the selected personnel with support access only works from 8-16 on weekdays? Is it okay if they are situated in Oslo when most of the NAF operates in northern Norway? [Table 4.7] A solution is that the NAF sends in the units with errors and are provided with replacements. But this involves some obvious downsides of potential downtime and system unavailability. NDMA-2, however, compared to the Ukrainian War, where Several providers cooperate with the Armed Forces to secure and establish new fiber connections and enable communication. There are also many people working in similar companies in Norway, so Cooperation in reestablishing communication infrastructure may also be possible here.

An important realization is that it is not necessarily possible to discover everything right now, but that we need to start and use the equipment, gain experience, build trust in the system amongst the user groups, and then decide the final solutions [NDMA-2, Table 4.7].

Table 4.7: Cooperation between civilian/military organizations

Interviewee	App.	Quote
HVS	R-10	So, I'm not saying we don't want things as a service. It's just that we don't know, we haven't tried it before [...], And then I've said that many in the army might be uncomfortable with that. And when they ask why? Well, it's like, have you ever tried depending on other departments to get something done? Then it doesn't get done. So we like having a certain degree of control if things go to hell.
HVS	R-16	What things need to be configured by telecom providers? And what things should we be able to do ourselves then? Say we get a private 5G network in each company on some command vehicle. If something happens to it. Where should the person who can do something about it be, then? Should he work at Fornebu, or should he be in the vehicle
HVS	R-12	And then something happens to that SIM card information. And then it's gone. How are we going to fix it? [...] Call customer service, or do it ourselves? Because it's like going and hacking DOS, there isn't a great GUI to sit and do this in.

HVS	R-8	There's no doubt that operating a core network in the telecommunications world is completely different from operating an MRR network regarding expertise. Moreover, both radio access networks are complicated
NDMA-1	P-64	The answer to this doesn't exist here. To find the answer to this, we must put this into use [...] Then we need to start using this to prove the potential to the users, and then we must start deploying these networks for field use. To gain experience with the actual need, what the actual competency need is, what the threshold is for operating them, how much we can simplify them, and what the price will be. How well does it work? The operator maintains them remotely.
PLMN-4	M-20	But when you have an as-a-service, they do not necessarily have engineers at every node, right? We should have a big black box with a green button; turn it on, and it should work magically. It does not mean that it cannot be done wrong, right?

4.2.3 Organizational and system maturity

Some of the challenges uncovered in some of the interviews were whether the rest of the systems are up to date and if we are capable of utilizing the potential a possible broadband solution would provide [User-1, Table 4.8]. Crypto modules are one of the elements several participants have concerns about. It is a question of their ability to handle as high bandwidths as are available in the cellular networks [User-3/5, Table 4.7]. A possibility may be to handle more data outside of the encrypted networks and only send the relevant information. However, if this isn't handled smartly, this may lead to the need to operate multiple systems, demand more resources, and introduce increased complexity. Another thought is the maturity of the rest of the applications as well. Are the applications suitable for handling the amount of video streams and data considered? If not, there might become too much information to handle. Providing too many video feeds without a tool to handle them may also offer little effect [User-5, Table 4.8].

Table 4.8: Organizational maturity

Interviewee	App.	Quote
-------------	------	-------

User-1	E-50	We shouldn't hide the fact [...] whether the defense is ready to receive and use these types of capabilities in the best possible way. Hmm. Because many of the systems that are inside, meaning what the 5G will be used for, are not up-to-date
User-3	G-6	I do believe that in many cases when using the commercial telecom network on 4G/5G, it will often be the crypto box or something else in the network that is the bottleneck limiting the amount of data that can be sent.
User-5	I-72	Part of the issue is that if we start talking about graded systems, even if we go from 4G to 5G and get more bandwidth and capacity, the bottleneck is often in the crypto modules.
User-5	I-44	A pitfall that is easy to fall into for us is information overflow. It becomes so much that you can't; there's so much information you can't extract what's relevant.
FFI	S-28	Then we took in video from all the sensors in the OP, and we showed them on a big screen, but then there was another person, you could say, subscribing to the same video streams somewhere else. So it's possible, but then I think it comes down to the military is not mature enough

4.2.4 Discussion/Summary of strategies and procurement in Armed forces

When summarizing, this section is a lot about prioritization. As seen in Table 4.9, price, complexity, personnel use, and maturity must be considered in a solution. It starts with the cost. The perfect computer for NAF needs may exist, but it may cost ten times as much as an off-the-shelf version. That may just be too much. The overall goal when buying equipment should be to solve better one of the fundamental tasks of the NAF. While the first 90% may take 10% effort, the last 10% may take 90% effort. It should be considered if the last 10% are worth the cost and may heavily reduce the number of units. One solution to saving costs is piggybacking on developed solutions and implementing something that works. This strategy involves less risk in implementation. When ordering something nice, it is always easy to say that you want this addition, but reducing these desires is essential so you can buy 2-3 instead of just that expensive one. An example is the costly computers that couldn't be purchased for all battalions in the desired amounts. Some deployed troops may encounter such harsh conditions when driving off-road that expensive, rugged computers are necessary, but this is hardly the case for all. For a CP, it is a concern that some of their convoys or vehicles won't have computers or has a radio solution

that doesn't fulfill their needs or are too hard to operate. Also, standardized military equipment often requires a lot of integration and setup in vehicles. This challenges the use of radios as an alternative means of transportation. Simple, hand-carried devices like tablets would give much more flexibility and ease of use.

When looking at Ukraine, there is a whole community effort with cross-collaboration between civilians and the military. However, this should be guaranteed through agreements and practice so that there's confidence in this system and the roles are somewhat transparent. Essentially, we need to learn from the solutions used in Ukraine and prepare similar measures. There are great resources in the civilian industry that would need to be used, especially when dealing with such complex and large systems covering such large areas as cellular technology. But this must be ingrained so there's trust, and it works when needed.

Maturity is a challenge, and the development of systems should be comprehensive. However, it's not always possible to fix everything at once, and achieving the easy things that are low-hanging fruits is perhaps a good start. Then one might need to look at other needs that should be addressed either parallel or subsequently to get even more effect. It's always wise to fix the most significant problems first. Then, there may be a step-by-step development, even though it may take a long time.

In Summary, the most probable approach to attaining a product within cellular development is to leverage existing commercial applications and tailor as little as possible but as much as required. Simultaneously, it is essential to cultivate trust among the involved entities and establish a resilient system that fosters cooperation and clearly defines responsibilities. It is important to start with simple solutions, build confidence, experiences and develop as one goes. This strategic combination is likely to yield successful outcomes. Some of the important learning points are displayed in Table 4.9

Property/result	Comment
Civ Vs. military 1	It is important to weigh the need for how important that last 10% is versus the cost. It is not always a few of the most advanced or expensive equipment that helps solve the mission best; it might be many of the cheaper versions
Civ Vs. military 2	Using off-the-shelf products may reduce risk, cost, and time to implementation
Personnel	Some things are too difficult for the NAF to handle independently. However, it is important to have defined areas and methods for cooperation, solutions one can rely on, and trust.
Maturity	It is important to see the whole picture and address the maturity in both technologies and among personnel in the organization. Start easy, and develop as one goes and gain experiences

Table 4.9: Summary of results about procurement and military/civilian cooperation, section 4.2

4.3 General and technical demands

This section comprises two subsections involving the technical and general requirements of personnel interviewed in this thesis. It delves into their perspectives on crucial topics such as autonomy, robustness, and the imperative for security. Although this section resembles section 4.2, it entails more precise expectations and properties that must be considered while implementing the proposed solution.

4.3.1 General demands to technical solution

Through the interviews, several general requirements from the interviewees were identified. These requirements are in addition to the thoughts mentioned in previous sections. These characteristics are crucial for the product itself or the total package of solutions.

Autonomy, flexibility and robustness According to most interviewees, the defense needs to use robust and secure systems [User-1, Table 4.10]. However, there are a couple of things that differentiate them. Some require the ability to operate entirely autonomously, disconnected from all central infrastructure. This may be a result of a tradition where the NAF build its solutions or in a belief that the established infrastructure won't be enough in certain situations [PLMN-4, Table 4.10]. The most crucial argument is that one has to have the ability to operate internally, even if one loses the connection to others. This somewhat aligns with a brigade's procedures to operate autonomously. Even though autonomy is important, several units are dependent and rely on having an external connection to other units or central infrastructure [NDMA-1, Table 4.10]. Since there is a bit of difference in opinions, it is challenging to obtain the actual demands, and the need for autonomy should be considered regarding the scenario. Deployed troops may likely operate sufficiently with internal communication, while CPs relies on contact with their units to obtain information, make plans, and communicate with them. On the other side of autonomy is the idea of mainly using infrastructure. Establishing a strengthened and robust cellular infrastructure will reduce the likeliness of losing all external contact. There may be a challenge that probable areas of operations may not be the same areas where the PLMN providers will prioritize to develop their networks [HVS, Table 4.10]. This leads to having autonomy without reach-back can be a fallback possibility in some scenarios. The option is partially based on trying to avoid this by creating more opportunities to establish reliable reach-back solutions and maintain the link using other methods. The consumption that everything will stop working may be challenged after experiences with the Ukrainian war. However, it is still necessary to address with a Norwegian aspect in consideration of solutions [PLMN-4, Table 4.10].

Another important thing is the importance of having a robust network and a robust access and user experience. This may involve a priority or something that ensures a particular expertise.

Table 4.10: Quotes that relate to general thoughts about autonomy and robustness in network solutions

Interviewee	App.	Quote
PLMN-4	M-36	"We must basically assume that all civil infrastructure is down." And that comes from the operational part of the defense. But if you go to the procurement organization, they are probably in a slightly different perception because what they do is that they look at Ukraine.
HVS	R-14	That's not exactly where they have their largest customer base or where the infrastructure is best developed. So there's no doubt that private 5G networks are of interest because the coverage will not be sufficient, even if it improves.
User-1	E-12	The way the military sees it, robustness is something that is considered very important
NDMA-1	P-23	We have indeed had a very strong focus initially on autonomy, that things must function completely autonomously. But we also see that for our customers, there is an increasing need and reliance on having external contact. So, having a network that provides massive internal capacity and can operate autonomously if necessary is important. However, we also see that it's essential to have at least a straw's worth of capacity to connect back home because communication is needed.

Simplicity Simplicity and the use of proper solutions are essential for several reasons. Most soldiers in Norway are either conscripts or part of HV. This means they either know relatively little and have one year to learn as much as possible, or they may know a lot but rarely train and use the knowledge. Therefore, systems must be easy to understand and learn to operate. The simplicity was one of the reasons participants from the HV liked a specific solution that was tested on one of their exercises [NDMA-1, Table 4.11]. Recognizing the user interface and its functioning intuitively is much better and will enable much faster learning than sitting and reading user manuals [NDMA-2, Table 4.11]. It was highlighted by several interviewees that plug-and-play and simplification of setup are essential to be able to use it [Table 4.11]. Another thing is that one primarily operates in a military context. There may be difficult circumstances with a lot of stress and uncertainty. One may

have difficulty getting help or support and must fix many things individually. Plus, things can always mess up at the worst possible times.

Table 4.11: Quotes that relates to thoughts about the need for simplicity

Interviewee	App.	Quote
NDMA-1	P-48	It's almost like, plug the cables together [...] They liked it a lot since it has a very low user threshold.
NDMA-2	Q-23	And recognizable user interfaces. It is essential for us that today's youth, accustomed to TikTok and simple user interfaces, are not used to reading a 300-page manual to adjust or set up.
FFI	S-20	So if you're going to the army or conscripts, we need more plug-and-play hardware. It has to be completely intuitive. So even though we have used off-the-shelf components for hardware, routers, switches, and PCs, [...] You're still dependent on more plug-and-play hardware. [...] then the threshold is too high today for a conscript.

Security Security solutions are an essential part of the solutions for the Armed Forces. They are not allowed to use solutions that are not secure [FFI, Table 4.12]. One level of security is the use of cryptosystems on most communication devices. Since the military already has integrated crypto on many of its units, they can freely use the mobile network or another unsecured carrier. However, civilian equipment may lack this and make secure communication more demanding. The Armed Forces have an approved solution for low-graded transmission over the mobile network using software encryption. It takes advantage of the fact that the mobile network offers a layer of encryption, and then the application adds another layer. The two encryptions terminate at different places, creating a tunnel in a tunnel and offering relatively good security [NDMA-1,P-17]. Some who use ungraded solutions today use VPN [User-5, I-40]. With the introduction of 5G and approval for low-graded, it is possible to cut out this delayed element while maintaining security.

Another critical security aspect is the electromagnetic spectrum. Several participants mentioned that the possibility of being located and detected is central in the military [Table 4.12]. The importance of having a certain emission control on units and being able to use different means to either hide their signals or blend into the crowd is emphasized.

If one were to start combining civilian solutions with the military, several participants have said introducing some military-specific requirements would be necessary. One requirement could be reducing the accessibility inside the PLMN companies to user databases to as few people as possible [NDMA-2, Table 4.12]. Separation of traffic and the use of equipment is also important. Ensuring that the military traffic is not mixed or can be accessed by others [PLMN-2, Table 4.12].

Table 4.12: Results about security demands

Interviewee	App.	Quote
FFI	S-46	But if you don't have the infrastructure to do it safely, you'll never be able to use it. So for things to be used in the military and become something, you have to control your network, you have to control your security, and you have to control that it is easy to use
NDMA-2	Q-21	Our slice should only be handled by the five people who have access and who are authorized and certified and cleared by us, not the 600 who work in customer service
PLMN-2	K-12	You can have some form of separation, so other traffic cannot reach the military network. You might be able to secure that. Keep it completely separate. Also, have more control over who has access to these functions
Equipment provider-2	O-116	5G encryption is good, in my opinion. They have developed even more advanced algorithms than we had in 4G. Now, that's not much used in commercial networks. They mostly use the same as they had 4G, but still, it is. And I haven't heard that they have been able to crack the encryption algorithms.
User-2	F-22	There is often a reason why one does not use a mobile phone then, for example, and one of them is emission controls in a way, not wishing to create signal noise. Not to be detected in the electronic spectrum.

Equipment provider-2	O-116	there will be a certain leak of signal from a local radio in the terminal. So if you have excellent eavesdropping equipment, but then again, you have to be quite close, and you will easily detect an enemy because he has up a slightly large antenna to sense these, sense individual soldiers. But I think more about the radio signal from the soldiers and the detection of the radio signal from the soldier in the terrain is a bigger risk than being able to steal and decode the signal.
PLMN-3	L-8	so the main purpose is then to hide in the crowd because you don't get the typical radio signature that the military gives in military operations when they operate on their frequency bands with their radios. Hence, it's a good additional effect. It's much harder to detect
PLMN-4	M-65	All the radio we use wants to keep the electromagnetic component down

4.3.2 Technical demands to solution

This section goes through some of the requirements for the technical parts of the network. The aspects are somewhat varied and set up against different use cases, but it provides a picture of which critical indicators are most important.

Capacity and bandwidth In general, capacity is a significant factor in networks. However, the requirements set among users are relatively low. Currently, they don't have solutions that offer substantial capacity, and it thus becomes difficult to set expectations [Table 4.13]. Synchronization of servers and general connection doesn't necessarily require much bandwidth, and allowing multiple users to enable these services was a desire. Several people have mentioned streaming videos as a potential use case, and this will create a certain need. The number of videos and the overall capacity needed will largely depend on solutions for handling the material. As mentioned in the previous section, there is a risk for information overflow without support from AI. Analyzing more of the data at the first user will also help reduce the requirements of the network.

Table 4.13: Results to capacity and bandwidth demands

Interviewee	App.	Quote
-------------	------	-------

HVS	R-36	We are not dependent on gigabit, so to speak [...] we would have managed with 4G and maybe 3G, okay not 3G then, but IP based 4G and LTE+ would have been, on the bandwidth side revolutionary for the army
HVS	R-30	So a BMS at squad level would work just fine on 4G today, so what 5G would possibly provide extra then is. Maybe you have the service running in the slice then

Latency Several interviewees believe there are no specific requirements for latency, but it may still be for a couple of use cases. Some computer systems, including crypto and applications, depend on connecting to some central services. If there are timeouts or too significant changes in latency or transmission, it could cause errors or logouts. It is not necessarily a requirement for very low latency but rather a steady and guaranteed latency without time interruptions [User-1, Table 4.14]. Reason number two is for remote control of UAVs or other drones. It is essential to control things precisely over long distances with low latency between the units. It is also important that the latency is guaranteed and steady so that it suddenly does not jump up to a second and cause a significant accident or crash [Equipment-provider-1, Table 4.14]. Several possible solutions to gaining low enough latency will be further discussed in the following chapters.

Table 4.14: Results to Latency demands

Interviewee	App.	Quote
HVS	R-36	We do not require less than 5ms latency
User-1	E-44/48	Latency can often become an issue, particularly for sensitive equipment and materials. This is especially true for certain applications and systems with significantly higher latency requirements than most others. For example, the performance of 4G struggles to maintain satisfactory latency levels [...]. Therefore, it is not necessarily about achieving the lowest latency at a specific moment. However, having a fixed latency and lower latency would be beneficial in such situations. Additionally, implementing 5G is expected to incorporate improved transmission protocols, further enhancing latency performance.
User-5	I-78	Having so low latency that you can control drones remotely or other sensors. It is definitely useful.

Equipment-provider-1	N-31/29	If you're going to control a tank in the middle of your troops remotely, it's a good idea not to let it suddenly move 3 meters to the side.[...] So there are many cases where you depend on low latency, especially for remote control. It doesn't need that when it comes to surveillance and monitoring and sensors and so on.
Equipment-provider-1	N-6	Because you won't be able to get a low enough latency. If you don't have edge computing. You can also use the macro network of the operators, But then you can get some delay challenges on the connectivity

Coverage Coverage is an essential factor for the NAF. The need for the NAF is the ability to connect to networks, preferably without too much extra establishment. This may include the use of infrastructure and the ability to extend coverage when required. One challenge that arises is if the establishments have too short a range. In 5G, there are several different frequencies with different properties. Selecting frequencies that suit the need for coverage and bandwidth will be essential to obtain the desired result [User-4, Table 4.15]. Methods to establish coverage, the size of coverage areas, and the potential for further expansion are critical factors to consider. The following chapter will further discuss frequencies and their consequences for coverage, section 4.4.

Table 4.15: Results to coverage demands

Interviewee	App.	Quote
User-4	H-14	If you have the range you get with 5G today, we might be talking about 15 kilometers. Theoretically, if we go even higher or use lower frequency bands, we could reach 100 kilometers. And then, in CYFOR, if we stood at a central point and transmitted to six different points, we would need to use ten antennas, right? No, 12 antennas for that. Instead of just delivering one antenna and allowing everyone within a 50-kilometer radius to connect to it.
PLMN-4	M-67	There are certain industries where you want to maximize mobile coverage [...]. And the range is key here.

4.3.3 Discussion/Summary of demands in the Armed forces

Based on the results in this section, the participants highlight several essential principles and considerations. There are a couple of areas where there is some

disagreement and uncertainty. Some of the most important results are highlighted in Table 4.16.

Robustness and autonomy were mentioned, with some disagreements. There was a consensus that robustness is crucial for a service. Still, it can be achieved through an autonomous solution or by reinforcing the infrastructure and securing multiple connection methods. In some instances, absolute autonomy is desired. For such an expectation to make sense, it must also not be any other systems that depend on central solutions. Drawing definitive conclusions is challenging since different missions and scenarios have varying needs. A scenario with a deployed platoon with tanks may require sharing videos obtained from a drone among themselves to understand the enemy's position. But they do not require that it is transmitted to someone else. On the other hand, someone communicating with artillery may only need voice or messaging services because those operating the artillery will never physically observe the target area either way, relying solely on their controllers' instructions. But their ability to communicate together over long distances is essential. This will be a vital factor further discussed in subsequent chapters.

The need for bandwidth is hard to define based on today's use. The newest SHF in the NAF only enables 100 Mbps at a maximum. However, it is essential not only to design solutions for today's requirements but for the ones in the future as well. Therefore defining an exact value is difficult, but providing a higher capacity will open up new possibilities that may enhance the operations conducted. A general request was made for transmitting videos. As a video transmission may take up to 10 mbit/s, the availability of 100 mbit/s will quickly be used. This radio is also only used by CPs and will not enable mobile users any particular bandwidth.

Regarding latency, a system that delivers a guaranteed latency will be necessary. Most traffic does not require particularly low latency, but there are two critical needs. Maintaining the ICT systems requires consistent and reasonably low latency. This is a challenge they notice with today's solutions, especially in the CPs that have many systems. This also refers to the system's maturity and might indicate some applications and solutions that are not adjusted for the required need. Secondly, remote control is often mentioned as an important development. The importance of drones can be seen in Ukraine, but cellular technology will significantly increase operational distance.

Furthermore, security is important to ensure the usability of the services. As mentioned, obtaining approval and implementing necessary security measures are vital for being allowed to connect restricted systems. Measures like limiting access in the PLMN companies should also be implemented, but would probably be much more straightforward than connecting different systems, sensors and obtaining security

Property/result	Comment
Robustness	Several methods for robustness, but which one is good enough, and this has to be seen relative to the scenario
Bandwidth	Bandwidth is an important KPI, but has to be considered relative to the scenario
Latency	Fixed latency is important for some systems, as well as low latency is important for use cases like remote control
Security	Must be secure enough for implementation and not enable compromising other applications
Simplicity	Easy to use, operate and train others to use
Coverage	The ability to provide full coverage in a flexible, simple, and dynamic way is important.

Table 4.16: Summary of generic and technical demands, section 4.3

approvals.

Simplicity and coverage were also two important factors that needed to consider. It is an idea to "Keep it simple stupid." Making a system simple will decrease the need for training and provide robustness since more failures may be avoided. Simplicity can come from multiple things, but one is the use of the system itself with recognizable interfaces. The other is that the complexity is removed from the user and to others more equipped. For instance, a cellular network connects a user easily, while a VHF network requires the user to have a network plan and change networks accordingly. The same goes for coverage. Most importantly, it is feasible to establish coverage over a more extensive area in a simple way that enables robust connections, simple connections, and good user experiences. For some, it may be essential to establish a large area with connected units, while others only need a small area with a reach back to someone else.

4.4 5G technology

This section presents technical results regarding various options in 5G technology. They are well described in the standards, but some are lacking in implementation and making them usable. Results include some opinions about which of the technologies the participants see as most relevant for the NAF

Generally, the 5G system can be seen as both a blessing and a curse. Unlike a traditional military radio system that operates in a point-to-point or point-to-multipoint fashion, this system functions as a network. The advantage is that it provides an incredibly powerful network that spans the entire country, with an extremely low barrier for users to access. However, the drawback is that if you find yourself in an area without any existing infrastructure, you must create it yourself. This is perhaps the main drawback from a traditional military communication perspective [NDMA-1,P-35].

4.4.1 Slicing

The interviewees suggest that all participants are optimistic about and almost presuppose using a military slice in the macro networks. This would enable only NAF SIMcards to connect and ensure more security and availability of other services. Some of the advantages presented as necessary are adding additional layers of security by removing services like calling abroad and allowing roaming. Some also proposed to remove internet access. Another important possibility with slicing is having dedicated applications accessible only in the Slice. This could be positioning servers, BMS-servers, or shot-locating services that multiple interviewees mentioned. Slicing will enable customized solutions more easily [Table 4.17].

Having a slice with restricted access also enables the placement of C2IS servers in facilities with corresponding security requirements. This approach increases flexibility by eliminating the need for smaller units to have their server [User-4, Table 4.17]

Another potential benefit of utilizing services in a slice is the possibility of time synchronization. Many services currently rely on various GNSS for synchronization. However, in the event of GNSSjamming or loss of connectivity to the master clock, challenges arise. 5G networks could potentially offer solutions to these synchronization issues [Table 4.17].

The interviews indicate that the three macro networks, including the Slice, will serve as the primary workhorse, providing extensive coverage and being widely utilized [Table 4.17].

Table 4.17: Results about Slicing

Interviewee	App.	Quote
User-4	H-7	In a slice, it would probably be much more secure than on a private network today. It would be more separated, maybe even physically separated, although it shouldn't necessarily be a requirement. Many believe that if it's physically separated, it's much safer. So there's an extra level of security in that. Furthermore, military slicing is great because it provides increased security, and we can tailor the network according to our needs.
User-4	H-50	You move the TYR core into the 5G core. This provides much more flexibility in setting up the command center. Not everyone needs a TYR server if you can reach one of the TYR servers in these tactical command centers.
NDMA-1	P-15	We will ensure a military slice in all three networks. We do this to achieve a higher level of security, isolate our traffic from other traffic, and adapt or tailor the networks to our specific use. However, there are certain adjustments we will make for our use, such as removing roaming to other countries, or at least to countries we don't favor. This allows us to leverage the opportunity to customize the networks and remove potential attack vectors.
NDMA-2	Q-19	There's also talk about a source for NTP, the timing aspect, where you can obtain an accurate clock, for example, from the mobile network.
PLMN-2	K-10	In a 5G slice, I imagine the military should have separate functions. Maybe it should even be physically or at least logically separated.

4.4.2 Picocells

Picocells are a solution to reestablish coverage in areas where coverage has either dropped out or does not exist. It is a concept where a smaller BS is established with an alternative method for backhaul carriers. The alternative approach, such as satellite or regular internet, establishes connectivity with a central core. The base station in this scenario is an extension of the macro network. It has limited coverage due to the size of the antenna. Still, it can provide good speed within the coverage area and has backhaul capacity relative to the carrier [PLMN-3, Table 4.18].

Without processing in the cell, all traffic will be transmitted back to the core. The current setup of picocells, with their frequencies and radios, limits their capacity. These limitations arise from using different frequency bands, radios, and lower power. To fully leverage a higher capacity, there is a need for expanded access to a robust, high-capacity backhaul.

One of the challenges highlighted is that setting up extensions of the macro network by the military or any entity requires some planning and coordination of frequencies to avoid jamming or disrupting other devices on the network [PLMN-4, Table 4.18]. Nevertheless, it is considered a simple method that has been tested, including in the HV, and is viewed as a suitable solution for their needs.

Table 4.18: Results about Picocells

Interviewee	App.	Quote
PLMN-3	L-61	Our Picocell solution can utilize any internet connection. Because the HV is familiar with the local area, they can always establish some form of connection. The radio then establishes a connection and provides coverage.
PLMN-3	L-65	The picocell has a limited range of frequency bands, typically 1800 MHz, 2.1 GHz, 2.6 GHz, and some include 800 MHz and 900 MHz. However, when we set up the local core network, we used the NATO Band at 3.3 GHz with a 100 MHz bandwidth. Additionally, we can connect using commercial frequencies, either in the 3.7 GHz band or in the private network band from 3.8 GHz to 4.2 GHz. We also use a massive MIMO antenna with a transmit power of 100 watts and strong directive beamforming. In contrast, the picocell has a maximum output power of 5 watts.
PLMN-3	L-63	However, it is certainly useful for a command post to have a 5G core network with a coverage bubble and good capacity. Nothing prevents the picocell from connecting to the local core network instead of the macro network.
PLMN-4	M-20	Using satellites as a backhaul for communication in an area is not new. The challenge with these solutions is that they impose significant requirements because suddenly, you have an ecomm-regulated network set up for ad hoc coverage on licensed bands. If not done correctly, it can not only affect the intended coverage but also impact civilian users.

NDMA-2	Q-9	It essentially extends Telia's regular macro network. In the future, it will become our military slice. Once we set up this base station, only our eSIM profiles are allowed to attach. It's not autonomous, but you can take it anywhere and use Starlink hops or our FKI, providing a lot of flexibility in deployment.
--------	-----	---

4.4.3 Private networks

Several PLMN providers have developed a solution to offer an autonomous, private core network known as NPN. Various exercises and collaboration forums have demonstrated these solutions to the defense sector. The solutions are designed to be mobile and can be transported in a box carried by two people or installed in a vehicle. They are easy to configure and set up, allowing rapid deployment [PLMN-3, Table 4.19].

The private network solutions include everything needed to operate a core network, including a Base band unit (BBU) and an antenna. This creates local connectivity in the operating area, eliminating the need for additional connections. However, some form of backhaul solution is necessary to communicate with others. Depending on the applications and usage, this can be a high-speed link or one with limited bandwidth [User-3, Table 4.19].

One of the prerequisites mentioned is the importance of keeping the autonomous cores continuously connected when not in use, ensuring updates and synchronization [Table 4.19]. Mirroring central functions such as the UDM and copying SIM card information is crucial to ensure that defense SIM cards are authorized and functional in both the macro and private networks. Cross-synchronization is essential, as all defense SIM cards should be able to connect to any of the private cores.

One of the challenges mentioned is security in such solutions. If the additional cores are to be fully autonomous, they must also copy over security information such as encryption keys [Equipment provider-2, O-24]. This can pose a security risk that needs to be addressed through robust physical security measures. Another challenge with this solution is the synchronization and counter mechanisms in the network. These counters can become unsynchronized without a connection between the different core networks. However, a resynchronization method or fallback solution could resolve this situation. If you try to do an attachment with an unsynchronized sequence number, then you synch it up again. This is not the original intended use of the function but still may work [PLMN-4,M-12].

There are several solutions for private networks, but the preferred solution among many is the integration of private and public networks, known as public-network-integrated non-public networks (PNI-NPN). This solution aims to combine the use

of private and public networks based on availability, ensuring seamless connectivity to both networks. The integration of private and public networks in a PNI-NPN solution comes with specific requirements related to IMSI numbers, preferred PLMN IDs, and more [MGH22]. According to NDMA-2, in a telephone interview, the collaborating PLMN providers in Norway are working on a solution to ensure the seamless transition between private and macro networks.

Table 4.19: Results about Private networks

Interviewee	App.	Quote
User-3	G-34	In theory, we could move ourselves mobile with a coverage bubble. So, if you're in a column or something, you have coverage within that column. For example, one vehicle could have a satellite or something to reach out to. So, you have internal communication and the ability to connect to the rest of the network through other types of carriers.
User-5	I-60	We have looked into the concept of using Starlink, for instance, to establish a connection back home and then use 5G to connect to the devices. This way, we build our bubble with reach back.
PLMN-3	L-4	We have a functioning solution for autonomous networks, a small network that can be carried by two people and set up within 20 minutes. It includes antennas, a core network, and everything needed, including backhaul. If you need communication, whether it's satellite, fiber, or any internet connection, it's available.
User-4	H-44	The idea is that we have a lot of core networks connected to the internet. Ideally, they are always up and running, and anyone can bring this core network, turn it on, and the network will be operational as long as they have the antenna connected correctly. No configuration should be necessary.
Equipment provider-2	O-20	The critical aspect here is the encryption keys and ensuring they don't get compromised or intercepted. It is the most critical part of your network [...] Also, when you have an autonomous edge, the UDM and SDM data will be part of the elements that need to be out there on that particular site, ensuring complete autonomy.

NDMA-1	P-37	I believe the major strength here is the interoperability and coexistence between tactical 5G networks and a slice in the macro network.
NDMA-2	Q-9	One product is a dedicated tactical 5G or autonomous 5G network where the entire user database resides in the 5G core, specifically UDM and other components, along with all SIM card profiles. I can have up to 20,000 SIM card profiles. But it is autonomous so that it can function locally with services running on a specific node, for example.
PLMN-4	M-22	Initially, they have ten separate mobile networks, plus a slice. But what we can do is establish a connection between the UDMs in each tactical node and instruct them to subscribe to data from the main UDM.

4.4.4 Edge computing

There are two aspects related to edge computing mentioned in the interviews.

The first is the possibility of setting up edge or regional data centers, as mentioned by multiple providers. These locations would have all their core functions duplicated at the site. This would contribute to better network robustness and availability, as having multiple locations with shorter distances to the core makes them more accessible in terms of increased robustness and lower latency [PLMN-4, Table 4.20].

The second aspect involves moving selected functions even closer to the edge. The function most commonly mentioned to be moved is the UPF. Once the connection to the core is established, the edge functions can operate independently with reduced reliance on the core network. You would still depend on the link to the core network for initial setup and establishment. However, this is a one-time cost [PLMN-2, K-17]. By moving the UPF, most traffic no longer needs to travel deep into the core network, reducing the burden on the core and transmission links. This leads to lower latency for traffic and allows for narrower backhaul links. This approach also enables time-sensitive operations, such as remote device control. Another significant benefit of edge computing is the ability to move specialized functions with specific functionalities. For example, the defense sector could have applications on an edge that provides features such as position support or shot triangulation. These functions are essential to have at the edge if low latency is critical for their operations or requires significant bandwidth. Having them deployed farther out in the network minimizes the impact on the core network, allowing for optimal performance and reducing network congestion [Equipment provider-1, N-8].

Table 4.20: Results about Edge computing

Interviewee	App.	Quote
PLMN-2	K-17	Then we place the user plane out there because when you connect to the mobile network, you go to the AMF and perform authentication and everything here. You typically do it once you establish the connection, but once the connection is up, only the delay to the UPF matters in a way.
Equipment provider-1	N-8	Then you need to have it completely deployed, for example, realized in your slice, so that you have more control over it, but it's not a requirement, though it is desirable so that you can differentiate between the commercial macro network of the operators. [...] Additionally, you have edge computing to bring the application you want to work with closer to the user.
FFI	S-41	So, being efficient in terms of utilizing the available bandwidth is important, so we need to do as much processing as possible closer to the sensors [...] but for example, we could have simple detection algorithms that say, "Ping! Something happened," and then you activate the video, for example.
PLMN-2	K-23	The reason for moving or we're considering moving the UPF to a separate site is not for autonomy but for low latency.
PLMN-3	L-18	And then it's such that the Defense has its edge compute nodes where they have applications. And in that case, the local core network that we bring along has limited services. Whether it's push-to-talk services, push-to-video, or push-to-IMS core network. Then you can place it next to the Defense's edge compute and have access to Defense's specially developed services in those bubbles.
PLMN-4	M-45	5G gives us the opportunity for a local breakout. This means I can route the traffic to an inner Trows regional data center or some other facility. It's a distributed data center architecture to support the needs that we can deliver because we're building 5G.

4.4.5 Sidelink

Most participants expressed a positive attitude and acknowledged using sidelink functionality in defense solutions. However, the challenge lies in that sidelink

technology is still immature and has seen limited implementation. Some had observed a sidelink solution in a mobile device five years ago, but very little development has occurred since then [NDMA-2, Table 4.21]. The commercial service providers have not recognized the value of investing in and developing sidelink technology. While some solutions are available for chipsets and other components, they are not mature enough for practical use. If the defense sector were to drive this technology forward, it could be costly and demanding [PLMN-3, Table 4.21].

One of the reasons mentioned for not adopting sidelink technology is the limitation in the transmit power, which is restricted to 250mW [PLMN-3, Table 4.21] for handsets and 400mw for modems. This dramatically affects the capacity and range in the uplink direction of the user. This works towards a BS because of its increased sensitivity and power. However, between two UE, this limitation results in a very short range, limiting its potential applications. There is no beamforming from handsets [User-4, Table 4.21]. One industry that could play a significant role in the potential development of sidelink functionality is the automotive industry, particularly in the context of emerging vehicle-to-vehicle communication [NDMA-2, Table 4.21].

The consensus among participants is that sidelink technology is worth monitoring and considering for future implementation. However, it is advised not to wait or develop independently at this stage. This is because it would require higher power capabilities in user equipment and the availability of ready-to-use implementations. The proposed solution is to monitor its progress and evaluate its maturity and possibility for adoption in the future.

Table 4.21: Results about Sidelink

Interviewee	App.	Quote
Equipment provider-2	O-69	That is the challenge with device-to-device communication. It's simply a matter of having the terminal and chipset manufacturers support it. It's called sidelink in standardization, where you use a portion of the uplink spectrum of the terminal and directly transmit to the neighboring terminal[...]. However, they haven't taken the time or resources to develop the necessary sidelink. There may be a difference in 5G because it introduces new functionalities that can greatly benefit device-to-device communication.

NDMA-1	P-31	Device-to-device communication is something our users demand. But currently, there are no implementations or testing available[...]. That has been the main concern, not the limitation of 250 milliwatts. We are also looking forward to high-power solutions because they could provide us with greater uplink capacity. We know that there are devices already implemented with hardware support for it, but there is a software barrier preventing its use.
NDMA-2	Q- 53/55	We depend on the market driving it and having significant interest in, for example, sidelink communication. The automotive industry, such as vehicle-to-anything communication, communicating with the car ahead or with traffic lights, could be a driving force[...]. However, it might still be some time away, even though we see it coming. We'll have to see if there is a market for it[...]. Who is willing to develop it, and where does the funding come from? I tested a mobile device with sidelink functionality five years ago, but no one has taken it further.
PLMN-3	L- 24/37	some chipsets support it, but very few handset manufacturers have implemented the software support. One of the reasons is the low transmit power. Two hundred fifty milliwatts of transmit power is unusable[...]. But then it becomes a highly customized solution for the military, and that's partly why the military has been working closely with us and Telenor. I want to reduce the need for excessive customization. So, I'm unsure if it will materialize.
User-4	H-60	The phone cannot use more than 0.2 watts, and the modem cannot use more than 0.4 watts[...]. In the worst-case scenario, when we are in a poor location, like 600 meters into the forest[...], we could still achieve a megabit of upload speed, but we had 400 megabits of download speed. It was not a challenge for the base station. The limitation was in the phone's uplink. Suppose we could have an antenna with higher gain and more wattage[...]. Currently, beamforming is not available on the phone. Only the base station has beamforming capabilities. However, there will be modems that support beamforming in the future.

4.4.6 IAB

IAB is a solution several users envision being used in the NAF, and some assumed it for certain solutions they outlined. According to NDMA-2, there was prior hype around this concept, but it has faced similar challenges as sidelink, namely a lack of significant development and commercial interest.

One of the reasons for this is that telecommunications operators have not found it beneficial. While opinions on this may vary, a key factor is that the frequency spectrum is a relatively expensive and limited resource shared among multiple users. Implementing IAB would consume available frequencies and reduce network capacity. Additionally, many of the bands previously utilized are relatively small and would struggle to serve as both a backhaul connection with high capacity requirements and an access function. In contrast, deploying fiber has been relatively cost-effective, although it requires excavation or installation of fiber cables.

Another challenge pertains to synchronization, which can give rise to interference issues. Establishing ad-hoc IAB connections to preserve existing infrastructure in an area necessitates coordination and thorough planning [PLMN-1, Table 4.22].

Within the literature, IAB is frequently discussed in the context of millimeter bands. This is because millimeter bands offer larger bandwidth and higher data capacity. The availability of these bands potentially allows for reduced costs while obtaining more significant resources. As capacity increases, opportunities for IAB may emerge in locations where digging or establishing fiber connections is challenging. However, as mentioned by NDMA-2, one drawback of employing millimeter bands is their limited range. While they can potentially cover up to 10 km in LOS, their performance is compromised during rain, snow, or other disturbances.

IAB is a technology that can offer significant benefits to the defense sector in terms of rapid deployment and expanding connectivity, among others. However, its viability is more likely if IAB is introduced at lower frequencies, allowing the defense sector to utilize its frequencies without interfering with commercial infrastructure, among other considerations. Furthermore, upcoming developments in mobile IAB that support mobility make it even more enticing for the defense sector and potentially pave the way for commercial implementation.

Table 4.22: Results about IAB

Interviewee	App.	Quote
-------------	------	-------

PLMN-1	J-45 /49/51	Yes, typically, such a wireless network is built using base stations, creating an ad hoc network. However, it is challenging. It suffers from synchronization issues, interference, and other difficulties. If terminals were to set up networks on our frequencies, it would not be ideal[...]. It would be very difficult to address commercially on those frequencies[...]. However, if the military uses its frequencies for that type of solution, it can probably be resolved. It would be a natural aspect, for example, in a sensor network where devices generate their secure network.
PLMN-4	M-69	But it is extremely difficult to make it work in reality. It simply comes down to using the technology in a certain way. Essentially, you utilize the control plane in 5G to establish an internal backhaul. You consume the capacity in the frequency spectrum to provide it to another instance.
PLMN-4	M-69	It is something that will come, and the diagram I showed you initially had IAB as a potential carrier, and it will be in the future. But currently, it is not available technology.

4.4.7 Antennas and radio interface

Several participants discussed the possibilities that arise when using active antennas with multiple transmit and receive components. Various solutions are available, but the most common approach is establishing antennas with 32 or 64 of each element [Equipment Provider 1, Table 4.23]. The size of the antennas varies depending on the antenna type, and for a configuration with 32 Tx/Rx components, it can weigh around 20 kilograms. However, in the case of millimeter antennas, a prototype has been developed that is even smaller, weighing about 10 kilograms [Equipment provider-1, Table 4.23]. By utilizing beamforming to transmit signals in specific directions to the receivers, frequency spectrum reuse is possible. With 64 transmitters and each device is capable of receiving four streams. Theoretically, 16 parallel streams can be achieved [NDMA-2, Table 4.23]. This frequency reuse and the ability to connect numerous devices is precisely what mobile technology is well-suited to handle [NDMA-1, Table 4.23].

Beamforming offers several advantages over traditional omnidirectional transmission. In beamforming, the signal is directed very narrowly in a specific lobe. This reduces the electromagnetic signature and makes it more challenging to pinpoint or disrupt the signals. Furthermore, beamforming and directionality contribute constructively, increasing power in the intended direction and improving range and throughput. In addition to deploying directive antennas at base stations, it is essential

to consider the use of antennas in user equipment. Several options for installing external antennas outperform those in mobile phones. It is also possible to use directive antennas or omnidirectional antennas with active surfaces that transmit only in the direction of the received signal. Using these antennas in a CP would significantly decrease the electromagnetic signature [PLMN-4, Table 4.23]. Installing such antennas on mountain peaks makes it feasible to replace several microwave links with 5G connections since one antenna can serve multiple devices and automatically establish connections with less need for aiming [NDMA-2, Table 4.23].

An important solution presented by NDMA-2 was the ability to connect six antennas to a BBU. There is a limit distance of 20 kilometers. The connection can be established using fiber optics or directive radio links. Typically, such a connection would utilize a 25 Gbps interface. Using a radio link may have limitations, but it offers the advantage of extending the antenna further and establishing a larger coverage area. There may also be an option to deploy several BBUs connected to either a private core or regional core. That might give some increased possibilities for expansions, but that would require even better backhaul connections.

Another exciting development on the horizon is Open RAN. This approach will further differentiate software and hardware, enabling multiple vendors to contribute to software development on the radio interface. This can drive greater innovation and introduce new possibilities [NDMA-2, Q-13].

Table 4.23: Results about Antennas, MIMO, and radio interface

Interviewee	App.	Quote
Equipment Provider-1	N-94	32 Tx/Rx components weighing less than 20 kilograms [...] For active antennas today, we use either 32 or 64 components. The only difference is that you need to incorporate twice as many transmitters and receivers in the antenna, which makes it slightly larger physically [...] However, we have managed to shrink it down a bit, and we have a prototype of a millimeter-wave antenna that is slightly larger than an A4 sheet.
NDMA-2	Q-11	But let's say they can receive four streams, then you have 16 parallels. You can reuse your spectrum 16 times.

NDMA-1	P-84	When it comes to mobile systems, they are designed primarily for these purposes and resource sharing among many users. That's what a mobile network does with the available frequency resources [...] Furthermore, when we have less overlapping coverage, the beamforming technology in 5G elegantly ensures high-frequency resource reuse.
PLMN-4	M-67	With omnidirectional transmission, you lose a lot, especially in terms of range. The range is key here.
PLMN-4	M-65	It's wise to have fixed wireless access antennas in command posts. They are concerned about being noticeable in the electromagnetic spectrum [...] You get more throughput, higher capacity, and lower signature. And it automatically searches and adjusts itself [...] There are five surfaces on them. The one receiving an active signal is the one you use
User-3	G-12	The antenna elements are active and can narrowly direct the transmitted power. Instead of omnidirectional transmission, where power is distributed equally in all directions [...], if there is an extended command post in an area, you can precisely aim towards the different parts of that command post. It would be more difficult to pinpoint compared to using an omnidirectional antenna.
PLMN-3	L-8	Through beamforming, the traffic becomes more difficult to disrupt than traditional FDD bands. There are some aspects related to tactical hiding and minimizing visibility.
Equipment Provider-1	N-105	But nothing is stopping you from having user equipment that is better than a phone. We can already see this with regular home routers, known as CPE, stationary wireless routers at home. They have external antennas that are much more powerful and better than phone antennas. And that yields much better results.
NDMA-2	Q-11	If you're on a mountaintop and we can cover, let's say, 15 or 10 kilometers with such a beamforming antenna, then we don't need to target them precisely. The equipment automatically connects to the one with the highest signal; in other words, they find each other. And maybe we can even replace six microwave links with a sector antenna covering 120 degrees.

4.4.8 Positioning in cellular networks

Several sources highlight positioning as necessary in a military context. Positioning heavily relies on GPS. However, it may be highly relevant to utilize the mobile network for positioning devices that do not have built-in GPS or when GPS is unavailable [PLMN-3, Table 4.24]. While the use of GPS remains advantageous, as mentioned in chapter 2, and seen in Ukraine, GPS signals can be jammed or disrupted, so it is essential to have multiple solutions available.

The positioning has been periodically improved through various generations of mobile technology. Release 16 introduced a feature called Location management function (LMF). This functionality is enhanced regularly through subsequent releases [NDMA-2, Q-19]. In 5G, there is an improvement because it employs more active antenna elements with narrower beams that track the user differently than before [Equipment provider-1, N-35]. In Release 19, positioning in the 5G network will provide highly accurate results, reaching sub-meter precision when signals from multiple base stations are available. One of the possibilities to increase the number of base stations is to deploy dedicated base stations using one of the available solutions.

One potential future functionality is to perform positioning more extensively within the mobile device itself. This approach can increase security, as the position information will not be available in the network. In the long term, the mobile network is expected to resemble satellites, where similar signals to orbital data and timing signals are transmitted to the device [NDMA-2, Table 4.24]. A possible use of positioning is combining it with GNSS to improve and verify its validity. That may be increasingly more important versus an adversary that is known for disturbing GNSS [User-3, Table 4.24]. The area's lack of BSs may be a challenge. As mentioned in the previous subsection, it is possible to deploy additional BSs to gain more precise results [PLMN-3, Table 4.24].

Table 4.24: Results about positioning in 5G

Interviewee	App.	Quote
PLMN-3	L-55	However, it can still be useful to position devices that do not have built-in GPS but have 5G modules. So, I believe that there is a useful use case for it, and it is something that the Defense is concerned about.

NDMA-2	Q-19	Satellites only provide a timing signal and orbital data. Your mobile device calculates your position, which, from our perspective, is much more secure. It ensures that others cannot access your position, and you calculate it yourself. In the future, mobile networks will also operate similarly. From what I understand, in future releases [...], it will be like the base stations almost resemble satellites with a timing signal and orbital data.
Equipment provider-2	O-104	The use of 5G for positioning allows for the possibility of achieving very high accuracy. However, you would need a location server in your network and preferably be able to observe multiple cells.
PLMN-3	L-53	The concept allows for placing two antennas at a distance instead of having them in a single location. This suddenly provides the ability to achieve much better positioning.
User-3	G-18	If you imagine a mobile phone, it would be much easier for it to simply transmit its received position from its GPS or GSS receiver rather than having the antenna try to estimate its position.
User-3	G-20	In the case of jamming, data duplication can be employed by cross-verifying the received information. If your GPS receiver receives conflicting data compared to what is obtained from the network, the system can combine and estimate your position accordingly.

4.4.9 5G network as a sensor

A possible development in 5G is using the network as a sensor. This has not been implemented, but the use heavily relies on higher wavelengths in mm and terahertz band [Table 4.25].

By utilizing higher frequencies, it is suggested that it will be possible to combine reflections with AI to detect signals in the electromagnetic spectrum, entities like cars and drones, or weather data. This capability can, for example, assist in identifying and locating devices engaged in electronic warfare or register any general use of the electromagnetic spectrum near a BS. Suddenly all BSs may become a radar that can be used to detect enemy movements.

Table 4.25: Results about using 5G network as a sensor

Interviewee	App.	Quote
NDMA-2	Q-13	The trend is moving towards the network becoming your sensor. The base stations will have built-in AI to save power and be used as a sensing network. When you go to higher frequencies, there are exciting things you can detect on the radio interface. Drones have been mentioned, as well as electronic warfare. With AI, you might be able to detect fake base stations. Looking ahead to 6G, there is talk of going even higher in frequency into the terahertz band, where you can start looking at weather conditions, road traffic, and stationary objects.
NDMA-2	Q-15	The concept of the network as a sensor is something that many believe in. You can utilize these 23,000 base stations as weather sensors to detect jammers or other things[...]. This is becoming increasingly prevalent, and my point is that it becomes exciting when Open RAN is introduced because you can have third-party vendors providing software on your Open RAN platform.
PLMN-3	L-8	By listening and using it as a radar, examining reflections and detecting objects in that way[...].

4.4.10 Passive IOT

Passive IOT was mentioned as a new opportunity by Equipment provider-1 [Table 4.26]. It is uncertain whether this will be a significant use case for the military in the short term, but it could become attractive in the long run. If we start using 5G more extensively, many base stations within military compounds could provide increased control over equipment and maintenance. This has the potential to streamline manual processes, enhance security, and improve the availability of operational equipment. While the most significant use case may be with smaller devices, there could also be advantages in implementing passive IOT on larger assets like tanks, as these assets are typically present at all times and do not require frequent replacements.

Table 4.26: Results about passive IOT

Interviewee	App.	Quote
-------------	------	-------

Equipment Provider-1	N-37	This allows you to have extremely tiny chips that you can put into, let's say a cup. These chips don't have any battery at all. It's like RFID, a passive sensor where you need a measurement device to detect its presence. Let's say you have a warehouse and insert these tiny chips into everything you have. If an item enters the door, you register its entry, and when it goes out the door, you register its exit.
Equipment Provider-1	N-39	In the 5G network, we are talking about a range of 280 meters. That's when it becomes interesting. It means that your mobile network can communicate with and detect a passive IOT element up to 280 meters away.
Equipment Provider-1	N-41	When you can make them passive, you can make them extremely small[...]. You can sew it into anything[...]. Theoretically, you could have it on every weapon and cartridge casing.

4.4.11 Frequencies

As shown in Table 4.27, there is a significant difference in properties between various frequencies used in cellular communication. This is important when evaluating which frequencies are useful for different use cases. The frequencies range from low bands starting at 450 MHz and 7-800 MHz. These frequencies are well-suited for coverage but have relatively limited bandwidth. Additionally, these bands are quickly utilized as there are few available resources in this range. Moving further, mid-band frequencies up to higher 3.6 GHz can be used for increased capacity when needed. Furthermore, there are expansions into millimeter-wave bands with larger total available bandwidth. Overall it is crucial to have a plan that identifies the requirements, chooses the appropriate frequency for the solution, and builds the capacity accordingly [PLMN-1, J].

One advantage mentioned when selecting frequencies carefully is demonstrated by the ability to achieve a more extended range, for example, for drones [PLMN-4, Table 4.27]. However, the question remains whether this range will be sufficient and if there will be enough capacity to, for instance, stream videos back.

4.4.12 Frequencies in 5G networks

Table 4.27: Results about use of frequencies in 5G

Interviewee	App.	Quote
-------------	------	-------

PLMN-1	J-9	At the lowest frequency, we have 450 MHz with a 5 MHz FDD band, meaning 5 MHz for uplink and 5 MHz for downlink. This frequency has excellent coverage properties and can reach very far, with a range of around 100 kilometers[...]. The theoretical maximum throughput in that range would be around 50 Mbps, perhaps, but normally, it would be around 10 Mbps.
PLMN-1	J-25	In the range of 700-900 MHz, you would likely be able to provide video services, but that would be within the same area as LTE capacity.
Equipment provider-1	N-72	At 2.3 GHz, if you have 40 MHz, you can deliver speeds over 500 Mbps[...]. 2.3 GHz has an excellent range, and there is a reasonably available bandwidth. The future of 2.3 GHz in Norway is not yet determined[...]. One of the hottest candidates for that frequency is the armed forces.
PLMN-3	L-4	There are some NATO bands, such as 3.3 GHz, which the military has access to and can provide good bandwidth in localized areas.
Equipment provider-1	N-68	Currently, in Norway, we are using up to 3.6 GHz for 5G[...]. As for millimeter wave, which is the next logical step, we are looking at the 26 to 28 GHz range. In that range, we have 2000 MHz available. On the C-band for 5G, we have 400 MHz, distributed among four operators[...]. At a distance of 8,900 meters on the millimeter-wave band, we achieved well over 10 Gbps.
PLMN-4	M-49	Currently, we use a controller connected via Wi-Fi between the controller and the drone. But that provides coverage of only 3 to 4 kilometers. However, if we utilize the 700 MHz band, we can achieve a range of 15 kilometers

4.4.13 5G resistance to jamming

An important lesson learned from the situation in Ukraine is the prevalence of jamming, destruction, and interference in all sorts of communication. This may happen in cellular communication, VHF/UHF range military radios, and satellites [McC20]. This disruption impacts communication, positioning, and using drones or missiles that rely on wireless communication or GPS services. An example is how the HIMARS, a rocket launch (artillery) system, has decreased efficiency after GPS jamming affects its systems [CMB23]. Therefore, it is crucial to assess 5G's resistance

to jamming. According to conducted tests and participants' experiences, 5G may be more challenging to jam than satellites, VHF, and 4G [Table 4.28], especially satellites further away. This isn't easy to ensure without further testing. New solutions, like Star Link, that are low orbit systems with more directional beams, will be harder to jam. 5G may be difficult to stop due to several factors, including using higher frequencies with shorter ranges. Consequently, jammers would need to be positioned much closer, increasing the risk to themselves and making them easier to locate and neutralize. Additionally, beamforming technology reduces the ability to intercept and map signal usage while enhancing signal strength. 5G operates on multiple frequencies, particularly when multiple operators and numerous base stations are involved. Targeting a broader spectrum and multiple frequencies becomes more challenging for jammers [Table 4.28].

Table 4.28: Results about 5G resistance to jamming

Interviewee	App.	Quote
NDMA-2	Q-35	Jamming 5G is much more difficult than other technologies. GNSS, for instance, are positioned high up in space, and the signals received on the ground are very weak. It's easy to overpower the ground receivers. On the other hand, a base station may be only a few hundred meters or kilometers away, whereas a GPS satellite operates at much higher altitudes. Therefore, jamming 5G is much more challenging.
NDMA-2	Q-37	What we observe is that jamming 5G is becoming impractical. The claim is that you cannot disable 5G in a city. We can see from the Ukrainian situation that they cannot bring down the mobile network. When you enter urban areas with multiple frequencies used by different operators and with large frequency bands [...], the jammer cannot be far away and requires a clear line of sight to the given frequencies. It was a challenge with HF and VHF, where you could safely stay far behind the front lines with large generator trucks and transmit high-power signals over long distances. For instance, from 30 to 88 MHz, which are 10-meter waves. They penetrate through dense forests and travel far. However, this is not the case when operating with around 10-centimeter waves in 5G.

PLMN-3	L-8	5G has shown to be very robust against jamming. It's something the military has tested extensively. It is related to the frequency range not being as long, so you need to be relatively close or have enormous power.
PLMN-3	L-55	It takes a significant effort to jam multiple technologies simultaneously. You need to be very close and have high power. If you attempt to disrupt everything, you will struggle. However, if the satellites were disabled, then we would face challenges.

4.4.14 Cellular connections

There are a few considerations to discuss about connections in cellular networks. The first concerns the economic challenges with payment and activation of subscriptions. There would be favorable with a solution where users are activated and only paid for during a specific period, making it possible for a HV soldier to only have a connection during an exercise [NDMA-1, Table 4.29]. The second consideration is how to activate new users. Using QR codes and eSIM, as mentioned in Table 4.29, eliminates the need for physical SIM cards. This solution may also be used to integrate allies and create the possibility for interoperability across nations [PLMN-4, Table 4.29]. However, it can be challenging to utilize this solution if the connection to central services is lost, which can happen when using autonomous cores. Nonetheless, it may not necessarily be a requirement that the user can gain access without a reach back to central infrastructure, as a robust infrastructure may ensure this. There is also a possibility that some units have SIM cards that are already activated [NDMA-1, P-21]. However, what could be necessary is the ability to provision a SIM card across multiple networks. A PNI-NPN solution having SIM cards in both commercial and private cores is crucial for seamless integration if a combined solution is considered. However, this solution can be challenging and is currently being explored [PLMN-3, Table 4.29].

A solution that relies on roaming across different local networks or core networks is not recommended by any interviewees. This is because it undermines the desired autonomy and requires connections between the new network and your home network. This removes the desired autonomy and creates more complexity that can be difficult to plan and predict [PLMN-3, Table 4.29].

Table 4.29: Results about ESIM and attachment to networks

Interviewee	App.	Quote
-------------	------	-------

NDMA-1	P-21	They will pay for eSIM subscriptions during the week they are active. So, it's quite easy to imagine that when they meet, they scan a QR code and receive an eSIM profile, granting them access to the Home Guard's slice. The system inside will be available to them, including all the necessary data for that period. The Home Guard will pay for the subscription for the two weeks the soldiers have access to and require the system.
PLMN-4	M-8	How can they scan a QR code and gain access to a military slice? That will be the way we bring in our allies.
PLMN-3	L-12	The core networks are unaware of each other, so there is no problem with provisioning across multiple networks. The problem arises when transitioning from one network to another, involving encryption, sequence numbering on encryption keys, and exchange. However, there are fallback solutions that synchronize the sequence number when you enter the network and attempt to attach but have an out-of-sync sequence number. It's a kind of abuse.
PLMN-3	L-12	If you have an autonomous 5G network, how do you distribute the eSIM profile? Since eSIM involves multiple stakeholders, including SIM manufacturers, it's not straightforward to accomplish.
PLMN-3	L-14	We are working on a solution where the same SIM card is provisioned in both the commercial and local core networks. This means that you can get the connectivity and services you have been provisioned within the network you are connected to. However, this is a concept we are testing, so it remains to be seen how well it works in reality.
PLMN-3	L-20	The reason we don't set up roaming, to say it, between the macro network and the local core network, and for that matter, between local core networks, is because you are then dependent on having a connection between networks. And to your UDM/UDR, and so on. So it's much more difficult to get to work, and you are more dependent on it working when you need it. It also requires a lot more expertise.

4.4.15 Discussion/Summary of 5G technology

The majority agreed that **slicing** should be part of the solution. Slicing would ensure that the cellular infrastructure can be utilized in a good, secure, and guaranteed way as long as it is available. In a conflict, 5G might be heavily affected or inaccessible in certain areas, but slicing would ensure that the remaining network functions as a reliable communication medium. Slicing allows for greater network customization, including raising the security level by separating one's traffic from others'. The necessary level of separation is a security and economic priority that needs to be assessed based on specific needs and further investigations. Reducing the number of attack vectors and contributing to secure solutions is essential. The discussion also touched on the number of regional edges and their security. Additionally, there were mentions of offering specific services within a slice, such as C2IS services from a regional data center. This would provide access to a broader range of services and applications for units operating without bringing their servers. Having multiple dedicated reserve solutions would also facilitate easier relocation of field sites with less downtime requirements. A key concern here is finding the right balance between security and robustness on one hand and simplicity and cost-effectiveness on the other. It is crucial not to become overly reliant on central services that could be compromised or inaccessible while maintaining the skills and resources to operate independent field solutions. Slicing largely focuses on implementing secure and simplified solutions while avoiding excessive dependency on the infrastructure.

Edge computing is essential in different scenarios. Having edge computing within an area with only UPF enables the transportation of such data within the area while only having a small bandwidth connection to central services. This means an area can have a significant traffic exchange, like multiple video links, between platoons to CPs while only having a small connection to other central functions. The use of edge computing also enables remote controlling through the 5G network, which allows the operator to cover longer distances, as the use of drones is heavily increased lately, as seen in Ukraine.

When considering the **radio interface**, it is important to utilize a diverse spectrum of frequencies to ensure robustness against jamming and to take advantage of the different characteristics of each band. Using bands with long-range coverage can be advantageous to minimize the need for establishing numerous base stations while maintaining low-bandwidth connectivity back to the network expansion. On the other hand, higher frequencies require a shorter distance to the BS and offer several benefits, such as more bandwidth and increased difficulty in jamming. It is likely necessary to assess the specific needs of different use cases while finding a balance between cost-effective solutions using multiple bands and the vulnerability of relying on a few bands. For example, caution should be exercised when deploying

solutions solely relying on millimeter waves for longer distances, as they can be susceptible to external factors like rain. However, these frequencies may still work effectively over shorter distances and can be used within command centers or similar environments.

Beamforming is an important feature that should be utilized to achieve better capacity and signals while reducing the use of the electromagnetic spectrum. However, there needs to be a cost-benefit analysis. The units that are most vulnerable to Electronic Warfare (EW) should be prioritized with beamforming antennas on user equipment to hinder detection and jamming to a greater extent. Meanwhile, other antennas may suffice command centers in rear areas. However, they should also have equipment that provides optimal effectiveness and ease of use. The trade-off between price and functionality will be crucial to determine. The same evaluation should be made regarding beamforming and power from the user equipment. Although there are clear advantages, the question remains whether the implementations will be cost-effective and worth the investment.

Positioning is another potential capability that can be important in 5G. Based on experiences from Ukraine, where jamming is prevalent, having multiple systems for positioning would be a significant advantage. 5G-based localization primarily works for devices and their connectivity, while its integration into weapons and missile systems is somewhat uncertain.

There should be several options to perform **Cellular connections**. For many units, it will be important to have a high readiness that enables use without configuration or reliability of central services. Having physical SIM cards or activated ESIM may both be valid options, but it is important that they can always be in a mode of readiness without too high a cost. Some units will have a more extended readiness and preparation time, for instance, reinforcements from other parts of the country or allies. For them, the flexibility in the solution will be of great value. Using ESIM is an excellent possibility for including unplanned or extra units since it doesn't involve exchanging physical devices, which may sometimes be time-consuming and uncertain. As noted by the participants, it is important only to allow authenticated connections and disable, for instance, roaming and other security risks.

To **Expand coverage** and provide more connectivity in 5G, there are primarily two technologies that can be used: picocells and private networks. Both options have advantages and disadvantages.

The advantage of picocells is that they are simpler, faster to deploy, smaller, and suitable for communication in smaller areas. They are mainly used as an extension of the macro network. However, the drawback of picocells is that they typically come with limited antenna range and capacity. This limitation arises from the dependence

of picocells on backhaul connections. The backhaul connection is often the bottleneck, preventing fully utilizing the picocell's capacity. Nevertheless, various combinations could yield better results. For instance, placing a UPF closer to the picocell and leveraging edge computing within the picocell would be less reliant on the backhaul connection. Consequently, larger antennas and radio transmitters can be justified, especially if the goal within the cell is to achieve maximum coverage and include as many users as possible.

Once a pico cell is established and edge computing is utilized, one could argue that it would be equivalent to having a separate autonomous core. This can be the case, but it depends on several factors. If a simple configuration with a pico cell and edge computing can be maintained, with minimal maintenance, training, and synchronization requirements, then deploying a UPF to a greater extent would align with this approach. It would also avoid potential challenges associated with the PNI-NPN transition. Furthermore, it may be smaller, have lower costs, and thus be procured in multiple variants.

However, some potential challenges with picocells are their dependence on a core network. This core can be configured as either an autonomous core or a central core. It is also essential to consider which frequencies should be used and who should be responsible for the cells. To the least extent, the military should not deploy equipment utilizing commercially regulated frequencies due to potential complications. But achieving solutions where the military can use their frequencies is potentially feasible. Another solution is to have operators from a PLMN who can always come and support the establishment of picocells. Based on the discussions in section 4.2, such a solution may be challenging to accept and could undermine trust within the Armed Forces.

When establishing autonomous cores in 5G networks, several methods are prominent. Some options are listed in subsection 4.4.15. The first question is deciding to have one or multiple autonomous cores in the same area. With one autonomous core, reviewing how to expand coverage as much as possible is important. This can be achieved by establishing connections from the BBU to distributed antennas via fiber or radio links. Another approach with a single core is establishing picocells, which can have reach-back connectivity through satellite, fiber, radio links, or other means.

- **1. One Core** - Extend coverage from the core by using multiple BBUs.
- **2. One core** - Have several picocells connected to the one core through other reach-back methods.

- **3. Multiple cores** - Everyone has their core, which ensures local communication, a need to connect the cores with other means.

- **4. Multiple cores** - Some have cores. Try to extend coverage with multiple BBUs, need to connect the cores with other means.

The second method focuses on having multiple autonomous cores and attempting to connect them. This may introduce challenges regarding handover and establishing interconnection between the cores. The easiest will be if all the cores connect to central infrastructure through the internet, FKI, fiber, or other means. However, this cannot be guaranteed. Interconnecting the cores directly can be accomplished through radio link shots or by one core having a modem connected to the base station of another core. This creates a potentially more complex architecture but can provide better redundancy and alleviate pressure on certain connections, with shorter paths back to the core, particularly to the UPF.

Given the scenarios defined as either a command post or deployed troops, several valuable options may exist based on their affiliation with others. For a CP that operate independently, the most important may be to ensure communication towards its troops and within its location. Then the solution of having an autonomous core and expanding coverage either via radio links and antennas or with picocells may be sufficient. The advantage will be that sensors and communication close to the CP will be guaranteed, and traffic towards its troops can go directly to its core, thereby minimizing latency and dependency on central cores. In a scenario with multiple CPs in the same area, this may not be a good solution if one tries to create several expansions from several cores. Then the establishment of extra antennas should be organized on a higher level. All CP should not need to have their cores if one is assured connection to one of the cores in the area. Too many cores would probably make things messy and complicated, leading to more challenges than solutions.

For a platoon, the easiest solution would be if someone could provide them with sufficient coverage. Depending on the scenario, there might be a need for edge computing. This can be implemented in a core close by or within the platoon. If the platoon shares a lot of information between its units, it would be favorable if the information didn't have to go too far to reduce latency and dependencies on central infrastructure. If the unit is far from other units that can establish significant coverage, using picocells may be favorable as it is easier and better covers their needs. The disadvantage would be the dependency on other means for reach-back. If that is lost, all communication is lost.

The choice between these methods depends on specific needs and requirements in the autonomous network. These considerations are crucial in designing and implementing 5G solutions as they impact the network's reliability, coverage area, and redundancy.

Future developments Several technologies have been mentioned as potential solutions for the defense sector but are not quite ready for implementation, listed in section 4.4.15. Some of these technologies, such as IAB and Sidelink, have applications within the defense context, acting as catalysts for establishing a relay chain with 5G or facilitating direct communication between devices without relying on a more extensive system. IAB may gain more traction when millimeter-wave bands are utilized, but this may have limited applicability for defense purposes because of the limited millimeter-wave properties in range. However, this may drive the technology further and enable IAB on other frequencies.

To address the limitation of sidelink communication, an alternative solution could be establishing smaller private networks at the platoon or company level. This would enable seamless communication but require a more significant investment in equipment and integration, considering the harsher conditions experienced in combat vehicles and tanks.

Other possibilities likely to materialize include the impact on user equipment, leveraging the 5G network as a sensor, and passive IOT. The timeframe for implementing these solutions, the trajectory of their development, and the specific use cases that will become available remain uncertain. Not all use cases for using the network as a sensor are equally relevant. However, recognizing material such as tanks or detecting traffic patterns can provide valuable information if interpreted and utilized correctly. Additionally, monitoring the electromagnetic spectrum can offer valuable insights for EW, enabling the mapping of enemy behavior and movements. Passive IOT, on the other hand, presents opportunities for enhanced control over the positioning of equipment and other assets applicable to maintenance, garrison control, and extended situational awareness in the field. It is important to assess the potential for enemy exploitation of these technologies. Investing in the 3GPP world allows for potential expansions, but deployment decisions should not solely rely on these possibilities due to uncertainties surrounding their commercialization potential.

The following technologies are not seen as mature enough and will not be included further in the thesis:

- **Sidelink** - Possibilities for operation without servers may be used directly between units in platoons.

- **IAB** - Possibilities to expand coverage and build cellular relays. An option that enables more use of cellular technology instead of building relays of other radios.

- **Network as a sensor** - Possibilities for much information and surveillance without any more deployment of equipment.

- **Passive IOT** - Possibilities for more control of own equipment or movement of own units.

Table 4.30 presents some of the most important properties in cellular technology that will be utilized further in the thesis.

Property/result	Comment
Slicing	Important for increased security, enabling services and in general usefulness of the macronetwork
Expanding coverage	Can use private networks or picocells, depending on the scenario. Important to have possibilities to operate with a guarantee of service and independence
Edge computing	Should be used with a low bandwidth reach-back or a great amount of information being produced. It can also ensure the functionality of remote controlling or other latency-dependent services.
Frequencies	The armed forces should leverage multiple parts of the frequency spectrum. The main use should be of great range to gain a lot of coverage. Higher frequencies should still be an opportunity in areas with more data needs. This could be CPs that establishes a lot of cameras. The use of higher frequencies will also be more difficult to jam
Antennas and radio interface	Need to ensure sufficient use of antenna technology with adjacent MIMO capabilities and possibilities for beamforming to reduce the electromagnetic signature and increase capacity. Possibility to extend the coverage by connecting multiple antennas to one BBU.
Positioning	Should leverage opportunities in cellular technology for positioning in case of unavailability of GPS services. This should be enhanced in the following updates.
Cellular connections	There should be opportunities for a pre-deployment of SIM cards to operational units and their equipment to ensure connectivity and robustness. There should also be a possibility to use ESIM with prepared profiles for increased flexibility and rapid deployment. There is a need to find an appropriate financial model for SIM profiles and usage

Table 4.30: Summary of results in 5G, section 4.4

4.5 Results, other technology

This section presents some findings for other relevant technology discovered during the interviews.

4.5.1 Satellites

Interviews with NDMA-2 uncovered several companies launching satellite constellations similar to Starlink. There are also projects aimed at providing 5G coverage using satellites, such as Lockheed Martin [NDMA-2, Q-47]. In this approach, a portion of the spectrum allocated to mobile operators is utilized and transmitted through the satellites. Users would connect to the base station with the best coverage, just as they would in a terrestrial network. Due to the distance, connecting to ground-based base stations is typically preferable for better performance. However, satellite coverage is a redundant and fallback solution in areas with no terrestrial coverage. Similar collaborations exist, and satellite coverage has already been implemented on iPhones. Furthermore, there is a partnership between Iridium and Qualcomm to bring satellite connectivity to other smartphones [NDMA-2, Q-47]. This development is exciting, but it also presents potential challenges in areas where deliberate interference with satellite signals may occur [Table 4.31]. There is worth mentioning that jamming will be much more complicated for phase-controlled satellites, like Stralink, than GNSS systems.

Table 4.31: Results about satellittes

Interviewee	App.	Quote
NDMA-2	Q-49	I find it an interesting development, and many efforts are underway to enable smartphones to communicate with satellites as well.
User-4	H-34	Satellite communication, as we see in Ukraine, can be jammed to some extent

4.5.2 Artificial intelligence- Machine learning

AI has not been extensively used in the defense sector until now. When discussing AI, many emphasize the potential for supporting the processing and analysis of large amounts of information [Table 4.32]. At FFI, efforts have been made to integrate sensor data into defense systems, but the next step is to process and utilize this data effectively [FFI, S-18]. It is possible to create war apps that allow the population to log in and send video clips or observations [User-2, F-40] while incorporating observations from various sensors. Processing this information, recognizing objects in video streams, generating reports, and transmitting them efficiently would provide

significant benefits. Several stages may be enhanced using AI. Many acknowledge the challenge of potentially receiving 100 video feeds in a HQ and the need for AI to make this information meaningful [NDMA-1, Table 4.32]. It is alternatively, developing systems to control the amount of incoming data and regulate who speaks when are also considered [NDMA-2, Table 4.32]. Another mentioned the maturity in the organization and the importance of establishing trust in AI systems and determining how to combine AI as support for human decision-making [NDMA-2, Table 4.32].

Table 4.32: Results about AI/ML

Interviewee	App.	Quote
NDMA-1	P-88	I believe the biggest obstacle here is not the technology itself but rather control and trust. It's about how much the defense organization will trust AI to select what is most important for a district or area or what the commander is interested in.
NDMA-1	P-92	With the help of machine learning or other techniques, decision support can be provided. Perhaps AI will assist and suggest, "I think you would like to see this screen now."
HVS	R-65	Until we can harness big data or use machine learning to assist humans, it has limited value to receive 1000 video feeds for a single analyst.
NDMA-2	Q-27	Then it becomes more of a luxury problem: how much data and video should you take in? How do you handle it? [...] Perhaps not everyone can send [...] you may need to grant permission for someone to send a video, for example. Or you remotely control it, and only that sensor that drone video is sent to the BMS system [...] Technology makes it possible, in my opinion. The next step is to determine how to manage the flow of information. Is it only the drone deployed on a mission or the one at the frontline who can activate the smart device?

4.5.3 Sensors

Some challenges associated with sensors are the exchange of sensor information and the placement and establishment. With the help of a wireless carrier, there will be much more flexibility and the ability to deploy sensors rapidly and independently, allowing for a more extensive overview and control of an area. This is impossible if one has to lay long fiber cables [User-1, E-10]. This relates closely to the challenge of sufficient self-protection around command posts [HVS, R-65]. Simple solutions such as video cameras or thermal sensors can provide much at a lower level.

At a higher level, one of the needs identified by FFI is the development of applications and tools to connect multiple sensors. There are few available off-the-shelf solutions for sensor networks, and many suppliers operate in their proprietary environments that require their equipment [FFI, S-5]. Many communication carriers, power, control, and data exchange issues must be resolved. They have looked at some of the initial steps by creating a standardized architecture that enables the integration of multiple sensors into a unified solution. This provides the ability to receive information and control various sensors from different suppliers. It must include information about the sensor, language, and operation. Collecting data from multiple sensors and having them in one system on secure platforms used by the NAF opens up possibilities to do more with the data, combine it, and put it into a larger context. For example, combining multiple detections for cross-referencing and positioning or fusion of data to understand that it pertains to the same object. This can create more value at a higher level and potentially prevent information overload [FFI, S-5/12/14/39].

The current solution enables this, and there is further development towards simplifying and automating the setup [FFI, S-21]. Additionally, the systems must be secured so remotely operated sensors can be used in secure environments [FFI, S-42].

Video One of the sensor capabilities mentioned by several sources is the ability to capture video. In general, this can significantly enhance the situational awareness of individuals located elsewhere. There are various video feeds, ranging from simple solutions such as mobile cameras to voice-controlled systems and drones. The importance of video is underscored by FFI, as even if a detection is made using an acoustic sensor or any other means, visual confirmation is often desired, necessitating the use of a camera [FFI, S-88]. However, combining sensors allows for the activation of power-intensive sensors, such as video, only during events of interest. This can be further improved through the increased use of AI on end-user devices. For example, differentiating between cars, humans, and soldiers [NDMA-2, Q-29].

Another critical aspect of the video is its accessibility and sharing ability. A drone pilot may have a video of the enemy's position. Still, they may only be able to provide grid coordinates or describe it verbally to those who enter the area [User-4, H-52]. This limitation is due to the lack of suitable carriers and systems. One solution is storing the videos on a media server on available servers or computers that can forward the data to other media servers. A BMS program then offers a user interface to view streams, rewind, or extract clips. Since the videos are stored as IP videos, it should, in principle, be straightforward to share them further [FFI, S-28/33]. One of the challenges is that the defense sector may not be mature enough to process and access the data. Questions arise regarding who should have access rights to the intelligence [FFI, Table 4.34].

Property/result	Comment
Acoustic sensors	The advantage of acoustic sensors is that they are passive and do not emit an electromagnetic signature but have a shorter range.
Radars	Have the potential for an extensive range, but they emit signals and can be detected and tracked.
EO/IR and RF sensors	increased situational awareness and detection
Binoculars	Issued binoculars with 5G integration
Signal intelligence	Discover activity in the electromagnetic spectrum
Shot detection	positioning and identification of shooters' weapon based on multiple microphones, add-in on a BMS system
IOT sensors	Multiple IOT sensors dropped in an area to detect movement, heavy vehicle impact on grounds

Table 4.33: Other types of sensors that may be used

Other types of sensors Many sensors may be used in the NAF. Some can provide indirect intelligence about environmental conditions like water level, humidity, etc. Some sensors may assist in navigation, communication, or target acquisition. In general, there were a lot of propositions of sensors and appliances in the interviews. Some examples were mentioned many times by multiple participants. After refining and combining the suggestions in those conversations, a list is displayed in Table 4.33.

Potential use cases for these sensors will be to increase the situational awareness in an area for the user, to transmit that understanding to someone else, or to connect it with an effector to use, e.g., anti-drone systems. It is also important to ensure the use of sensors. Being able to control or move them remotely is a huge advantage, as it may be difficult to ensure correct positioning.

Table 4.34: Results about sensors

Interviewee	App.	Quote
User-3	G-32	In an application, you can detect the drone, select to view its image feed, and if you are within direct range, communicate directly with it.

FFI	S-28	So the video is streamed to a server, and anyone can receive that video stream from there. It's an IP video. [...] a person can subscribe to the same video streams elsewhere. So it's possible, but then I think you come down to the fact that the military is not mature enough[...] Sending too much data up the structure without proper processing can be risky. It is important to ensure the data is appropriately handled and analyzed before being transmitted to higher levels.
PLMN-4	M-55	Currently, it is represented as a blue dot on a NORBMS screen, and you can access it. However, in the future, I believe the most important sensor will be the soldier. You can equip a soldier who can act as a sensor. It's just a matter of where you place the processing.
User-1	E-42	Yes, you don't necessarily have to rely on flying drones for this. It could be drones on tracks that move around.
FFI	S-12	Here, acoustic sensors detect a vehicle. Then we have a radar represented by the yellow popcorn moving where the radar has detected the vehicle. Eventually, you will see the vehicle on the video

4.5.4 Discussion/Summary of various technologies

This section discusses the different technological possibilities mentioned above. Results of this discussion are displayed in Table 4.35.

Satellites are a valuable resource for connection when other terrestrial opportunities are unavailable. Unfortunately, some satellite systems have proven to be exposed to jamming in Ukraine. Close-range satellites like Starlink may be more challenging to jam but may still be tracked and targeted. Relying solely on one solution is a weakness. Compared to the use of dedicated terminals, a significant advantage of satellite development is the potential to obtain cellular connectivity via satellites or have devices with both cellular and satellite connectivity. This provides an additional means of connectivity without the need for extra equipment. With further development and reduction in cost, It may be a cost-efficient way to establish extra capabilities if there is no terrestrial coverage. One of the keys to success in dealing with EW lies in having multiple options and making it as challenging as possible for adversaries, and satellites have a role to play.

AI will play a significant role as we establish extensive reporting networks and collect large amounts of data. Cellular technology enables communication with

increasing entities, sharing more information, and facilitates closer integration of information gathering, including civilian sources. This will generate substantial data, including video and images, that must be verified, categorized, and interpreted. We would probably need to rely on AI as a support to make decisions and help us identify what is crucial. At a higher level, AI is the only solution for handling such vast amounts of data. However, it is essential not to delay leveraging sensor capabilities at lower levels, as even without AI support, they can have a significant impact.

Defining different integration levels and implementation solutions to discuss sensors is helpful. These can be called value levels, where each level adds more value.

The first level is achieved when we can effectively use sensors at a lower level for those who deploy them. This means that command centers or troops can access multiple sensors contributing to better mission execution and situational awareness in their area, such as integrated cameras or drones on their C2IS. Incorporating various types of sensors from different brands in one system, with one kind of communication, will be necessary for increased simplification and ease of use. It should be possible to share the video feed with others manually.

The next step is to make this local sensor network smarter. This can be achieved by using AI to analyze videos, microphones, or acoustic sensors that automatically detect drones, for example. Ideally, there should also be local capability for countermeasures. However, the primary focus is on local processing and usage within the system, often with sensor fusion between different types of sensors.

Eventually, it will be possible to connect even more sensors from different troops and units at a higher level. With centralized AI implementation, it becomes possible to identify correlations between multiple video feeds and facilitate broader developments. For instance, If a drone is nearby, one can seamlessly access its video stream by simply selecting it.

Establishing the mentioned value levels presents several challenges. However, investing some effort in creating solutions to implement and utilize at Level 1 is sensible before completing all three levels. I believe this is important because we can see from Ukraine that high-level intelligence doesn't always determine the outcome locally. Access to drones that locate the enemy, launch grenades, or provide imagery to armored units is crucial for those on the front lines. Tools for achieving local victories can be as necessary as contributions to the strategic picture. There are many challenges related to power supply, security, and more. Still, these may be solved through simple solutions like using power banks or having standalone computers that connect all the sensors.

Incorporating a wide range of sensor types will be necessary. Proper utilization

Property/result	Comment
AI	An important tool for analyzing large amounts of data and identifying correlations.
AI	Used as support in decision-making, monitoring, and interpreting information from various sensors.
Satellites	Used as an additional carrier, but awareness of their characteristics and vulnerability to interference and jamming
Sensors	Incrementally adopting sensors that will be valuable at multiple levels.
Sensors	Continuously develop from low-level use to enabling a higher level value. Have a long-term goal of a unified sensor network

Table 4.35: Summary of other technologies, section 4.5

can save power and provide better imagery than relying on just a few sensors. It is essential to recognize the value of each sensor and connect them to specific use cases. For example, microphones for detecting enemy gunfire will be necessary for both armored units and command centers. Still, the former may need them mounted on their vehicles, while the latter may need them deployed outside their defensive positions.

One of the things that seems to be a focus is the idea of a unified and flat sensor network. This is indeed a significant development that can provide many opportunities. One of the advantages of 5G is that it can serve as the facilitator for such a network, enabling communication between all platforms and meeting the capacity requirements. Connecting them would be incredibly easy if 5G integration is implemented directly into the sensors. Of course, there are considerations regarding intelligence sharing, access control, and similar factors. However, I don't see any specific challenges in allowing devices operating in the same area to connect, and access shared drone imagery and vehicle camera feeds. It's important to differentiate between the tactical use of sensors and strategic intelligence operations. Those operating at platoon, company, and battalion levels need direct access to information without excessive intermediaries and processing. Processed and fused data can be further analyzed and interpreted later.

4.6 Recommendations and solutions

This subsection presents some of the participants' overall views on the usage and implementation of cellular technology and how it can be combined with existing radios.

4.6.1 Overall use of cellular networks

A visionary concept is that 5G has the potential to replace most other communication devices. It could become the primary carrier for data, enabling voice and traditional push-to-talk applications through its dedicated applications. This shift would significantly transform the existing paradigm, with military radios being used as alternatives or contingency options in communication plans [HVS,R-6]. Such cost-effective solutions could provide broader access to BMS platforms. In general, the organic improvement of using 5G instead of older cellular technology will improve hardware overall. It will enhance coverage, better capacity, and the security level [NDMA-1,P-29].

Beyond serving as a primary carrier and facilitating increased communication, several participants highlighted the true potential of 5G lies in enhanced situational awareness. The aim is to acquire a comprehensive overview, bringing sensor data and situational updates to the command center for decision-making and subsequent order dissemination. Effective distribution of information to end-users, potentially through wearable devices with built-in displays. More data, including video, is expected to be shared across geographically dispersed areas, and 5G is the only viable carrier capable of facilitating such requirements. While automation and remote control solutions are also important, they are not the primary focus [Equipment provider-1, N-31/55].

For the defense sector, one of the key priorities is the availability of a high-capacity network that enables the deployment of numerous sensors with reliable and robust bandwidth connectivity. The emphasis is on creating a network infrastructure that can support the proliferation of sensor technology [PLMN-3, L-14].

An important recommendation for the final solution is not necessarily to focus on a specific implementation but to ensure sufficient versatility and flexibility. It is crucial to have adaptable solutions that effectively leverage available resources [NDMA-1, Table 4.36].

Table 4.36: General recommendations for use of 5G

Interviewee	App.	Quote
-------------	------	-------

HVS	R-6	We want the connection to the TKI to become extremely flexible, achieved through user equipment equipped with 5G and software encryption.
Equipment provider-1	N-55	The goal is to achieve situational understanding and secure communication, enabled by high bandwidth for transmitting quality data and video. With multiple sources in a geographical area, 5G is the only viable solution.
PLMN-3	14	What the defense sector seeks is a high-capacity data network capable of serving all communication needs, with a significant focus on sensor technology. This helps minimize the number of personnel required to cover an area when deploying sensors with reliable and robust bandwidth connectivity.
NDMA-1	P-39	Utilize a solution like Picostar or its variant that can connect to any available infrastructure, such as the FKI or fiber point. If neither is available, leverage satellite communication or extended macro coverage. No dedicated core or SIM card is needed, only macro coverage, offering excellent flexibility.
PLMN-4	M-18	5G networks provide reachback capabilities even during movement, which is a new aspect in a military context. By utilizing the military slice of the mobile network as a carrier, there is much greater flexibility.

In addition to the main use of cellular networks, some special cases are suggested by the participants. One mentioned application uses 5G to establish wireless CPs. Achieved by having 5G modems in the computers and setting up a local base station in the CP [Table 4.37].

Another potential use case is using drones as relays to extend radio coverage. While larger fixed-wing drones may be necessary, this capability could quickly provide coverage in areas without existing infrastructure [Table 4.37].

Table 4.37: Recommendations and results for various Use Cases

Interviewee	App.	Quote
User-4	H-11	You could just cover 500 meters to set up the wireless command center, create a bubble, and then deploy PCs with 5G modems inside.

User-3	G-12	In a command center, you establish a base station that provides coverage. People can connect wirelessly instead of running cables between containers and tents.
HVS	R-24/26	We should have the option of elevated relays. The biggest problem right now is that there is no such equipment. Either we need to increase the drone's size, or we have to wait until 5G has equipment that is small enough to fit in a drone [...] It may be necessary to use larger fixed-wing gasoline-powered platforms for this purpose.

4.6.2 Use of existing infrastructure

One of the key considerations for the defense sector is to leverage existing infrastructure to simplify and reduce costs. With macro coverage in Norway provided by three different operators, robust and flexible network connectivity has great opportunities. These networks have high uptime and cover a significant percentage of Norway's territory, making them reliable unless actively sabotaged. Additional reinforcements, such as transmission lines through Sweden and Finland, requirements for municipal preparedness, and robust bomb-proof rooms enhance security. Collaboration between the defense sector and commercial operators can facilitate extending network coverage to areas where commercial expansion may not be economically viable [User-4, Table 4.38]. It is natural for such collaborations to involve agreements on the placement of sites to ensure they meet the defense sector's requirements. However, some participants claim that there will not be any expansion that will enable robust enough coverage of the whole Norwegian territory [HVS, Table 4.38]. In addition to covering the whole Norwegian territory, challenges arise when adversaries actively attempt to disrupt the network. In such cases, solutions for network expansion and restoration are necessary. Nevertheless, these requirements are likely limited to specific areas, and massive capacities are unnecessary everywhere [NDMA-2, Table 4.38].

Table 4.38: Results about use of infrastructure

Interviewee	App.	Quote
-------------	------	-------

NDMA-1	P-60	First and foremost, we will utilize the already available networks today. [...] They are largely independent, providing excellent robustness if we can use all of them. If there's a road, we use the road. If there's a bridge, we use the bridge. But if the bridge has disappeared due to a natural disaster or deliberate action, then we must have the capability to construct our own bridge. We will follow the same principle here. We will use the existing networks and extend and reinforce them if needed.
User-4	H-6	At the same time, Team 5G aims to expand the macro network where the defense sector has a need, even in locations where it may not be commercially viable. When 5G takes over for emergency networks, it will also provide better coverage in certain locations, financed by that project.
HVS	R-32	We can begin to demand the number of sites we should have in Norway, or where the defense sector requires geographical autonomy. For example, subscriber information for all users north of Trondheim should be there, there, there, and replicated, even in the event of fiber breaks.
HVS	R-14	There's no doubt that private 5G networks are definitely something of interest because the coverage will not be sufficient, even if it becomes better.

4.6.3 Supplementation of radios

Various radios and technologies are available in the NAF and other parts of the community. What differentiates them from cellular technology is that it is an open standard that can interoperate with different radios, systems, and sensors. This interoperability enables communication with civilian devices and may simplify coordination and interconnection. The combination of different radios, along with fiber and satellite capabilities, presents numerous possibilities [NDMA-1, Table 4.39]. In situations with uncertainty and active sabotage, having a wide range of options is crucial.

One example of the radios within the NAF is the FKI. The FKI, in some areas, offers greater robustness than mobile networks and can be effectively combined with 5G [User-4, Table 4.39]. For instance, FKI can be used as a carrier for commercial cellular technology, allowing the establishment of 5G coverage from mountaintops by leveraging the FKI's infrastructure. Combining 5G with FKI can provide widespread and more robust 5G coverage while utilizing the network as backhaul. Using suitable frequencies at BSs, a few stations can cover large areas [Table 4.39].

Similarly, 5G can be combined with radio link radios SHFs in the TKI. The TKI can serve as backhaul and reach back to a server or network, enabling the deployment of 5G from tactical nodes or the macro network. This may both act as a method to connect multiple CPs with only one radio or enable communication between platoons and their CP. One of the advantages is that it better aligns itself and simplifies connecting to several entities. With further development of 5G, including IAB capabilities, it is possible that 5G could replace radio link shoots in the TKI [Table 4.39].

Table 4.39: Results about supplementation of Radios

Interviewee	App.	Quote
NDMA-2	Q-9	So, it's not like I see us replacing the FKI, but we can utilize both [...] in the future, we could provide 5G coverage from mountaintops.
User-4	H-34	We are slightly more robust today because of fiber and radio link connections [...] Maybe we should have 5G base stations at our radio link stations to provide coverage in certain areas.
User-4	H-22	We can deliver 5G instead of coming in and disrupting their coverage. We know that there are people within a 40-kilometer radius, but we don't know who or where. It's completely different from how we deliver today.
PLMN-4	M-6	You can imagine that 5G could replace the point-to-point communications in the future. Instead of having point-to-point communications, the defense forces could use tactical or commercial 5G, so you just need to turn on the equipment, and you're connected.
User-4	H-24	The TKI can also be used as reach back and provide 5G in areas where 5G coverage is currently unavailable.
NDMA-2	Q-49	If you can utilize both ground-based and private networks and, in the worst-case scenario, take a satellite hop, there are quite a few possibilities. We are interested in these possibilities, even though we don't know which ones will prevail.

4.6.4 Discussion/Summary of general solutions and recommendations

Some of the most important thoughts of this section are displayed in Table 4.40. The primary goal of introducing 5G and cellular technology is to have access to a high-capacity carrier that is simple, cost-effective and can integrate with other equipment. This has several benefits. One is the ability to connect multiple sensors in a network to create a better decision-making foundation. This can also be achieved by sharing sensor data or other information, such as video. Distinguishing from other radios, 5G is built on a flat structure, making reaching and sharing information with others easier.

Since 5G is more of a system, it is essential to consider how to achieve coverage and connectivity in the best possible way. It appears that utilizing commercial infrastructure and having the ability to expand it on demand is the desired solution. If there are sufficient secured facilities with duplication of critical information, as well as opportunities to expand coverage through various solutions such as picostar, satellite, fiber, and radio links like FKI and TKI, there are many possibilities. It is crucial to have good agreements with operators regarding the use of frequencies and their responsibilities. Based on the results in section 4.2 the cooperation between military forces and other contractors may be challenging. Therefore it is important that any collaboration is something that is trained, verified, and consists of mutual trust. Otherwise, the NAF will probably be insisting on having the capabilities themselves. The consequence of that may be a more expensive, smaller, and less robust system.

Once the fundamental needs of establishing a robust network with good connections have been met, it becomes easy to build upon and incorporate the use of drones, wireless command centers, and other possibilities that we may not even be aware of today but that will be enabled with the use of a cellular network.

Property/result	Comment
Overall goal	High bandwidth carrier, better situational awareness through increased information sharing and sensors
Coverage	Use infrastructure, enable expansion and creative connection possibilities
Possibilities	Leverage possibilities in 5G for further functionality and growth
Expanding coverage opt.1	Private networks, maximize the number of antennas, minimize the number of cores
Expanding coverage opt.2	Robust infrastructure and flexible backhaul possibilities

Table 4.40: Summary of recommendations and proposed solutions, section 4.6

4.7 Answering research questions

This chapter is based on the results and provides answers to the research questions that were defined in section 1.6.

4.7.1 Research question 1

"What needs does the NAF have that 5G may help improve? Also relating to improving their situational awareness?"

The different needs and general ideas that are described here are based on answers from multiple of the previous sections. Ranging from section 4.1, section 4.2, section 4.3, and some of the overall ideas for use in section 4.6.

The main need for the NAF is the flexible, robust, and simple access to a high-speed radio network that enables sharing of vast amounts of data. The information should be shared locally between units and with other units situated further back. In total, this network should enhance the forces' situational awareness through the improved exchange of information, enhanced and simplified communication, and increased use of easily integrated sensors. In total, this should enable the possibility of exchanging relevant information that may contribute to a better situational understanding.

First of all, the information sharing between units that are far away from each other needs to be increased. Better situational awareness in a CP may lead to better support, coordination, and better mission execution. One of these methods for sharing information is through the BMS. Most in the NAF uses this system; therefore, multiple types of information can be integrated and transferred in the same system. It needs to have better possibilities for updates and adaptive filtering, enabling a high level of detail knowledge and overview settings that ensure the users aren't overloaded. It also means that sensor information, videos, and images from cameras or drones should be included and accessible from within the system. Another possibility for increasing situational awareness is reaching and communicating with, either by voice or video, whomever you desire at the desired time. This may be a group call, a 1-1 conversation, or a platoon leader talking to its commanders in a CP. A flat structure in 5G makes it easier to share information with all or multiple selected users simultaneously. Comparing to MRR as it distinguishes into several networks at the same geographical area by use of different frequencies. It is also an important enhancement in bandwidth capabilities, enabling the amount of data being shared.

Secondly, the NAF should increase the deployment of sensors. This is one of the

problems discussed in section 4.1 where local protection of units isn't good enough. This can involve many different kinds of sensors, as will be discussed in RQ3. The advantage of using 5G for deploying sensors is the wireless connection that enables a standard integration between multiple producers and integration into one system. It also provides the ability to use either the macro network or a temporarily established 5G network. This enables the placement of sensors BLOS or further away than enabled by normal sensor ranges. Since cellular technology also is widespread, user components are cheap and easily accessible, making it possible to provide low-cost sensors. This correlates well with results in section 4.2 highlighting the importance of finding cost-efficient solutions and equipment.

The ability to communicate directly with other personnel, either by voice or message, is also a great enhancement. As it is now, getting hold of one specific person at a required time might be challenging if one is restricted to using MRR or other military radios. There is a multitude of challenges, the person has synchronized to the wrong network, didn't receive an updated network plan, a relay is compromised, leading to separated networks, the person is out of coverage, he doesn't have a radio close by, the network is occupied, or it is challenging to interpret some messages and grasp that someone is trying to contact him. All of these challenges are more easily met with the use of cellular technology. If you need to reach someone today, you just send them a message or call them cause they always carry their phone with them. Direct voice or video communication is also an option that would enhance situational awareness and cooperation, as it is possible to communicate faster, more direct, and for a longer time than on a shared network.

Considering the principles for implementation outlined in section 4.2 there are requirements for cost-effective deployment to ensure that the dissemination of equipment aligns with the actual needs. Whichever solution may be chosen, it is important enabling the technical and general demands stated in section 4.3; some of the more critical ones are robustness, simplicity, security, coverage, and bandwidth. There are some challenges in cellular technology to meet all those demands, but it will certainly be possible to meet some better than today's network solutions.

4.7.2 Research question 2

"Which properties and implementations of 5G are relevant for usage in the NAF? The focus will be on properties related to the objective of increasing situational awareness in the given scenarios "

The answer to this question is based on the different needs discovered concerning RQ1. Taking those needs and comparing them with the possibilities in 5G, discovered and discussed in section 4.4. 5G has several properties to increase situational aware-

ness in the NAF. The massive bandwidth, possibility for low latency, possibility for positioning information, and ability to connect many units within an area contribute to sharing a lot of data and gaining better situational awareness. It can be achieved by deploying many sensors, remote control of UAVs, increased information exchange in C2IS applications, use of voice applications, and providing a robust network for C2IS systems. To ensure these opportunities, discussing how to ensure a robust, flexible, and efficient use of 5G networks is essential.

The 5G technology consists of many elements. First of all, the NAF must enable secure, flexible, seamless, and good use of all 3 networks provided by the PLMN operators. This is because the networks cover such large areas that it would not make sense to try and replace them. This is because the NAF have relevant missions in all areas of Norway, even though some areas may be more critical. Protection of big cities, strategic objects, and critical infrastructure is still important regardless of the position of the frontline. Thereby making it increasingly important to utilize what is already there. It is important to implement slicing for increased security and the possibility of providing dedicated services to the users. To maintain the solutions' robustness, it is crucial to strengthen the ability to connect. This can be done in several ways. First, by expanding the macro network with picocells, radio links like FKI and SHF, satellite connections, or other creative methods to provide a backhaul connection. Expanding network connections requires less equipment as the cores remain centralized. However, it involves some complexity in using frequencies, such as not interfering with the PLMN providers' networks. Because of the simplicity, this may be the preferred method. For example, as in scenario 1, a deployed platoon heavily benefits from simple solutions and using the infrastructure as much as possible. In a scenario with the establishment of a limited backhaul connection, it may be required to have local edge computing with the UPF and access to other specialized services that compensate for a potential low backhaul bandwidth. Edge computing or short distance to the UPF will also be important for specific use cases like remote controlling. One of the challenges that need to be coordinated in this solution is the procedure and method for establishment. An alternative would be that the NAF can extend the macro coverage, using centralized cores, but restricting the access to approved NAF SIMcards. For increased independence and reduced risk of interference, it might also be wise to use NAF equipment and frequencies. The PLMN providers will probably not allow the NAF to extend networks on their frequencies. It is also much better that the NAF have this capacity in many different positions as a fast and simple method for reestablishing connections than being dependent on civilian cooperation. In that way, the flexibility and autonomy are increased, and the dependency on others, as mentioned in section 4.2, is decreased.

In addition to having a secure macro network and the possibility to expand it with its frequencies or with the assistance of PLMN operators, it is a need to

implement the possibilities given in private networks. Private networks should be implemented in a PNI-NPN configuration to ensure ease of use and flexibility. The need for private networks will mostly be in high-risk areas or units with a higher requirement for robustness or autonomy. It may be relevant to use if the units are in an area with a special vulnerable backhaul connection, where it is difficult to establish any backhauls or have a sizeable amount of data exchanged internally. A private network may be relevant for some platoons that operate highly individually or autonomously. This seems less relevant for most platoons within the BrigN structure. The most important thing for those platoons would be that someone has a core in their area to which they can connect. Different CP may find having a private core important for ensuring robust connection to sensors deployed around a CP. A private core could also provide several CPs with connections to reduce the number of cores and complexity.

Relating to the increased jamming of GNSS services, positioning and time synchronization via 5G is a field that may be interesting to the NAF. Increased accuracy in positioning of own forces is a great measure to increase own situational awareness. However, this will have more value in future 5G cellular deployments with increased accuracy and in-device calculations. This should be implemented as a supplement to using GNSS as both can be jammed. Positioning may be relevant for multiple use cases, depending on which overall solutions are implemented. UAV may use it to calculate its position while being remote-controlled or flying autonomously. Platoons may use it to supplement GNSS for navigation. In a CP outside of coverage, 1-2 antennas may be established and obtain the live position of all personnel in the area.

For connections to the networks, it should be defined possibilities for both eSIM and regular SIMcards. The eSIM is a more flexible approach but somewhat more dependent on infrastructure. Realistically this can be used in most settings, but many units might prefer to have the possibility of using SIMcards in cases where centralized services are unavailable and it is supposed to connect to private networks.

Another element in 5G is the opportunities in the radio interface with beamforming and active antennas. Multiple advantages are referred to in section 4.4, but this might help with increased connection and lower electromagnetic signature. One of the drawbacks is that better antennas are more expensive, so selection needs to be evaluated based on necessity. Also, some vehicles may have more challenges with adaptation and implementation that should be considered.

4.7.3 Research question 3

"What types of sensors are relevant to military use in the selected scenarios? Also, investigate if there are solutions for combining sensors and sharing information"

Answering RQ3 builds upon the conclusion in section 4.5. Generally, multiple sensors are relevant for military use. An extensive list is displayed in Table 4.33. Some of the most important tasks of sensors are providing information about something. In a military context, it often involves locating the enemy or their equipment. This can be done in several ways. The most obvious is using videos or imagery. They will give clear pictures and enables the identification, as mentioned as important by the FFI. Movement sensors or microphones that detect noise may also provide proficient results. These detect all types of movement and would therefore be favorable to use in settings far from others, where there will be few false positives. Several participants mentioned a system with multiple noise sensors where it is possible to identify the weapon and location of shots being fired. Several types of sensors increase visual detection. Amongst them are infrared or night visual binoculars. Several sensors can detect the movement of UAVs. Acoustic sensors have a short range but can be deployed close to CPs since they don't emit any electromagnetic signals. Further away, radars can be deployed to cover larger areas and protect multiple units from aerial threats. There are also several advantages of performing signal or electromagnetic detection. Signals can be triangulated to identify the location, type of units, and potentially the number of units. This also enables the possibility of jamming and negatively affecting an adversary from using its systems. In future developments, using the cellular network as a sensor may also become possible by integrating sensing capabilities in the BSs or using high-frequency waves for detection. It is also possible to combine several types of sensors. Microphones can be combined with cameras for early detection in front, further from the cameras' position. Then cameras can stay idle and only record when another sensor detects movement. Combining different sensors may also be important when there is a limited possibility of establishing sufficient coverage. Positioning a camera may be difficult to ensure it looks in the correct direction. Microphones detect noise at a wider angle and complement the camera, increasing possibilities for identification.

Sensors could either be operated manually or deployed as an independent unit. There are several advantages of deploying it on its own and connecting it through a network, for instance, the cellular. It enables positioning them further away than you would place regular soldiers and decreases the signature in many ways, reducing noise, fewer movements with rotations, and lower heat signature. The advantage of using simpler sensors versus advanced sensors with possibilities like great images and remote operations is the number of units one can acquire. The increased cost may not necessarily be worth the reduced number of sensors. As some participants mentioned, tests performed with a simple phone connected to a power bank could provide good enough results. FFI mentioned the need for details and accuracy in positioning. This may sometimes be the case, but for many units, it may be more important to acquire multiple sensors and be able to leave them or lose them. When selecting sensors, it is important to weigh several properties. Among those will be

the price, simplicity in use, if they are required to be hidden, battery lifetime, if they will provide sufficient information, and how and where to place them. Overall multiple solutions need to be weighted based on the requirements set by the operator in the given scenario.

Combining and sharing sensor information is a challenging field that, to some degree, needs to be adapted to the NAF needs. Most sensor systems have their solutions for communicating with control systems. The solution that FFI has developed and integrated with the existing BMS system is a good beginning but will need some further development. There are some challenges related to security and simplicity in configuration. Using an open standard like cellular technology will make accessing and connecting several components easier. In the future, sensors may come with cellular integrations as the technology develops and increases its traction. It is also challenging with maturity in the NAF. How should this be shared, who can access it, and who should analyze it? This may also differ in many scenarios. Sometimes the information should be available for the whole platoon or company in that area. Other times the information may be even more sensitive, and access should be more restricted. These problems will probably vary as the use of sensors develops and the system is enhanced. As mentioned in section 4.5, there are several different levels of value. To fully obtain the value of the information provided by the sensors, there is a need to develop sensor fusion services that combine multiple sensors and enables a better understanding. Using AI will be important for handling and analyzing vast data. AI solutions should be implemented to digest information. Handling, filtering, and interpreting the data can create a higher level of understanding and support the decision-makers with the best possible picture. The fundamental possibilities of using AI exist, but developing models, training them, and integrating them into relevant systems is a task that is still to be done.

Chapter 5

Discussion

The previous chapters have presented theoretical knowledge, gathered users' perspectives and thoughts on these theories, and how they can be implemented and used in the NAF. Many of their thoughts have already been discussed in the summaries in each result section. The discussion will delve into the objectives and present discussions and solutions for each of them. Subsequently, it will analyze and provide an overall conclusion to the main objective and address the different elements defined in the task statement.

5.1 Objectives

5.1.1 Objective 1

Make a high-level comparison of selected military radios within selected properties and compare them to 5G properties, furthermore, evaluate what tasks, which scenarios, and how they may replace or supplement one another.

This thesis describes several radios in the NAF at several stages. It has been presented in the background section 2.2, mentioned and compared in various parts of the results, especially in the comparison of how cellular technology can be used to supplement other radios in section 4.6.

As Table 5.1 shows, there is a distinct difference between the two military radios. The selected military radios can be divided into two categories. The first is the user-near broadcast, VHF radio, MRR. The other is the 1-1 connection radio-link SHF radio. 5G has properties that align it in the middle of these two radios. Firstly 5G operates on a higher frequency than MRR. It is also more flexible than SHF, spanning a much larger frequency range. Cellular technology can be adapted using a radio with distinguished frequencies with the preferred range and bandwidth properties. Naturally, the bandwidth correlates to the used frequency, and thereby SHF and 5G

Property	5G	Radio link	MRR/VHF
Frequency	450MHz-26 GHz	4.4 -5 GHz	30-80 MHz
Bandwidth	10 Mbps- 10 Gbps	Up to 100Mbps	64 kbps
Used for	Data	Data	Mostly voice, some data
Users	Flexible	1-1	Broadcast
Coverage	Flexible -> 50 km	60-100 Km	20-50 Km
Robust signal	Depending on frequency	require LOS	Some reflection and obstacles possible
Requirements	System andBSs	W/Core Direct radio	Direct radio and relays

Table 5.1: High level comparison of selected radios and 5G

are the only ones with substantial bandwidth. 5G has the potential to be adapted to the need to a larger degree than SHF, but notably, it has a much higher capacity with the use of higher frequencies. Neither radio link nor 5G uses voice directly but enables data transportation for voice applications. One of the advantages is that it enables multiple transmissions and conversations on the same radio, where MRR only allows for one conversation at each channel. Cellular technology may have a small drawback regarding range compared to the two others when using higher frequencies. The advantage is, however, that it already has a largely deployed network, ensuring that distance, in many cases, will be short. MRR and low frequencies in 5G use reflection and have the ability to penetrate obstacles. However, the high frequencies of cellular technology and SHF require LOS. All radios require some coordination and planning. MRR is a proprietary system that needs to be configured with the correct networks and is not flexible to rapid changes. It is also necessary to plan and establish network plans that address interference when used as relays. It can, however, easily be configured to deploy local networks in an area and enable direct communication between devices. Complexity is low but requires the user to make manual changes and control settings. SHF only connects a few users and requires planning in the use of frequencies and channels. 5G is the easiest for the users since much of the complexity is placed in the core networks and at the BSs. This ensures simplicity for users but creates a dependency on other units and the overall setup of the larger system. If the network doesn't work, users probably can't do anything to fix it or find mitigating solutions.

5G can be tweaked and customized to a certain extent, allowing it to partially

address the requirements of both MRR and SHF. However, the downside of 5G is primarily its more complex nature, which complicates the planning process. Nevertheless, it simplifies the user experience through automatic connections and low complexity. Two key attributes of 5G is its ability to connect to multiple devices with relatively high bandwidth, thus complementing the limitations of MRR. Additionally, 5G facilitates mobility and simplicity with network changes without user interaction. Compared to SHF, 5G enables one-to-many connections, streamlining and optimizing network deployment. Furthermore, it offers flexibility in terms of frequency selection, allowing for higher bandwidth capabilities.

In addition, 5G could also be compared to satellite services. Satellite services may also provide flexible connections, good coverage, multiple user connections, and high bandwidths. Important considerations are the robustness, regarding available bandwidth and the number of accessible satellites. Traditional satellite services may be vulnerable to jamming, but innovative use of low-orbit satellites, like Star Link, may improve its robustness. One of the downsides is the need for designated terminals, there are few providers, and it is difficult to guarantee any QoS. Also, it requires two units fairly close to each other to communicate through a satellite instead of directly.

5G could be the preferred method for connecting multiple users and enabling access to a high-bandwidth network. If the network is functional and properly deployed, 5G may replace MRR in all circumstances. Having several options is important in the NAF and MRR, which should be kept as redundancy as it enables direct communication between units and at long ranges. The advantages of using 5G are the simplicity for the users and the fact that they can share more data. A challenge is that it only carries data and needs to be combined with appropriate applications and software. For CPs, 5G can be used to integrate local sensors and communicate with platoons or other CPs. It allows for a greater and more reliable data exchange between C2IS and the reception of live feeds from platoons. All of these components contribute to enhancing situational awareness. The platoons may use 5G to communicate inside the platoons by sharing live feeds from UAVs, sharing target and enemy movements, or having voice applications. Using one shared network instead of many different channels, such as in MRR, makes integrating new units and sharing information easier. 5G also enables the possibility of accessing centralized services, enabling platoons to use more bandwidth-demanding services.

5G may also replaces SHF in many scenarios. Using 5G to connect several CPs allows enhanced bandwidth, less establishment as substantial cellular infrastructure already exists, and improved access to services like remote controlling, centralized positioning, or shot identification and triangulation. For platoons, 5G will be more accessible than SHF radios, enabling more units increased possibilities. One of the

ways the radios can complement each other is by using SHF or other radio-link radios to deploy cellular antennas connecting them to BBUs or using it as a backhaul connection to centralized cores.

5G has some clear disadvantages with the system requirement and equipment. However, it has some clear advantages in the increased bandwidth, simplicity of users, decreased cost of user equipment, and ability to connect multiple users and equipment. Using various frequencies, especially high frequencies, may provide increased robustness toward jamming. In addition, the established infrastructure enables many possibilities for connectivity that should be utilized if accessible.

5.1.2 Objective 2

Evaluate, on a high level, what type of sensors are required in the selected scenarios to increase their situational awareness. Evaluate how and if these sensors can be connected and transfer data with available technology and protocols in a relevant military scenario, 5G or others

Answering this objective build upon the information gathered and discussed in section 4.5 and subsection 4.7.3. This section will present possible solutions and utilizations in general and the chosen scenarios.

Connection and transfer of data There are several possible solutions regarding the interconnectivity and transmission of data. Satellites could be a potential. Currently, most low-orbit satellite solutions require a designated terminal. Access to terminals will reduce the number of sensors that can be deployed and used. The bandwidth in such solutions will also be less than in a cellular network. In addition, it will have less opportunity to ensure desired QoS-levels. The biggest advantage of using satellites may be the flexibility, and that one doesn't need access to terrestrial infrastructure. Most sensors have some designated communication protocol. The challenge is the restricted distance they have. It is also a challenge that multiple companies may have different protocols and equipment, leading to more complexity and logistics.

5G may be considered one of the better ways to connect sensors for transmitting the volume of data required in the envisioned scenarios. One advantage of 5G is that it is an open technology that can work across different vendors and be integrated into a unified system. The most straightforward approach is if the sensor itself supports 5G. The solution created by FFI is discussed in subsection 4.7.3 and concludes that there still is some work to be done, but that integration of multiple sensors into one system and one communication protocol is possible and desirable for future solutions.

Sensors Regarding the type of sensors, many options can be relevant in both

scenarios. The relevance of specific sensors may also vary depending on the nature of different command posts and troop types. Therefore, there will always be room for discussion and adaptations. Several pertinent sensors were discussed in section 4.5 and subsection 4.7.3. This section will further see how they can be incorporated into the scenarios.

Some of the important factors to consider in the choice of sensors are:

- What need does one desire to solve?
- What types, how many, and how advanced sensors are required to solve the needs?
- How should they be placed, monitored, and maintained?

By carefully analyzing the requirements, one might end up with a different solution than initially envisioned. Being conscious of the interconnection between price, the number of sensors, and their sophistication enables making adjustments that align the sensor selection with how the user intends to utilize them.

Overall solutions Both scenarios would benefit from using **Radars** to stay safe from enemy UAVs, but at the same time having the desire to maintain a low electromagnetic signature. This can be provided through the use of centralized radars connected to effectors. These units will remain highly mobile and able to detect and destroy UAVs in many areas. If these units contain radars and effectors on the same platform, they might not benefit too much from using 5G since the data can be transported through wired connections. However, if the functions are split into different locations or vehicles, 5G will enable a large bandwidth, reliable communication, and a simple and efficient deployment at new locations. The information flow must be fast and low latency to protect the units before the threats manages to engage them.

Overall, using **signal intelligence**, either by placing electromagnetic sensors or using the cellular networks as a sensor, may provide increased information about enemy forces. Deploying several of these sensors may be required to provide sufficient triangulation. To reduce the amount of personnel needed, the units should require as little human interaction as possible. This goes for the placement, but most of all, for the continuous operation. After the sensors are activated, they should communicate wirelessly toward a hub that can analyze and use the data. This work should be supported by using AI. The sensors might have to be placed close to enemy forces to get sufficient information. Naturally, that would increase the risk of retrieving the equipment. It would be favorable if the equipment were in a price range that could

be considered one-time use. They should also have enough power to operate for at least a few days.

IOT sensors may also be deployed in more extensive areas in front of their forces to help detect enemy movements. It could be done in many ways; measurements of vibrations in the ground, movement, pollution, or other sensors that activate cameras may be possible solutions. These sensors should also be considered a one-time use. Deploying the sensors remotely using possibilities like artillery or UAVs would be beneficial.

Concerning Scenario 1, a CP is pretty static, and getting good situational awareness in the close vicinity is crucial. Therefore the primary focus should be on increasing this. The needs of a CP in terms of self-protection should mainly protect against two elements. One threat involves attacks or attempts at infiltration, sabotage, or assaults by hostile forces. The other threat pertains to artillery, UAVs, or other effectors directed toward the target. To counter the risk of enemy soldiers attacking the CP, it is essential to maintain a close-range defense system capable of early detection of approaching units. Covering the entire area and achieving early warning is crucial to positioning everyone effectively. The advantage of employing mobile or adjustable cameras to monitor distant activities and confirm assumptions or identifications cannot be overlooked. However, the cost may present a significant limitation, considering the need for coverage in a vast area. Consequently, a cost-effective approach would prioritize more sophisticated solutions that combine cameras and audio in areas with an improved overview, areas vulnerable to attacks, or areas of high interest. For instance, elevated positions offering extensive observation and areas prone to vulnerability or likely to be exploited should be given priority. These locations should be relatively close to the CP or where manned surveillance is unfeasible, providing multiple sets of eyes. In addition, simpler sensors should be positioned further away, offering even earlier warnings and focusing attention on specific areas. The deployed microphones can also be employed for triangulation and capturing gunshot-related information. A crucial aspect is the ability to transmit video streams from sentry posts to the leadership in case of any incident. All positions and sensors should also have tools that improve visibility and observational capacities. This may be thermal vision, binoculars, or infrared cameras. The use of AI can support surveillance of the sensor data. Keeping track of own forces may also be a desire for CP leadership. Combining cheap devices and 5G may be used as a tool in cases where GPS services or equipment are unavailable.

The second vulnerability of command posts is indirect fire, UAVs, or other means to direct effectors toward the command post. To mitigate this threat, it is crucial to possess the capability to detect fire controllers or UAVs. These entities will not approach or directly target the command post but report on targets from a distance.

Therefore, controlling elevated positions and areas where these threats are likely to originate becomes essential. However, detecting them from long distances can be relatively complex. Deploying microphones or movement sensors on elevated positions using drones and patrolling between various probable locations with drones could be feasible. Naturally, these actions must be executed not to increase the likelihood of one's detection. The situation in Ukraine has demonstrated the increasing importance of UAVs in the role of fire controllers. Thus, sensors capable of swiftly detecting and countering drones become highly significant. In command posts, the most effective approach for this would be to employ acoustic sensors. While these sensors have a shorter range than radars, they do not emit corresponding electromagnetic signatures. Placing them slightly from the command post and covering different directions would be advantageous. Wireless integration, such as 5G, would favor rapid and easy deployment. Drones or UAVs may also be used by the CP for investigating something that happens, providing a better overview, or as a replacement for doing patrols. Using cellular networks, the drones may be sent further away and simplify sharing of the live feed image.

In Scenario 2, a platoon may have some of the exact requirements as a CP. The first use would be the same, to increase the ability to surveillance and control its close areas. They are not as static and move more often than a CP. Therefore it is advantageous if the sensors can be rapidly deployed and connected. Using 5G networks allows for quickly deploying several sensors without wiring. Connecting cameras already integrated into vehicles to a centralized watch station may also be possible, possibly with AI detection support. Some platoons may have to change location rapidly, and having cheap sensors that can be left behind may be advantageous. Placing multiple microphones at a distance from their positions may be favorable and give the possibility for early warnings. Platoons will also be under the same aerial threat as CPs. Having acoustic sensors and effectors would be of great value. However, they will also need this while being mobile and static. The equipment should therefore be mounted on vehicles and enabled to use while moving.

Some differences from a CP are the increased need for positioning information, rapid communication, and coordination as multiple units move simultaneously and several things happen. 5G may be used as a means of transportation for this information, and triangulation between multiple BS may also be used for positioning. Platoons may also have an increased desire to use sensors in offensive operations. Sharing either UAV feeds or videos from reconnaissance units may be of great value in preparations. As seen in Ukraine, drones have also been used on many occasions. Being able to remote control drones to provide an overview or engage targets directly may be a great possibility enabled by 5G. Some advantages of using 5G may be the difficulty of jamming the drones efficiently and the possibility of controlling them BLOS.

5.1.3 Objective 3

Propose and evaluate solutions to how the NAF may utilize 5G and sensors in the given scenarios

Based on the foundation laid so far, this section will mainly assess which solutions for 5G would be most suitable for general implementation in the NAF and specifically in the two scenarios. It essentially builds on the results in subsection 4.7.2. It will also be described how this can be used to introduce sensors, but will not be a repetition of the types of sensors proposed to each scenario, and as answered subsection 4.7.3.

General The first and most important step in utilizing 5G is using the infrastructure and improving robustness by establishing several regional edge sites with fully synchronized cores and specialized NAF services. The infrastructure should also be robustified with complementary fiber connections, for example, through neighboring countries and alternative means like satellites. When connecting to the infrastructure of either PLMN provider, the security should be enhanced by using dedicated military slices. Many security measures are discussed in subsection 4.7.2, but should always be considered and improved. This will decrease possibilities for isolation as well as enable the use of centralized server applications for units without servers. Most units still require a server to ensure autonomous operations and decrease vulnerability. In addition to regional edge sites, edge computing should be deployed for the UPF at several positions to ensure low latency in selected areas. This will enable latency-sensitive services in the NAF and secure operation of latency-sensitive applications. The UPF and other designated services or NFs should also be considered to be introduced within NAF elements to reduce the requirements for backhaul connections further. The services in the cellular network should be guaranteed by a standard delivery agreement providing sufficient QoS of selected KPI. It is complicated to set fixed values as the needs will vary from area to area and scenario to scenario. A CP that only use the network for data and voice services require far less than a CP that receives and analyses numerous video feeds. In many cases, the demand for bandwidth and other specific properties will certainly be more than what can be provided through existing communication solutions. Some of the most important KPIs are latency, Jitter, up-time of the network, and bandwidth. As the NAF can solve missions with today's communication solutions in networks with limited KPI values, the main interest would be to ensure access to a robust network.

As part of the agreement, there should also be agreements in the use of frequencies and deployment of BSs to ensure coverage and capacity. The NAF should cooperate with PLMN-providers to ensure good coverage in areas that are not economically substantial. Another measure is to leverage the FKI and provide 5G connections with the NAFs' own frequencies. Then the Cyber defense can flexibly connect multiple users with 5G instead of using radio links. Radio links can be used as backhaul

connections or a backup,¹ but this could provide all users with high broadband access instead of the few selected CPs. One of the advantages of 5G is the possibility of using beamforming properties. The use of more advanced antennas that obtain these qualities should be considered according to the scenario.

In addition to using the existing infrastructure, the NAF should obtain the possibility to expand the cellular network and ensure connectivity and operations. Several options have to be weighed in each scenario.

Option 1- Private networks with comprehensive coverage: This option involves using private networks in addition to the macro network. It presupposes that SIM cards can be used in both types of networks, a PNI-NPN solution. The private networks are in some of the CPs or designated locations. The private networks must be of the autonomous model, described in section 2.4, containing all network functions. The private networks are kept synchronized with all others to ensure updated information. It is necessary to enable synchronization between all private mil-networks to ensure SIM profiles are provisioned in all networks. As explained in section 4.4, private networks give local connectivity in an area. The private cores should be able to deploy six antennas per BBU to expand the coverage. The connection to the antennas could either be by using a radio link, fiber, or in the future, linking different BSs with the use of IAB. There is also a possibility to provide multiple private networks in an area, but this depends on the units in terms of requirements, competence, necessity, and if this would be technically possible. Too many private networks in an area may also lead to synchronization problems or users changing between the networks too frequently. Deploying antennas over great distances and using radio links as a backhaul will also complicate the solution and potentially decrease the maximum throughput possible.

Option 2- Picostars with flexible backhaul: Picostars uses the macro network services provided in network cores elsewhere and uses different connections to access its services. It would be favorable for the NAF to deploy its picostars and choose whether it should connect to private networks described in option one or centralized networks belonging to the PLMN providers. When using the picostars, it is essential to coordinate the use of frequencies. The NAF should primarily use their frequencies and don't deploy them if the macro network coverage is sufficient. The picostars should have several methods for establishing backhaul from radio links, wired internet, traditional satellites, low orbit satellites, or the FKI. Based on solutions from Ukraine, placing fiber cables in open ditches may also be a valid option. Since all data has to traverse back to the UPF in the core, this may not support large bandwidth or many users. Combining this solution with simplified edge computing containing the UPF and dedicated NAF services may be possible.

Scenario 1 CPs vary significantly in size, so there might not be a one-size-fits-all solution. One of the requirements that can be crucial in a command post is to have a robust and guaranteed service. For instance, the sensors that guard a position are pretty crucial. A dedicated core network would be the safest approach in such a setting. However, in areas where others provide this service and can guarantee accessible connectivity, this might not be as critical. Therefore, the operating context plays a significant role. As discussed earlier, the feasibility of everyone having a dedicated core network, both technically and in terms of cost, remains uncertain. Picostar solutions may also be feasible options. Then it may have the option of connecting to a private core or the macro network core. If there is poor coverage in an area, a directional 5G antenna may be placed in an advantageous position to establish a backhaul for a picocell that provides connectivity to nearby units.

If there is extensive data exchange between different command posts and potential troops, there should be at least one private core network in the area to prevent all traffic from going through a central UPF. The specific requirements for each command post will vary, but if there is a need to receive video feeds from other troops or command posts, the number of streams will be a relevant consideration. Furthermore, low latency will be crucial for controlling remotely operated devices or managing critical services.

Using 5G as the connection to the CP instead of SHF would offer much faster connectivity, a larger bandwidth, and potentially other service guarantees like lower latency. 5G can also be provided directly from mountaintops or with mobile solutions established as needed. In many command posts, having a low electromagnetic signature could be essential. In such cases, 5G antennas with beamforming or active plates that transmit only in specific directions would be advantageous. Additionally, higher-frequency use would result in a shorter detectable range, and the 5G would be less distinguishable from other signals. The capacity of 5G would also allow for using it as a carrier for MRR network relays. This would reduce the electromagnetic signature even more.

Scenario 2 In a platoon, the primary use of 5G should be as simple as possible. They should be able to access the macro network, have someone providing sufficient coverage as part of the communication plan, or have a picostar with a reach-back. The 5G should be integrated into all vehicles, and sharing information from drones seamlessly, UAVs, vehicle cameras, and other sensors should be possible. In addition, 5G should provide access to a high-bandwidth network that enables many communication channels through an application. The users should easily be able to listen to multiple channels and transmit pictures, videos, or orders. Since 5G is open, it should also be easy to integrate new cooperative units into the application if necessary. One of the critical use cases for platoons will be to share videos and information back to

CPs. Some platoons, like reconnaissance units, operate far from their unit and CPs. They may be out of reach of VHF radios, and leveraging the cellular infrastructure may heavily increase their opportunity to communicate and share information. This is also favorable for logistical elements that may travel far outside the area that can be covered with deployable communication solutions.

The platoons must have several options for communication directly between themselves in case of failure in the cellular network. As sidelink is not yet available other radios, such as MRR, should be used as a contingency.

5.2 Overall discussion and implementation

The main objective is defined as:

Investigate advantages and potential obstacles of selected 5G properties that may be interesting when implementing 5G in the NAF to increase situational awareness and how these can supplement or coexist with selected, existing radio solutions.

Many of the elements in the objective have already been discussed when answering the previous objectives. This section will summarize some of the most critical results from several previous sections and combine them in an overall view.

Should the NAF use 5G, and what would be the advantages?

Based on section 4.1, the challenges and available radio and ICT systems in the NAF, current solutions don't provide the necessary bandwidth, accessible communication through one network, use of established infrastructure in a good way or have a price that ensures the desired numbers of units. Adapting cellular technology enables closer integration and the possibility of using off-the-shelf technology. This may reduce the cost per unit and leverage the fast development; according to the results in section 4.2, the implementation of 5G meets several of the requirements with low risk, reduced cost, while leveraging civilian development and competence.

5G meets several of the demands in section 4.3. Using 5G may provide a huge upgrade in bandwidth, reduced and fixed latency, simplicity for the users, and good coverage by using already established infrastructure. It will enable all entities ranging from CPs to platoons access to one shared network capable of providing all desired services from sharing voice and information to remote controlling and integrating sensors. 5G may have some dependencies but may not be as vulnerable as other radios to jamming and triangulation with their high frequencies, less distinction, and air interface possibilities like beamforming. A further advantage of using 5G is the

rapid development driven by large actors, enabling advanced materials and solutions at a low cost. Access to 5G has some vulnerabilities in the dependencies of a larger system. The possibilities available in 5G, presented in this thesis and summarized in the next section, will describe measures to mitigate those.

Based on all the challenges presented, the desired outcomes, and the current development of cellular technology, 5G have several properties that will contribute to increased situational awareness and general problem-solving and should be used in the NAF.

Which solutions in 5G should the NAF use?

Details are discussed in the previous sections, but the NAF should first and foremost exploit the infrastructure already deployed by the PLMN-providers. The solution should be a flexible PNI-NPN that seamlessly utilizes all three networks and enables private cores to enhance robustness and autonomy. The slices in the macro networks should provide extra security and access to specialized NAF core services. In addition to the macro networks, the NAF should be able to expand coverage through solutions such as picostars, IAB, private networks, or combinations adapted to the scenario. The armed forces should leverage the existing radios and integrate 5G solutions with possibilities in TKI and FKI to provide improved coverage and connection. Using terrestrial networks in combination with satellites may further improve robustness. The solution should provide the use of cellular networks with a narrow reach back by utilizing edge computing or private networks.

When utilizing 5G, the NAF should be able to use different frequencies to adapt to the desirable properties. In addition, the air interface should utilize Opportunities, such as beamforming, to reduce the electromagnetic signature and increase the general performance. The possibilities in 5G to connect multiple units should be leveraged to integrate multiple sensors and soldiers as a step in the direction of NCW. Future development should enable the use of BSs as sensors for discovering enemy equipment like UAVs or vehicles, and enemy activities in the electromagnetic spectrum such as jamming and communication.

How should 5G coexist with existing radios

The NAF should maintain the other radios and systems, as having several systems is critical. Having several options is essential in case of enemy EW measures or other incidents that make one of them unavailable. It is more difficult to affect multiple systems simultaneously, and having multiple systems would therefore reduce the vulnerability. If cellular core services become unavailable MRR can be used directly between units to communicate, troubleshoot and coordinate.

There is also possible to combine the use of several systems. The FKI and SHF radio links can expand the coverage from a private network core. There is also the

possibility to connect the FKI with PLMN providers networks, providing cellular connections from mountaintops with FKI. 5G may replace the need for MRR if one applies a voice application on a tablet. At the same time, 5G can act as a carrier for MRR traffic between CPs and established radio relays in another position. 5G may also use other narrow-band radios as backhaul to central services when using private cores.

What are the potential obstacles when implementing 5G?

Some of the main obstacles when implementing 5G are the complexity and reliability of a more extensive system. This is the cost of having an advanced system. However, the countermeasures presented in this thesis propose solutions to mitigate several of them. Being reliant on civilian contractors and unable to ensure its communication may be difficult to accept for several persons in the NAF. Therefore it is essential to find solutions where the NAF can operate the systems with as much independence as possible with support from PLMN providers or other partners. It should be close to an as-a-service model that includes education, remote maintenance, troubleshooting, material responsibilities, and support. They may also have a strategic role as a partner in the development of guidelines and strategy for the use of solutions such as private networks, or picostars.

Another challenge is the maturity of the NAF and its ICT systems. Procedures, routines, and plans must be developed to use the available bandwidth properly. It is necessary to explore how the new tools with a high-speed network and sensors should be integrated and used.

Chapter 6

Conclusion and future work

6.1 Conclusion

In this thesis, I have examined the organizational structure of the NAF and its capabilities in sensing, communication, and information sharing. This investigation provided a foundation for evaluating the potential introduction of 5G in the NAF and how it could be implemented. The research methodology employed a literature review and interviews with personnel associated with the defense sector and the telecommunications industry.

Five user-related individuals were interviewed to identify various needs and verify potential solutions. Technical personnel with expertise in the telecommunications industry provided insights into technical questions and practical implementation possibilities for the theoretical capabilities of 5G. Additionally, individuals affiliated with the defense sector through NDMA, HVS, and FFI were interviewed to gather their perspectives and inputs on 5G and sensor integration. In total, 15 interviews were conducted with 17 persons, creating a diverse group of individuals, forming the basis of this solution.

The research revealed that the NAF lacked radios suitable for high-bandwidth information sharing or flexible connectivity options. There is little use of sensors and even fewer tools for efficiently sharing and analyzing the data. This indicates a need that aligns with the characteristics of 5G and can be addressed through its implementation. Furthermore, several potential implementations regarding sensor integration were identified, which would be valuable for the NAF to adopt.

To improve the overall situational awareness, the NAF needs to use sensors in the close vicinity of their positions and as a means to surveillance of enemy forces. Several relevant sensors range from simple movement or noise detectors to cameras, thermal binoculars, and more advanced electromagnetic sensors. Deploying these sensors more efficiently and providing the tools to utilize the information is necessary.

They must be integrated and analyzed with the future support of AI. The information also needs to be shared through a network to contribute to an overall increased situational awareness. In addition to using sensors, situational awareness can be further improved by efficiently sharing more information through various ICT, C2IS, voice applications, and BMS. Providing more units access to the same network and centralized services will simplify and increase communication and coordination.

In this thesis, I have defined how 5G, combined with sensor integration and increased data sharing, is a foundation for enhancing situational awareness for the armed forces in the defined scenarios. Using 5G will enable piggybacking on the rapid development, access to off-the-shelf material that will provide more material to more units at a lower cost, and easier integration with other systems and sensors. The key foundation of the solution lies in utilizing the infrastructure and slicing capabilities of 5G to connect numerous devices and provide them with high-broadband and low-latency network access. Slicing is used to offer both increased security, priority, and guaranteed QoS, but also specialized services. It is also important to ensure increased robustness. One important measure is establishing several regional edge sites to ensure regional autonomy. Edge computing should be provided on NAF and/or PLMN equipment to ensure low latency, specialized services, and local computation to ensure the possibility of using narrowband backhaul connections. To ensure flexibility and ease of use, the solution should employ SIM and ESIM attachments that function in private and commercial networks, utilizing a PNI-NPN configuration.

Combining other radios and solutions with 5G can enhance its performance. FKI, satellites or SHF can be used as backhaul connections for 5G. Various methods should be developed to expand and secure coverage and connectivity. One of the solutions is private 5G networks with increased coverage by establishing multiple antennas from one BBU at some distance or deploying multiple BBUs and antennas. They may be connected using SHF radios. Private networks will be necessary for larger units with a critical need for autonomy or more prone to losing backhaul connections. A favorable development that increases simplicity and lower prices may enable more units to have private networks to ensure local connectivity. Picostar solutions should be used to extend either private or commercial networks. In the implementation, beamforming prioritization should consider the devices' vulnerability and needs and weigh the advantages versus disadvantages, like cost, in the specific use cases. It is important to make strategic agreements with PLMN-providers about equipment, technical solutions, support, and responsibilities. The NAF should be able to operate independently, using their frequency resources.

5G is the most suitable system for flexible access to high-speed broadband that best suits the needs of the NAF for increased situational awareness. The system has some vulnerabilities and drawbacks that have been discussed, and measures that enable a

robust and potent network has been discovered. After the fundamental components of 5G have been implemented, it is essential to monitor future development. The potential in options like IAB and sidelink may provide exciting possibilities. 5G may also provide opportunities for positioning through terrestrial networks that may be a great redundancy to GNSS. Future development of satellites enables direct communication to relatively low-cost, commercialized equipment, either with satellite chipsets or cellular technology. Several communication possibilities in one device will increase robustness and improve the overall service.

6.2 Learning points

Some learning points have been identified through conducting the thesis. It would have been advantageous to hold introductory interviews or questionnaires to identify relevant technologies and solutions. This would allow for a more prepared and targeted approach during the literature review and interview phase. The interviews were challenging and created a lot of data. Having them more structured to provide an easier comparison may have been advantageous. The last learning point is that it is advisable to allocate ample time to thoroughly analyze the interviews and summarize them to identify key focus areas for the next interviews.

6.3 Future work

This project has examined several technical solutions and assessed current affairs. While many aspects can be addressed, there are still some technical solutions that are not yet complete. These solutions' practical implementation and utilization need to be further explored.

Establish cooperation with PLMN-providers: NAF must in cooperation with the PLMN-providers establish an agreement for cooperation. Many aspects need to be defined. How should cooperation and work regarding tasks, equipment, and responsibilities in all aspects of peacetime to war?

Monitor 5G development: The overall advancement of 5G should be monitored to assess whether other desirable aspects of the technology like sidelink, improved positioning, network as a sensor, or IAB become mature and suitable for use.

Implement and adapt solutions: Several aspects of 5G solutions need adaptation and implementation to suit the NAF needs. For example, it is necessary to see if the PNI-NPN solution will work and test the possibilities for extended network coverage more extensively.

Sensor integration and networking: Establishing a sensor network that enables the fusion and sharing of sensor data is highly advantageous. Without this capability, the data may have local value, but it forms a crucial foundation for understanding larger contexts, analysis, and concluding. Using AI for processing, grouping, interpretation, and alerting is also critical in supporting decision-makers within this domain.

Bibliography

- [14] *Mål oppgaver forsvarssektoren*, no, Redaksjonellartikkel, Publisher: regjeringen.no, Nov. 2014. [Online]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/tema/forsvar/innsikt/mal-og-oppgaver-i-forsvarssektoren/id2009096/> (last visited: May 29, 2023).
- [3GP18] 3GPP, *Release_15*, en-us, 2018. [Online]. Available: <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-15> (last visited: May 30, 2023).
- [3GP20] 3GPP, *3GPP_ts23.501: Technical specification group services and system aspects; system architecture for the 5G system, stage 2 (Release 15), Technical specification V16.7.0*, Dec. 2020. (last visited: May 30, 2021).
- [3GP21] 3GPP, *Release 17, 38.857-hoo*, Mar. 2021. [Online]. Available: https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/38_series/38.857/ (last visited: Jun. 5, 2023).
- [3GP22] 3GPP, *Release_18*, 2022. [Online]. Available: <https://www.3gpp.org/release18> (last visited: May 31, 2023).
- [5G 20] 5G Vinni, *Deliverable D1.4 Design of infrastructure architecture and subsystems*, Jun. 2020. [Online]. Available: <https://zenodo.cern.ch/record/4066381#.ZHYJKXZBxmM>.
- [AGS99] D. S. Alberts, J. Garstka, and F. P. Stein, *NCW, Network centric warfare: developing and leveraging information superiority* (CCRP publication series), en. Washington, DC: National Defense University Press, 1999, Page 2-4.
- [Aij20] A. Aijaz, «Private_5g: The Future of Industrial Wireless», *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 14, no. 4, pp. 136–145, Dec. 2020, Conference Name: IEEE Industrial Electronics Magazine.
- [And21] E. E. Andre Forkert, *JTAC: Roles and Equipment*, en-US, Aug. 2021. [Online]. Available: <https://euro-sd.com/2021/08/articles/armament/23260/jtac-roles-and-equipment/> (last visited: May 29, 2023).
- [APA] APA Dictionary of Psychology, *Situational awareness*, en. [Online]. Available: <https://dictionary.apa.org/> (last visited: Jun. 11, 2023).
- [Avna] Avnet, *5G_beamforming:_an_engineer's_overview | Avnet Abacus*, en. [Online]. Available: <https://www.avnet.com/wps/portal/abacus/solutions/markets/communications/5g-solutions/5g-beamforming/> (last visited: Jun. 1, 2023).

- [Avnb] Avnet, *Understanding massive mimo Technology / Avnet Abacus*, en. [Online]. Available: <https://www.avnet.com/wps/portal/abacus/solutions/markets/communications/5g-solutions/understanding-massive-mimo-technology/> (last visited: Jun. 1, 2023).
- [BB23] T. Brataas and H. Bothner-By, *Digitalt_knutepunktnett_snl*, no, Jan. 2023. [Online]. Available: https://snl.no/digitalt_knutepunktnett (last visited: May 29, 2023).
- [Bha20] A. Bhardwaj, «5G_for_military_communications», en, *Procedia Computer Science*, vol. 171, pp. 2665–2674, 2020. [Online]. Available: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877050920312825> (last visited: Apr. 27, 2023).
- [Bir22a] A. Birutis, «A study of 5G New Radio and its vulnerability to jamming», en, 2022. [Online]. Available: <https://ffi-publikasjoner.archive.knowledgearc.net/bitstream/handle/20.500.12242/3022/22-00906.pdf>.
- [Bir22b] A. Birutis, «A_study_of_5g_new_radio and its vulnerability to jamming», en, 2022. [Online]. Available: <https://ffi-publikasjoner.archive.knowledgearc.net/bitstream/handle/20.500.12242/3022/22-00906.pdf>.
- [BL23] J. Børresen and D. Leraand, *Heimevernet*, no, Mar. 2023. [Online]. Available: <https://snl.no/Heimevernet> (last visited: May 30, 2023).
- [Bro17] G. Brown, «Service-Based Architecture for 5G Core Networks», en, 2017.
- [Bør23] J. Børresen, *Cyberforsvaret*, no, Jan. 2023. [Online]. Available: <https://snl.no/Cyberforsvaret> (last visited: May 30, 2023).
- [CFF+18] L. M. Contreras, Y. Fang, *et al.*, «MEC_in_5g_networks», en, Jun. 2018. [Online]. Available: https://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi_wp28_mec_in_5G_FINAL.pdf (last visited: May 30, 2023).
- [Chr] Christine Jorgensen, *Private_lte/5G_networks:A_primer_for_Developers*, en. [Online]. Available: <https://developer.qualcomm.com/blog/private-lte5g-networks-primer-developers> (last visited: May 31, 2023).
- [CK16] Colin Robson and Kieran McCartan, *Real World Research*, 4th ed. Wiley, United Kingdom, 2016.
- [CMB23] A. Cohen, Marquardt,Natasha, and Bertrand,Zachary, *Russia's jamming of US-provided rocket systems complicates Ukraine's war effort / CNN Politics*, en, May 2023. [Online]. Available: <https://www.cnn.com/2023/05/05/politics/russia-jamming-himars-rockets-ukraine/index.html> (last visited: Jun. 20, 2023).
- [CS11] Conrad, Clifton F and Serlin, Ronald C, *The sage Handbook for Research in Education*, 2nd ed. United States: SAGE Publications, Incorporated, 2011.
- [Cyb] Cyberforsvaret, *Cyberforsvaret*. [Online]. Available: <https://www.forsvaret.no/om-forsvaret/organisasjon/cyberforsvaret> (last visited: May 30, 2023).
- [Dah] S. Dahmen-Lhuissier, *Etsi_5g*, en-gb. [Online]. Available: <https://www.etsi.org/technologies/5g?jjj=1685451943674> (last visited: May 30, 2023).

- [DCM22] A. Domeke, B. Cimoli, and I. T. Monroy, «Integration of Network Slicing and Machine Learning into Edge Networks for Low-Latency Services in 5G and beyond Systems», en, *Applied Sciences*, vol. 12, no. 13, p. 6617, Jan. 2022, Number: 13 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/13/6617> (last visited: Jun. 1, 2023).
- [Dof17] Doffin.no, *Hermod_offentliggjøring_doffin*, 2017. [Online]. Available: <https://www.doffin.no/Notice/Details/2017-043760> (last visited: May 29, 2023).
- [Ele] Electronic-notes, *Radio_spectrum: ITU_frequency_bands* » *Electronics Notes*. [Online]. Available: <https://www.electronics-notes.com/articles/antennas-propagation/electromagnetic-waves-em/radio-spectrum-vlf-lf-mf-hf-vhf-uhf.php> (last visited: May 29, 2023).
- [Eri20] Ericsson, *How_5g_for_public_safety_could_save_lives*, en, 2020. [Online]. Available: <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/5/how-5g-for-public-safety-could-save-lives> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [FFI] FFI, *Heimevernet_mulige_oppdrag_og_ambisjonsnivåer*, no. [Online]. Available: <https://www.ffi.no/publikasjoner/arkiv/heimevernet-mot-2030-mulige-oppdrag-og-ambisjonsnivaer> (last visited: May 30, 2023).
- [FFI23] FFI, *Mobilt_5g-nett_for_soldater*, no, 2023. [Online]. Available: <https://www.ffi.no/aktuelt/nyheter/mobilt-5g-nett-for-soldater> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [FMA] FMA, *Forsvarsmateriell_signerer_med_ice*, no. [Online]. Available: <https://www.fma.no/aktuelt-og-media/2020/forsvarsmateriell-signerer-med-ice> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [FMA22] FMA, *5G_i_felt_for_Norges_forsvar*, no, 2022. [Online]. Available: <https://www.fma.no/aktuelt-og-media/2020/5g-i-felt-for-norges-forsvar> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [Fora] Forsvaret, *Forsvarets ledelse - Forsvaret*. [Online]. Available: <https://www.forsvaret.no/om-forsvaret/organisasjon/organisasjonskart#driftsenheter> (last visited: May 29, 2023).
- [Forb] Forsvaret, *Om_heimevernet*, nb. [Online]. Available: <https://www.forsvaret.no/heimevernet/om-heimevernet> (last visited: May 30, 2023).
- [Forc] Forsvaret.no, *Finnmark landforsvar*, nb. [Online]. Available: <https://www.forsvaret.no/om-forsvaret/organisasjon/haeren/finnmark-landforsvar> (last visited: May 29, 2023).
- [Ford] Forsvaret.no, *Heimevernet_får_nytt_samband*, nb. [Online]. Available: <https://www.forsvaret.no/heimevernet/aktuelt/heimevernet-far-nytt-samband> (last visited: May 29, 2023).
- [Fore] Forsvaret.no, *Hæren*, nb. [Online]. Available: <https://www.forsvaret.no/om-forsvaret/organisasjon/haeren> (last visited: May 29, 2023).

- [Forf] Forsvaretno, *Tester fremtidens sambandssystem*, nb. [Online]. Available: <https://www.forsvaret.no/heimevernet/aktuelt/tester-fremtidens-sambandssystem-copy> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [FPPV12] M. Fazio, M. Paone, *et al.*, «Heterogeneous Sensors Become Homogeneous Things in Smart Cities», in *2012 Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing*, Jul. 2012, pp. 775–780.
- [GGM+20] P. Grønsund, A. Gonzalez, *et al.*, «5G Service and Slice Implementation for a Military Use Case», in *2020 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*, ISSN: 2474-9133, Jun. 2020, pp. 1–6.
- [GSM] GSMA, *eSIM_for_m2m*, en-US. [Online]. Available: <https://www.gsma.com/esim/remote-sim-provisioning-for-machine-to-machine/> (last visited: Jun. 3, 2023).
- [GSM18] GSMA, *Esim-whitepaper*, 2018. [Online]. Available: <https://www.gsma.com/esim/wp-content/uploads/2018/12/esim-whitepaper.pdf>.
- [GU16] Gangadharaiiah S and Umashankar Hallur, *Network centric Warfare, A survey*, 2016. [Online]. Available: <http://irc.acharyainstitutes.in:8080/jspui/bitstream/123456789/355/1/Network%20Centric%20Warfare%20A%20Survey.pdf> (last visited: May 8, 2023).
- [HJAC20] Henrik Ronkainen, Jonas Edstam, *et al.*, *Integrated_access_and_backhaul:_new_option_for_5G*, en, 2020. [Online]. Available: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/ericsson-technology-review/articles/introducing-integrated-access-and-backhaul> (last visited: Jun. 1, 2023).
- [HKHK19] D. G. Harkut, K. Kasat, *et al.*, «Introductory_chapter_artificial_intelligence - Challenges and Applications», en, in *Artificial Intelligence - Scope and Limitations*, IntechOpen, Mar. 2019. [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/chapters/66147> (last visited: May 31, 2023).
- [HLS+18] M. Höyhtyä, K. Lähetkangas, *et al.*, «Critical Communications Over Mobile Operators' Networks: 5G Use Cases Enabled by Licensed Spectrum Sharing, Network Slicing and QoS Control», *IEEE Access*, vol. 6, pp. 73 572–73 582, 2018, Conference Name: IEEE Access.
- [HR22] K. Hill and RCR wirelessnews, *What is 5G Broadcast/Multicast?*, en-US, Apr. 2022. [Online]. Available: <https://www.rcrwireless.com/20220422/5g/what-is-5g-broadcast-multicast> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [HSH13] G. P. Hancke, B. D. C. e. Silva, and J. Hancke, «The Role of Advanced Sensing in Smart Cities», en, *Sensors*, vol. 13, no. 1, pp. 393–425, Jan. 2013, Number: 1 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/13/1/393> (last visited: Jun. 5, 2023).
- [Hua15] Huawei White paper, *5G:_new_air_interface_and_Radio_access_virtualization*, 2015. [Online]. Available: https://www-file.huawei.com/minisite/media/tech-whiter-paper/pdf/hw_424967.pdf (last visited: May 31, 2023).
- [Hua21] Huawei, «5G_open_api-based_positioning Industry White Paper», en, 2021.

- [Hær21] Hæren, *Morgendagens_hær*, Aug. 2021.
- [ITU17] ITU, *5g_norway_final_ict_ranking*, 2017. [Online]. Available: https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/Europe/Documents/Events/2020/5G_EUR_CIS/5G_Norway-final.pdf (last visited: Apr. 28, 2023).
- [Joh22] J. I. Johansen, *Jammetest-NRK_disse små dingsene kan slå ut redningshelikoptre og flytrafikk*, nb-NO, Section: dk, Sep. 2022. [Online]. Available: https://www.nrk.no/nordland/jamming_-i-andoy-utfores-verdens-storste-sivile-jamming-test-1.16113588 (last visited: Jun. 4, 2023).
- [Ken22] Kennet Nomeland, *Securing_5g_for_military_use, with public and private 5G network*, 2022. [Online]. Available: <https://www.forsvarsbygg.no/globalassets/radgivningstjenester/sikring-av-bygg/sikringskonferansen-2022/20-ken-net-nomeland.pdf>.
- [Ket19] Ketil Stølen, *Teknologivitenskap- Forskningsmetode for teknologer*. Universitetsforlaget, 2019.
- [Kona] Kongsberg, *Defence Communication: THOR Tactical SDR*, en. [Online]. Available: <https://www.kongsberg.com/kda/what-we-do/defence-and-security/defence-communications/k-tacs-on-the-move/thor-tactical-sdr/> (last visited: Jun. 15, 2023).
- [Konb] Kongsberg_defence_and_aerospace, *FHCLRadio_kongsberg, NATO Band IV Tactical Radio Link from KONGSBERG*, no. [Online]. Available: <https://www.kongsberg.com/no/kda/what-we-do/defence-and-security/defence-communications/k-tacs-mobile/radio-link-nato-band-4-RL542A/> (last visited: May 29, 2023).
- [Konc] Kongsberg_defence_and_aerospace, *VHF_ip_mrr_kongsberg*, en. [Online]. Available: <https://www.kongsberg.com/kda/what-we-do/defence-and-security/defence-communications/k-tacs-on-the-move/vhf-ip-vehicle-radio/> (last visited: May 29, 2023).
- [KRM21] F. E. Kragh, J. B. Roth, and D. L. Miller, «5G for Field Expedient C2 Centers», en, 2021, Publisher: Monterey, California: Naval Postgraduate School. [Online]. Available: <https://calhoun.nps.edu/handle/10945/69747> (last visited: May 31, 2023).
- [Ler22] D. Leraand, *Brigade*, no, Sep. 2022. [Online]. Available: <https://snl.no/brigade> (last visited: May 29, 2023).
- [Loc] Lockheed Martin, *5G_from_space*, en. [Online]. Available: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/5g-from-space.html> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [Mal21] M. Malik, «5G For Military Communication: Automation of Kill Cycle», in *2021 International Conference on Technological Advancements and Innovations (ICTAI)*, Nov. 2021, pp. 285–290.

- [Mar15] Marius Jørgensrud, *Forsvaret vil bli mobiloperatør. Militært samband på nettene til Telenor, Netcom og Ice*, Dec. 2015. [Online]. Available: <https://www.digi.no/artikler/forsvaret-vil-bli-mobiloperatør-militært-samband-pa-nettene-til-telenor-netcom-og-ice/320016> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [McC20] D. McCrory, «Russian Electronic Warfare, Cyber and Information Operations in Ukraine», *The RUSI Journal*, vol. 165, no. 7, pp. 34–44, Nov. 2020, Publisher: Routledge _eprint: <https://doi.org/10.1080/03071847.2021.1888654>. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/03071847.2021.1888654> (last visited: Jun. 20, 2023).
- [MGH22] K. Mahmood, A. Gavras, and A. Hecker, «Non-Public-Networks - State of the art and way forward», en, Nov. 2022, Publisher: Zenodo. [Online]. Available: <https://zenodo.org/record/7230191> (last visited: Jun. 19, 2023).
- [MM15] E. Magnusson and J. Marecek, *Doing Interview-based Qualitative Research: A Learner's Guide*, en, 1st ed. Cambridge University Press, Oct. 2015. [Online]. Available: <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9781107449893/type/book> (last visited: May 24, 2023).
- [NHPN18] S. A. R. Naqvi, S. A. Hassan, *et al.*, «Drone-Aided Communication as a Key Enabler for 5G and Resilient Public Safety Networks», *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, no. 1, pp. 36–42, Jan. 2018, Conference Name: IEEE Communications Magazine.
- [Nin22] C. S. Nin, *What_5g_nr_positioning_enhancements_are_in_in_Rel-17?*, en-US, Apr. 2022. [Online]. Available: <https://www.rcrwireless.com/20220427/featured/5g-nr-positioning-enhancements-in-rel-17> (last visited: Jun. 5, 2023).
- [nko22a] nkom, *Jammetest_nkom_nyttige_resultater_etter_jammetest*, no, Sep. 2022. [Online]. Available: <https://nkom.no/aktuelt/nyttige-resultater-etter-jammetesten> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [nko22b] nkom, *Risiko- og sårbarhetsvurderinger - EkomROS*, no, 2022. [Online]. Available: <https://nkom.no/sikkerhet-og-beredskap/risiko-og-sarbarhetsvurderinger-ekomros> (last visited: Jun. 5, 2023).
- [Nok] Nokia, *Nokia_defense_app*, en. [Online]. Available: <https://www.nokia.com/networks/industries/defense/> (last visited: Apr. 27, 2023).
- [OCL+17] J. Oueis, V. Conan, *et al.*, «Overview_of_lte_isolated_e-UTRAN_Operation_for_public_safety», *IEEE Communications Standards Magazine*, vol. 1, no. 2, pp. 98–105, 2017, Conference Name: IEEE Communications Standards Magazine.
- [PBB+20] S. Parkvall, Y. Blankenship, *et al.*, «5G_nr_release_16: Start of the 5G Evolution», *IEEE Communications Standards Magazine*, vol. 4, no. 4, pp. 56–63, Dec. 2020, Conference Name: IEEE Communications Standards Magazine.

- [QKAA21] M. T. Quasim, M. A. Khan, *et al.*, «Fundamentals of Smart Cities», en, in *Smart Cities: A Data Analytics Perspective*, ser. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure, M. A. Khan, F. Algarni, and M. T. Quasim, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 3–16. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-60922-1_1 (last visited: Jun. 5, 2023).
- [Qua] Qualcomm, *Five_wireless_inventions_that_define_5g_NR — the global 5G standard* | Qualcomm, en. [Online]. Available: <https://www.qualcomm.com/news/onq/2017/12/five-wireless-inventions-define-5g-nr-global-5g-standard> (last visited: May 31, 2023).
- [Qua21] Qualcomm, *MWC_2021: Qualcomm Demos Enhanced Wide-area 5G OTA Testbeds*, Jun. 2021. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=dTEah2hpt5k> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [Qua23a] Qualcomm, *MWC2023: Qualcomm demos 5G precise positioning and RF sensing*, Feb. 2023. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=k3hpgBzD3xk> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [Qua23b] Qualcomm, *Qualcomm Introduces Snapdragon Satellite, The World's First Satellite-Based Solution Capable of Supporting Two-Way Messaging for Premium Smartphones and Beyond* | Qualcomm, en, 2023. [Online]. Available: <https://www.qualcomm.com/news/releases/2023/01/qualcomm-introduces-snapdragon-satellite--the-world-s-first-sate> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [Raf23] Rafael, Advanced defense systems, *Rafael : FIRE WEAVER- Multi Service, Network Centric Warfare*, en-US, 2023. [Online]. Available: <https://www.rafael.co.il/worlds/land/multi-service-network-centric-warfare/> (last visited: Jul. 3, 2023).
- [Roe14] Roel J. Wieringa, *Design_Science_Methodology_for Information Systems and Software Engineering*. London: Springer, 2014.
- [RP21] C. Rydholm and W. Pommer, «Hybrid_positioning_solution Using 5G and GNSS», en, 2021.
- [Sau21] M. Sauter, *From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G: an introduction to mobile networks and mobile broadband*, en, Fourth edition. Hoboken, NJ: Wiley, 2021.
- [Sin20] G. R. Sinha, *Advances in Modern Sensors: Physics, design, simulation and applications*, en. IOP Publishing, Nov. 2020. [Online]. Available: <https://iopscience.iop.org/book/edit/978-0-7503-2707-7> (last visited: Jun. 26, 2023).
- [Ste22] Stephan Pettersen, Forsvarets forum, *Mobilselskaper har laget «5G-bobler» for Forsvaret*, nb-no, Section: nyheter, Oct. 2022. [Online]. Available: <https://forsvaretsforum.no/forsvaret-forsvarsmateriell-kommunikasjonsradigver/mobilselskaper-har-laget-5g-bobler-for-forsvaret/286883> (last visited: Jun. 4, 2023).
- [Stl22] Stl tech, *5G_mmwave_technology - Features, Benefits, Uses & Facts*, en-US, Aug. 2022. [Online]. Available: <https://stl.tech/blog/5g-mmwave-technology-what-you-need-to-know/> (last visited: Jun. 1, 2023).

- [TA22] S. Thunberg and L. Arnell, «Pioneering the use of technologies in qualitative research – A research review of the use of digital interviews», *International Journal of Social Research Methodology*, vol. 25, no. 6, pp. 757–768, Nov. 2022, Publisher: Routledge _eprint: <https://doi.org/10.1080/13645579.2021.1935565>. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/13645579.2021.1935565> (last visited: May 24, 2023).
- [Tek00] Teknisk ukeblad, *Verdens beste militære radio mrr_tu*, Jun. 2000. [Online]. Available: <https://www.tu.no/artikler/verdens-beste-militaere-radio/274894> (last visited: May 29, 2023).
- [Tjo10] A. H. Tjora, *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*, nob. Oslo: Gyldendal akademisk, 2010, Accession Number: 991017337984702202 Publication Title: Norbok Source: NO-OsNB. [Online]. Available: https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2016012006008 (last visited: May 8, 2023).
- [Tor22] Torbjørn Birkenes, *Military application of 5G*, Pre-project to master thesis at NTNU, 2022.
- [Ull22] C. G. Ullrich, *The Discursive Interview: Method and Methodological Foundation*, en. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2022. [Online]. Available: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-658-38477-7> (last visited: May 24, 2023).
- [WCC+20] D. Warren, J. Carapinha, *et al.*, «D1.4 Design of infrastructure architecture and subsystems v2», en, Oct. 2020. [Online]. Available: <https://zenodo.cern.ch/record/4066381> (last visited: May 30, 2023).

Appendix

NSD Application



This appendix contains the application sent to Norwegian centre for research data (NSD) for permission to collect data.

The appendix is written in Norwegian.



[Meldeskjema](#) / [Masteroppgave om bruk av 5G i forsvaret](#) / Eksport

Meldeskjema

Referansenummer

497201

Hvilke personopplysninger skal du behandle?

- Navn (også ved signatur/samtykke)
- Bilder eller videoopptak av personer
- Lydopptak av personer
- Bakgrunnsopplysninger som vil kunne identifisere en person

Beskriv hvilke bakgrunnsopplysninger du skal behandle

Jeg skal gjøre dybdeintervjuer av noen få utvalgte personer. Oppgaven bygger på deres ekspertise og svarene/resultatene fra intervjuene. Dermed er stilling og arbeidstittel viktige faktorer som bør opplyses om i oppgaven. Dette er i utgangspunktet faktorer som ikke er tenkt å være anonyme og dermed vil det gjøre personen identifiserbar. I tillegg er det sannsynlig at personer som ikke er ansatt i skjermede stillinger vil kunne være identifiserbare ved navn, hvis det er noe de selv samtykker til.

Jeg kommer ikke til å behandle noen informasjon om personen annet enn relevant erfaring knyttet opp mot arbeid og oppgaven. Det kan være situasjoner og hendelser personen kan relatere til oppgaven eller deres tanker om potensiell fremtidig utvikling ol.

Prosjektinformasjon

Prosjekttittel

Masteroppgave om bruk av 5G i forsvaret

Prosjektbeskrivelse

Skal skrive en masteroppgave som handler om hvordan forsvaret kan og bør utnytte mulighetene i 5G for å øke forsvarsevnen. Den vil se på relevante egenskaper til 5G og knytte dette mot aktuelle problemstillinger forsvaret ønsker å løse eller forbedre

Begrunn hvorfor det er nødvendig å behandle personopplysningene

Det er viktig for oppgaven at man skjønner hvor opplysningene og meningene kommer fra da de vil være farget av den personens tilhørighet, erfaring ol. Det gjør det mer etterprøvbart og verifiserbart.

Prosjektbeskrivelse

[Master beskrivelse.docx](#)

Ekstern finansiering

Ikke utfyllt

Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium

Kontaktinformasjon, student

Torbjørn Birkenes, torbjbi@stud.ntnu.no, tlf: 48066149

Behandlingsansvar

Behandlingsansvarlig institusjon

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet / Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk (IE) / Institutt for informasjonssikkerhet og kommunikasjonsteknologi

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Eirik Larsen Følstad, eirik.folstad@ntnu.no, tlf: 92044740

Skal behandlingsansvaret deles med andre institusjoner (felles behandlingsansvarlige)?

Nei

Utvalg 1

Beskriv utvalget

Militært tilsatte eller tekniske personer med teknisk og/eller operativ forståelse

Beskriv hvordan rekruttering eller trekking av utvalget skjer

Vil skje gjennom en kombinasjon av tidligere kjente gjennom tidligere arbeid i forsvaret, gjennom kontaktperson i ny avdeling jeg skal begynne i jobb hos og gjennom kontaktpersoner som ansvarlig professor kjenner eller kan introdusere meg for

Alder

22 - 65

Personopplysninger for utvalg 1

- Navn (også ved signatur/samtykke)
- Lydopptak av personer
- Bakgrunnsopplysninger som vil kunne identifisere en person

Hvordan samler du inn data fra utvalg 1?

Personlig intervju

Vedlegg

[Intervjuguide.docx](#)

Grunnlag for å behandle alminnelige kategorier av personopplysninger

Samtykke (Personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a)

Informasjon for utvalg 1

Informerer du utvalget om behandlingen av personopplysningene?

Ja

Hvordan?

Skriftlig informasjon (papir eller elektronisk)

Informasjonsskriv

[informasjonsskriv-samtykke-bokmal_1.docx](#)

Tredjepersoner

Skal du behandle personopplysninger om tredjepersoner?

Nei

Dokumentasjon

Hvordan dokumenteres samtykkene?

- Elektronisk (e-post, e-skjema, digital signatur)
- Manuelt (papir)

Hvordan kan samtykket trekkes tilbake?

Ved å melde fra på epost eller annen skriftlig metode

Hvordan kan de registrerte få innsyn, rettet eller slettet personopplysninger om seg selv?

De kan kontakte gjennomførende student eller veileder på epost og vil da få utlevert transkripsjonen fra intervjuene, selve masteroppgaven og all annen relatert informasjon som er lagret. Da kan de melde fra for å få endret dette.

Totalt antall registrerte i prosjektet

1-99

Tillatelser

Skal du innhente følgende godkjenninger eller tillatelser for prosjektet?

Ikke utfyllt

Behandling

Hvor behandles personopplysningene?

- Ekstern tjeneste eller nettverk (databehandler)

Hvem behandler/har tilgang til personopplysningene?

- Databehandler
- Student (studentprosjekt)

Hvilken databehandler har tilgang til personopplysningene?

Da dataene er interne vil NTNUs skytjenester være tilstrekkelige for lagring og behandling av data. Dermed vil databehandler være Office 365, nærmere bestemt Teams og OneDrive.

Ref: <https://i.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Lagringsguide>

Tilgjengeliggjøres personopplysningene utenfor EU/EØS til en tredjestat eller internasjonal organisasjon?

Nei

Sikkerhet

Oppbevares personopplysningene atskilt fra øvrige data (koblingsnøkkel)?

Nei

Begrunn hvorfor personopplysningene oppbevares sammen med de øvrige opplysningene

Det vil kun oppbevares personopplysninger som deltaker har godkjent at kan lagres og evt. publiseres.

Hvis intervjuobjektet ikke godkjenner publisering av deler av informasjonen vil den ikke lagre, evt. umiddelbart anonymiseres eller slettes

Hvilke tekniske og fysiske tiltak sikrer personopplysningene?

- Personopplysningene anonymiseres fortløpende

Varighet

Prosjektperiode

16.01.2023 - 30.06.2023

Hva skjer med dataene ved prosjektslutt?

Data slettes (sletter rådataene)

Vil de registrerte kunne identifiseres (direkte eller indirekte) i oppgave/avhandling/øvrige publikasjoner fra prosjektet?

Ja

Begrunn

Kun ved oppgitt samtykke eller der det er ønskelig.

Tilleggsopplysninger

Appendix **B**

NSD Approval

NSD approved our application to collect data, on the basis that we follow our plan for data collection.

The appendix is written in Norwegian.



[Meldeskjema](#) / [Masteroppgave om bruk av 5G i forsvaret](#) / Vurdering

Vurdering av behandling av personopplysninger

Referansenummer

497201

Vurderingstype

Automatisk ⓘ

Dato

14.02.2023

Prosjektittel

Masteroppgave om bruk av 5G i forsvaret

Behandlingsansvarlig institusjon

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet / Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk (IE) / Institutt for informasjonssikkerhet og kommunikasjonsteknologi

Prosjektansvarlig

Eirik Larsen Følstad

Student

Torbjørn Birkenes

Prosjektperiode

16.01.2023 - 30.06.2023

Kategorier personopplysninger

Alminnelige

Lovlig grunnlag

Samtykke (Personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a)

Behandlingen av personopplysningene er lovlig så fremt den gjennomføres som oppgitt i meldeskjemaet. Det lovlige grunnlaget gjelder til 30.06.2023.

[Meldeskjema](#) ↗

Grunnlag for automatisk vurdering

Meldeskjemaet har fått en automatisk vurdering. Det vil si at vurderingen er foretatt maskinelt, basert på informasjonen som er fylt inn i meldeskjemaet. Kun behandling av personopplysninger med lav personvernulempe og risiko får automatisk vurdering. Sentrale kriterier er:

- De registrerte er over 15 år
- Behandlingen omfatter ikke særlige kategorier personopplysninger;
 - Rasemessig eller etnisk opprinnelse
 - Politisk, religiøs eller filosofisk overbevisning
 - Fagforeningsmedlemskap
 - Genetiske data
 - Biometriske data for å entydig identifisere et individ
 - Helseopplysninger
 - Seksuelle forhold eller seksuell orientering
- Behandlingen omfatter ikke opplysninger om straffedommer og lovovertridelser
- Personopplysningene skal ikke behandles utenfor EU/EØS-området, og ingen som befinner seg utenfor EU/EØS skal ha tilgang til personopplysningene
- De registrerte mottar informasjon på forhånd om behandlingen av personopplysningene.

Informasjon til de registrerte (utvalgene) om behandlingen må inneholde

- Den behandlingsansvarliges identitet og kontaktopplysninger
- Kontaktopplysninger til personvernombudet (hvis relevant)
- Formålet med behandlingen av personopplysningene
- Det vitenskapelige formålet (formålet med studien)
- Det lovlige grunnlaget for behandlingen av personopplysningene
- Hvilke personopplysninger som vil bli behandlet, og hvordan de samles inn, eller hvor de hentes fra
- Hvem som vil få tilgang til personopplysningene (kategorier mottakere)

- Hvor lenge personopplysningene vil bli behandlet
- Retten til å trekke samtykket tilbake og øvrige rettigheter

Vi anbefaler å bruke vår [mal til informasjonsskriv](#).

Informasjonssikkerhet

Du må behandle personopplysningene i tråd med retningslinjene for informasjonssikkerhet og lagringsguider ved behandlingsansvarlig institusjon. Institusjonen er ansvarlig for at vilkårene for personvernforordningen artikkel 5.1. d) riktighet, 5. 1. f) integritet og konfidensialitet, og 32 sikkerhet er oppfylt.

Appendix **C** Information Sheet

This appendix contains the information sheet attached to the application to NSD, which we sent to each interviewee participating in this project.

The appendix is written in Norwegian.

Vil du delta i forskningsprosjektet

«Bruk av 5G i forsvaret»

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å se på hvordan forsvaret kan benytte seg av 5G. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Formålet med prosjektet er å se om det er noen av egenskapene ved 5G som gjør at forsvaret kan benytte seg av 5G på en god måte i ulike scenarier. Det vil fokusere på transport av sensor data for å skape et bedre situasjonsbilde for landstyrker. Omfanget av din deltakelse vil være deltakelse på et intervju der vi drøfter ulike problemstillinger, utfordringer, scenarier og potensielle bruksområder du kan relatere til problemstillingen med bakgrunn i din ekspertise.

Dette er en del av datainnhenting til min master oppgave ved NTNU.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Institutt for informasjonssikkerhet og kommunikasjonsteknologi er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Du er forespurt på bakgrunn av din ekspertise innenfor dette feltet og anses å kunne ha relevante erfaringer, kunnskap og tanker som kan bidra til oppgaven. Det er en mindre gruppe som vil få disse forespørselene og det vil gjennomføres dybdeintervjuer.

Ditt navn har kommet fram etter forslag fra:

Hva innebærer det for deg å delta?

En deltakelse innebærer å delta i et dybdeintervju. Omfanget vil være på ca. 1 time. Opplysningene vil registreres på lydopptak og deretter bli transkribert og vedlagt oppgaven.

Jeg vil også be deg oppgi opplysninger om ditt arbeid, herunder stilling og erfaring for å skape et klart bilde av hvem som kommer med disse meningene og bakgrunnen for det. Det kan tas hensyn til å anonymisere deler av dette hvis det er ønskelig og graden av detaljer kan tilpasses ut ifra behov/ønske.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- Det vil ikke lagres noen personopplysninger du ikke ønsker å oppgi.
- Det vil ikke bli lagret noen tabell eller liknende oversikt som kan koble deg til anonymiserte innhentingskildene.
- Opplysninger du er komfortabel med å oppgi vil inngå som en del av oppgaven og publiseres.
- Den eneste andre personen som i utgangspunktet også vil ha tilgang til personopplysninger eller vil kunne identifisere deg vil være ansvarlig professor ved instituttet, Eirik Larsen Følstad. Dette kan tilpasses etter ønske eller behov og kan også anonymiseres om ønskelig

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes 31.Juni2023. Etter prosjektet vil transkripsjoner være vedlagt oppgaven og være publisert. Alt datamateriale og opplysninger som ikke er publisert og inngår i oppgaven vil slettes. Graden av anonymisering i publikasjonen styres i dialog med deg.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra instituttet for informasjonssikkerhet og kommunikasjonsteknologi har Sikt – Kunnskapssektorens tjenesteleverandør vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- å få slettet personopplysninger om deg
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- institutt for informasjonssikkerhet og kommunikasjonsteknologi ved Torbjørn Birkenes på torbjbi@stud.ntnu.no eller veileder Eirik Larsen Følstad på eirik.folstad@ntnu.no
- Vårt personvernombud: Thomas Helgesen, thomas.helgesen@ntnu.no

Hvis du har spørsmål knyttet til vurderingen som er gjort av personverntjenestene fra Sikt, kan du ta kontakt via:

- Epost: personverntjenester@sikt.no eller telefon: 73 98 40 40.

Med vennlig hilsen

Prosjektansvarlig
(Forsker/veileder)

student

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet bruk av 5G i forsvaret, og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

å delta i intervju

Velg ønsket alternativ:

at opplysninger om meg publiseres slik at jeg kan gjenkjennes med navn og stilling/arbeidserfaring

At kun følgende opplysninger om meg publiseres:

Fornavn

Etternavn

Tidligere arbeidserfaring

Nåværende arbeid

Stillingskategori/arbeidsfelt

Annet? Spesifiser: _____

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Appendix **D** **Interview Guide**

This appendix contains the initial version of the interview guide for end-users.

The appendix is written in Norwegian.

Intervjuguide

Innledning til intervjuet der man går gjennom formålet med oppgaven, temaet ol.

Intro

Kan du starte med å fortelle litt om din egen bakgrunn innenfor utdanning, relevante interesser, arbeidserfaring og hva du jobber med idag?

Kartleggende spørsmål:

- Hvordan vil du beskrive din kjennskap til forsvaret og spesielt landbaserte styrker?
- Hvordan vil du beskrive din kjennskap til tekniske løsninger de benytter i forbindelse med kommunikasjon, overvåkning og andre verktøy for å danne et situasjonsbilde?
- Hvordan vil du beskrive din kjennskap til 5G og de mulighetene som åpner seg med den nye teknologien?

Tekniske spørsmål:

Gen. spørsmål som vil være oppklarende på om teoretiske ting i 5G vil innføres, hva deres syn er på det og om det vil være nyttig i et forsvarsperspektiv. Spørsmålene vil tilpasses ilt. Oppgaven og med ulike intervjuobjekter

- Ser du noen relevante egenskaper med 5G som vil kunne være viktige å utnytte for forsvaret? Og på hvilken måte?
- Ser du noen potensielle utfordringer med 5G spesifikasjonen som ikke vil gjennomføres eller implementeres med en gang? Og på hvilken måte?
- Ser du noen store tekniske utfordringer med 5G knyttet til forsvarets måte å operere på i fredstid?
- Ser du noen utfordringer med 5G knyttet til operasjoner hvor det er mer utpreget sabotasje og et mer usikkert scenario?
- Hvordan laste og gjøre klar brukere? Legge til flere brukere, fleksibilitet i broken?

Use-case relaterte spørsmål:

- Ser du noen utfordringer i forsvaret når det kommer til å skape en god situasjonsforståelse?
- Hva er dine tanker, tanker om årsaken til og prioritering av viktighet rundt disse?
- Hvordan kunne vi løst disse og hvilken type teknologi er det aktuelt å benytte?
- Er det noen situasjoner der man har et behov for bedre kommunikasjonsløsninger for å løse noen av utfordringene?
- Er det noen ting du tenker 5G burde brukes til?
- Er det noen ting du tenker 5G ikke burde brukes til? Hva burde brukes istedet?

Verifikasjon av forslag og ideer:

- Hva tenker du om følgende ideer? X,y,z?

- Er det realistiske å gjennomføre?
- Vil forslagene tilby en økt situasjonsforståelse eller oppdragsløsning for forsvaret?
- Er det andre måter det kunne vært løst bedre på?

Appendix **E**

Interview: User-centered interviewee 1

This appendix contains the transcript from one of the user interviews. The user in this transcription has experience from a bachelor's degree in Telematics from the Norwegian armed forces Cyberengineer school at Jørstadmoen. Has experience from the Signals battalion in Brigade North in Bardufoss, with experience in communication systems, servers, and establishment of these in deployable command posts.

This appendix is written in Norwegian. The letter "I" indicates that the interviewee is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	T	Det første jeg lurte på er bare sånn. Jeg kartlegger også bakgrunnen dere har. Hvis du bare vil snakke litt kort om din utdanning og arbeidserfaring bare ett minutt liksom.
2	I	Ja skal prøve å gjøre det relevant også opp mot dette. Jeg har samme bakgrunnen som deg. Jeg gikk på telematikk i forsvaret. Det er en linje som ja er basert på ntnu og fikk da bachelor innenfor telematikk da og har da jobbet i sambandsbataljonen i 5 og et halvt år. Mye er innenfor radio og en del som er samband egentlig
3	T	Hvilke type systemer og sambandsløsninger har du jobbet med? For det var mest i kommandoplass?
4	I	a har egentlig vært i kommandoplasser for det meste. Hva som jeg har jobbet mest med det er litt vanskelig å si for det har vært egentlig ganske mye forskjellig da. Det er jo de løsningene vi har gjennom forsvaret som er MRR, som er på VHF band. Med de løsninger som kommer med det Ellers så er det Harris. Og de forskjellige systemene rundt det. Og det har vært mye 4g, altså vanlig sånn data nettverket eller mobilnetverk. Det har vært satcom, satellittkommunikasjon. Også har det vært drift av servere. Mye innenfor det og litt sånn radiolinje, UHF og litt innenfor det også. Ettersom sitter på en kommandoplass, og man bruker liksom egentlig stort spekter egentlig av alt mulig bære da ut av kommandoplassen.
5	T	Hva har dere brukt 4G til tidligere?
6	I	4G har blitt brukt til å høyne mengden data som vi kan sende i mellom kommandoplasser i hvert fall. Øker i hvert fall belastning, noe som kommandoplasser krever hvertfall.
7	T	Bra. Hva kjenner du til med mtp. 5G? annet enn at det gir mer båndbredde kjenner du noe mer til 5G og de nye mulighetene?
8	I	Jeg har ikke hatt så veldig fordykning for 5 g. Nei, det har ikke jeg, men det som blir på en måte reklamert for det er jo hvor Lav latency det har. Og antallet brukere bak det da altså du kan ha mange flere i et område i motsetning til 4 g da. Og så er ikke jeg så kjent med de forskjellige type teknologiene, ettersom jeg føler at mellom 4 g og 5 g. Jeg kan ikke så mye om det, men er jo slik at det er jo mye av det samme. Det er bare bedre da. For eksempel Bedre form for beamforming. Det gjør at den er mye mer presis til å finne dine enheter og sende egentlig direkte til de. Og 5G, det er sikkert flere ting. Hvis du kan dele de i 2 da, så er det den delen der som har veldig høy hastighet og lav latency. Også er det den delen som brukes mer til vanlige consumere. Som for ikke å ha inn i en svær by da, så er det mange antenner, for eksempel hvor du har høy hastighet og latency si, men i sånn større områder, sånn som her oppe i nord da. Hvis det har vært aktuelt med 5 g, så hadde det brukt den andre typen, altså man kanskje har litt mindre hastighet og. Litt høyere latency, men samtidig kan ta for seg et mye større område ettersom det ikke er like robust da. Det er basically det jeg har hørt om det.
9	T	For det oppgaven handler om er jo litt å bruke 5g og prøve å skape en god situasjonsforståelse. Inn mot kommandoplasser så er det jo et behov for situasjonsbilde. Ja, du må ha situasjonsforståelse,

		kanskje rundt kommandoplasser og sånne type ting. Og 5G kan jo brukes da at du setter opp kameraer, så vi setter opp sensorer sånne ting. Jeg vet ikke jeg har du noen tanker om hvilket behov er det en kommandoplass for situasjonsforståelse rundt kommandoplassen? Hvis du har noen tanker rundt det?
10	I	Jeg vet jo at det i på ørlandet, så har jo de. Nå startet de ikke med 5G, men når de nå bruker de i større grad for eksempel kameraer rundt den leiren ettersom de har mye sensitivt utstyr og materiell og litt sånn der nå. Så fører til at de har egentlig større behov, derfor rundt leiren da. Og der har de slitt littegrann med at denne latencyen ikke er like god som den bør være, da selvfølgelig. Men hvis de hadde for eksempel hatt mulighet til å bruke 5 g, så kunne de også i tillegg kanskje skutt ut disse eller hatt et enda et ledd utenfor sitt første parameter da for å vise egentlig hvor ting rundt da som er kanskje kritiske punkter rundt i sitt eget lende da, i sin egen leir. Så I området der det er fast installasjon så kan jeg se at det er en veldig god måte å egentlig få større situasjonsforståelse som du snakker om nå da. Eller hvertfall større overblikk egentlig og kontroll i kanskje litt dypere i stedet for å ha lange fiberkabler som har blitt strekt langt da når man blir jo mye mer fleksibel og så man kan flytte disse kameraene rundt og finne ut av hva man har lyst til å gjøre deretter da. For kommandoplassen. Hvis du har kamera, vi skal kun ta den første da så kan jo man bruke muligheten der da til å så på lik linje. Egentlig dytte den her første instansen av sånn kontroll over sin egen kommandoplass et stykke ut da for eksempel hvis man har kjørt kommandoplassen inn i et i en enveiskjøring på en måte der er liksom du kjører litt lenger inn der. Og så har man i krysset da som kanskje er et stykke utenfor sin egen kommandoplass og sin egen nærforsvar da så kan man bruke det på en måte som en observasjonspost. Ved man har der man har en noen andre som sitter på vakta inne i leir/kommandoplassen og ser over egentlig akkurat det som skjer der borte. Ja jeg kan se det er egentlig en veldig god måte egentlig å bruke, for liksom kommandoplass uten å si så veldig mye om hva er egentlig de holder på med der inne da så selve nærforsvar å beskytte da, så er det en veldig god måte å bruke 5G på. Ja.
11	T	Hvilke krav tenker du er viktig for eventuelt ha sett på sånn kamera og løsning. Hvilke type krav tenker at du måtte ville stilt til kameraene med tanke på på batterilevetid fleksibilitet antall pris og litt sånn, hvordan type løsning tror du ville fungert best sånn sett?
12	I	Levetid bør jo være rundt hvertfall 24 timer tenker jeg da. For da har man en større periode der man kan, hvis man ser liksom for seg en en vanlig kommandoplass, og hvor lang tid de. Minst kan bruke på en plass da. Selvfølgelig er det andre mange kommandoplasser skal flytte mye fortere og men da er på en måte ikke det et problem da, fordi da har en mulighet til å flytte ofte. Men så lenge de har liksom de 24 timene, så har man en god muligheter til å bruke den kapabiliteten da. Antall da bør det være minst 3 kamera fordi da kan man bruke de i forskjellige vinkler i tillegg til sin egen posisjon da. Det er jo 360 grader rundt den kommandoplassen som må dekkes

		<p>selvfølgelig det står flere kameraer, desto bedre er det. Men med Kameraer så er jeg ganske sikker på at de klarer da og å få god innsikt egentlig om hva de har rundt seg da. Andre krav, da skal vi ta seg sånn latency her. Nå har jo 5 g egentlig allerede det som en del av teknologien så latency sin vil jo være relativt lav da, men. Sånn forsvaret ser jo noe som er viktigere robustheten da, ikke sant? Hvis det er nok med at det står 3 trær i mellom liksom og du mister forbindelse til kameraet på en distanse på, ja når man bruker kanskje hele mobilnettverket da? Men hvis du sier at det er sant 3 trær da, ikke sant? Og så mister man det signaler til det Kameraet ganske lett. Da bør man egentlig revurdere littegrann den løsningen synes jeg er da. Robustheten er jo ekstremt viktig. Det er både for selve utstyret og det signalet da, selve sendingen i mellom enheten.l</p>
13	T	<p>Det er viktig at det er robust kamera som holder og som har en sånn fornuftig måte å lade seg på. og tåle kulde på ol.</p>
14	I	<p>Ja. Det er mil-spec da rett og slett. For å følge opp, nå kommer jeg tilbake igjen, egentlig det. Det som jeg har lest litt om 5 g. Det er mer nå også en form for maskinlæring også som er involvert her. Ikke nødvendigvis akkurat til 5 g, men det er det som er tiltenkt å brukes, i hvert falli tilknytning til da hvis jeg ikke tar helt feil. Hvor for eksempel trafikk da hvor trafikkflyten og den fungerer og om hva som er beste måten å liksom sørge for at den her selvdrevne bilen klarer å komme seg gjennom da. Da må jo den kunne ha flere input fra flere steder og kunne lære selv om hvordan trafikkflyten fungerer fra et tidspunkt til et annet. Og i forsvarssammenheng. Så er det jo egentlig mer på maskinlæring del enn det de er 5 g, så jeg skal ikke si noe mer på det.</p>
15	T	<p>Nei, men det er spennende tanker som jeg føler sånn. Jeg har på en måte ganske åpen oppgave da.</p>
16	I	<p>Jeg var jo på, jeg går på hors nå, halvårlig studie ved krigsskolen på Linderund, Da var det mange foredragslesere og egentlig en del seminarer hvor forskjellige sjefer rundt omkring og i forskjellige sektorer, da egentlig mer eller mindre tilknyttet til forsvaret på en annen måte. Og da var det jo litt snakk om hva de kunne bruke maskinlæring til da. Det er jo mye informasjon som kommer til forsvaret, altså det er mange bilder. Det er mye kjenning. Det er mye etterretning. Det er mye innenfor det som kan få veldig mye ut av å bruke maskinlære Hvorvidt det kommer inn i 5 g? Ja det er spørsmål jo, man kan jo bruke 5 g som en form for transmisjon i mellom det her sånn at man får mye mer real time av det som skjer og igjen da få en real time etterretning da av det som skjer der ute også og kunne identifisere, kategorisere og de tingene her da fortløpende mens de mens etterretningen kommer inn da. Ja. Sorry nå byttet jeg tema, så jeg skal la deg få lov til å gå tilbake.</p>
17	T	<p>Nei, jeg vil si at jeg jeg føler er såpass åpen ennå så bare få masse innpust for plutselig så kommer du på noe har tenkt på og sånn. Men jeg tenkte på en annen ting, er det med en som kan kamera? Og da er liksom tre-fire kameraer, men er det noen andre typer sensorer du tenker kunne vært relevant? Fordi kameraet har jo høye krav til</p>

		strøm og kapasitet og sånne ting. Tror du lyd eller bevegelsessensor kunne vært aktuelt liksom.
18	I	Det hadde jo sikkert gått det? Jeg bare ser ikke helt. Jeg sier gått, men som bevegelsessensor. Det er bare se for meg at. Fordi med bevegelsessensor kunne du ta også ta fra et større område i tillegg. Men det, men det krever ikke så veldig mye da en bevegelsessensor eller en. En sånn lydsensor av et slag, tenker jeg da. Vet ikke om du krever en 5 g kapabilitet liksom for å få det troverdig da. Selvfølgelig så at får man jo lav latency der da. Hmmm og klarer da å tidligere rykke ut da hvis det er mye aktivitet utenfor i et eller annet punkt da i innenfor sitt område da.
19	T	Lurer på om du egentlig trenger 5 g for å ha en bevegelses sensor eller en lydsensor på en måte.
20	I	Ja.
21	T	Om, det er det beste for det. Da bruker du egentlig bare som en sånn transmisjons medium. Om du da like gjerne kunne bruke noe annet til det.
22	I	Nå tok jo jeg egt. bare til kommandoplassen da. Hvis man. Hmmm tar et større spekter egentlig av hva slags kvaliteter og forslag man kan bruke innenfor 5 g. Og da er jo det alt fra muligheten til å at sjefer i et operasjonssenter kan jo da streame et eller annet som er der ute og gir real time avgjørelser og beslutninger til det de ser der ute og kunne da egentlig støtte mye tettere opp mot det som skjer der ute. Selvfølgelig, det stopper jo en annen plass da imellom hvor sjefen og brukeren eller den som er der ute skal handle. Men de kan jo gi en mye mer troverdige beslutninger basert på det de ser det de ser det tror jeg, og så har det jo det som er snakket om tidligere. Hmmm. Det med å bruke en form for maskinlæring på baksiden da og bruke 5 g som en transmisjon da hvor og sensoren vil være for eksempel kamera med en person som sitter i en observasjonspost eller et eller annet, eller om man har en hel haug med observasjonsposter i en hel brigade. Da tar inn alt alle etterretninger og da klarer tidligere og identifisere en kjenning, altså dette her er den type. Denne her type kjøretøy, denne her type soldat, Fly, fartøy ett eller annet. Og da kan du jo bruke det istedenfor å bruke mye tid på å finne ut av akk hva det er så har man allerede identifisert det. Man har fått den informasjonen relativt raskt ettersom man bruker 5G. Og man kan da allerede begynne med å gi en beslutning basert på den etterretningen man har der ute. Sånn er den?
23	T	Er det at med 5 g så får du informasjonen. Produsert kjappere og mer informasjon da. Nå er det jo ofte sånn.
24	I	Du får mer så absolutt. Det er godt poeng man kan få det kjappere og man kan få mer. Og da har. Jeg vet ikke hvor mye eller hvor flinke en enkelt mann har mulighet til å. Ta inn såpass så mye etterretning at det kan ligne på form for big data, liksom dette er såpass mye at det må bearbeides før en person kan begynne å gi beslutninger på dette her da. Det er det i hvert fall noe her da som kan tas vekk. Det er andre ting som kan for eksempel da, hvis du har liksom inn den videostreaming der ute maskinlæring tar bare og se OK, her er det. Her er det bilde av et eller annet. Her er kjøretøy. Her

		er en person, og så tar en person og får kun bilder istedenfor hele videostreaming da, ikke sant? Ja. Det tror jeg.
25	T	Ja sorterer ut den delen hvor det ikke skjer noe da.
26	I	Det var veldig. Knyttet opp mot maskinlæring, da. Ja men 5G fasiliteter for veldig mye da. Det er som gjør at.
27	T	Jeg liker også å si om at du har jo muligheten til å gi, i og med at 5G er satt opp regionalt uansett så har du jo muligheten til å knytte flere til 5G streams, mye enklere enn du har via TKI og sånne ting hvor du har vel begrenset båndbredde og du må også bruke du må ha TKI eller et eller annet system inni der hvor de tar imot det signalet igjen. Så det har jeg en veldig sånn sammenkobling funksjon.
28	I	Det er sant.
29	T	Så lenge man klarer å opprettholde sikkerheten på det. Selvfølgelig hvis du har en 5G stream, og så streamer du til en annen, og så streamer han videre på på 5G, så må du ha en sikkerhet eller kryptering et eller annet mellom kanskje.
30	I	Det er sant. Uten at forsvaret jeg vet ikke om forsvar selv da skal ta ansvaret for sikkerheten i et 5G nettverk. Da det mener jeg selv at det beste kan være at den norske staten setter et krav da på for eksempel Telenor eller telia, som har da sånn som har et spenn på hele Norge da for eksempel så sier at det skal brukes hvert fall disse og disse tingene sånn sier NSM at dette her er det vi prøver å få til ettersom. Jeg vet ikke om de vet om NSM anser Telenor som kritisk infrastruktur?
31	T	jo kommunikasjonsnett er kritisk infrastruktur.
32	I	Ja ikke sant? Og da kan jo gi sette visse krav rundt der da, så hvis man sier liksom at at den type er på en måte ivaretatt da av totalforsvaret eller den sivile delen av de kapabilitetene som forsvaret bruker da. Bør jo selvfølgelig være ja, en kryptering er jo nesten et must da. Og vi ser jo nå da ved bruk av 4 g er at. De er på en måte ikke innenfor sitt eget nettverk, da. Ja. Men nå er det jo snudd på dette her da her.
33	T	Hvem mener at det er 4g ikke er innenfor eget nettverk?
34	I	Hvis du sier at disse disse er i nett, gjelder disse disse simkortene her. De er en del av forsvarsnettverket, og de skal prioriteres deretter da, og man kan sette inn i et eget private network da som som har en egen tag som sier at den type data skal rutes den veien der og ha den og den prioriteringen da. På lik linje som man kan si det samme om 5G. Jeg er ganske sikker på at du kan. Jeg mener å ha lest at du kan liksom sette sånn tags på liksom OK her er det en kirurg som driver og opererer noe. Det er jo det er jo veldig sånn da, men det er jo ikke på lik linje som deler, men det er jo det da. Og 4G, jeg er har jo mulighet til å sette sånne tags på da, og sørge for at man har et eget nettverk, og det bør jo 5G også implementere slik at man ivaretar Forsvarets behov der rundt det da. Vi har sett det tidligere da, at siden vår data ikke er prioritert, så ender vi opp med for eksempel store øvelser eller lignende da som krever veldig mye av et telenettverk. Og altså Telenor eller telia og det fører jo det til at det er på en måte det det er type flaskehals da. Mengden data nå som servere, radiosystemer og en helhet og andre ting da som nå bruker 4G er såpass mye og det er såpass mange nå som er på et ganske høyt nivå av mengden data de bruker så ender vi jo fort opp

		med at forsvaret blir stor bruker. Så der vil jo 5G egentlig løse det veldig greit. Ettersom de har mye større kapasitet til antall brukere disse og disse sonene. Og mengden data som kan gå gjennom det nettverket sitt. For jeg snakket om 5 forskjellige ting da jeg ikke om det går an. Ok ja.
35	T	Jeg tror jeg tror jeg ser jo inn i opptak etterpå, men jeg tror jeg har oppsummert liksom. Jeg tror jeg har lest en del om 5G, så jeg skjønner hva du mener, og jeg tror jeg klarer å filtrere det til 5 g ting også på en måte hvis du. Lurer litt på, for jeg tenkte på var det kommunikasjonen rundt kommandoplasser? Og der bruker man jo PFR eller ICOM eller noe annet for tale. En eller annen variant. Og de har jo en viss begrensning på rekkevidde. Og det er properitært utstyr, og at du når du kommer inn i en kommandoplass til noen andre. Så er det jo krevende sånn link up prosedyrer. Da må du mate håpe at de har et MRRtroppsnett satt opp eller at du kan linke på de med et felles brigadenett Som er veldig klønete egentlig. Ser du for deg at det finnes noen løsninger med 5 g her.
36	I	Du er inne på noe her, da? Hvis man får snakke om PFR og disse tingene så ser nesten får meg en eller annen form for inngang til IOT da. At det nesten er det såpass så lite da at det hvis jeg har bare nå noen bruker 5G kapasitet på det da så. Kan jo det også innenfor 5G, ettersom det har mye mer plass da. Ja, det er vel mulig. Det er jo fort mulig da hvorvidt forsvaret vil ha det. Ja, den er litt vanskelig den der altså. Den er litt vanskelig. Fordi at man vil jo egentlig ikke gi fra seg den typen som på troppsnivå da. Hvis vi ser på de nivåene her da, hvis man ser litt sånn på tropp og lagsnivå, så vil man egentlig ikke bruke så mye av 5 g kapasitet der da, fordi da går jo på en måte. Mye av den type data vekk, da? Nå tenker jeg at veldig at du har x antall-antennor rundt da, og du du sitter egentlig med et sim-kort inne i din egen PFR. Med nå gjør du ikke nødvendigvis det da du kan jo bruke andre deler av 5G da til å sørge for, at den er mer robust den PFR'en, du kan sørge for, at den har mer å gå på når det kommer til data, men det krever jo mye annet da i tillegg, synes jeg da. Det er på en måte ikke en PFR lenger. Det er jo nesten som å gi MRR radio 100 gig hastighet- en bedre radio. Det er 100 gigs hastighet liksom. Det er nesten ikke nødvendig hvis du skjønner hva jeg mener? Ettersom det kun er tale. Jeg skjønner jo veldig godt at det blir veldig mye sånn link up også da. Det er veldig mye forskjellige typer radio da som gjør sånn at ting er interoperabelt. Det er rett og slett en sammenheng mellom systemene. 5G kunne gjerne vært det midtpunktet inni her hvor ting blir hvert fall, man man retter opp mot 5G da. Men hver gang jeg tenker på 5G så tenker jeg egentlig big data da at det er det store mengder data det er snakk om. Disse må bruksområdene i det jeg tror jeg er klar helt og ser da.
37	T	Jeg skjønner på en måte tror jeg at det er jo ja, det er jo veldig. Det er jo handler ikke om store datamengder det handler mer om. Kompabiliteten mellom ulike tropper og konfigurasjoner, da i stor grad. Og at du måtte må jo ha en PFR med et sim kort. Og så må du ha en annen logisk måte å sette det opp på. Som gjør at du liksom kan komme i en bil, og så har du en mobiltelefon, kanskje med sin kort. Som gjør at du kan ringe etter telefonnummer eller

		sende data eller tale med push-to-talk inn til en kommandoplass og linke opp med de. Da det må være som en jævlig fancy løsning.
38	I	Selvfølgelig så er det. Vi har for mange radioer. Og mye kunne ha blitt løst med et par av disse radioene. Hvertfall innenfor det samme på en måte systemet, familietreet eller som enten fullt harris liksom eller fullt Kongsberg et eller annet, men ender opp med at vi har masse forskjellige da. Og det gjør egentlig ting litt vanskeligere som du sier da at. Det er liksom ikke en annen plass der disse tingene møtes da sånn tilsynelatende det er å tiltenkt det nå da. Hvis det kommer jo nye greier det forsvaret. Som egentlig holder på å bli, holder på å bli implementert og testet nå. Hvorvidt, de bruker 5 g. Du har jo FHCL som er den nye teleskuddet. Og så har man TMB. Sånn jeg vet ikke husker ikke helt hva det sår for. Der bruker de jo for eksempel beamforming da opp mot disse forskjellige radioene som ikke var noe som var tiltenkt, noe som man ikke brukte før da. Hmmm men da har muligheten til å for eksempel ha 6 gig liksom. Men det er med og da 6 gigabyte liksom så så hjelper det bare det veldig mye da. Det er sant. Men det er vanskelig. Ja, det er akkurat det da jeg synes det er litt. Det er litt mye å putte 5G på på det nivået da. Ja. Da må det liksom være mye data. Det må være liksom det er sånn jeg ser da. Det er altså da må det liksom være mye data, så du kan bruke det til det fulleste. Det trenger nødvendigvis ikke være enten så er det det, eller så er det på en måte å være lav latency sier at man må være et eller annet som man kan si ekstremt fort da. Men det er en type som nesten er opprettholdt med disse vanlige radioene.
39	T	Du er litt på ny radioen da liksom om den nye radioen klarer å ha en funksjonalitet som løser link-up eller noe av det der her. Så er det ikke noe behov måte. Nei hvor stor grad at de nye radioene klarer å være samlende, som du kan samle flere funksjoner og flere radioer i en. For det er jo litt den utfordringen kanskje er nå.
40	I	Ja altså. De nye radioene vil jo egentlig erstatt det igjen da på et høyere nivå. Der vi nesten være på bataljonsnivå igjen. Og oppover fordi det er den type mengden data de skal liksom håndtere og bruke nesten som et eget sånn 4 g nettverk da hvis du kan se det for deg på den måten der da. Det er nesten et eget 4 g nettverk som skal sende ut data og sånn det skal brukes da. Istedenfor å bruke 4 g. Men det vil jo ikke gi den type funksjonalitet helt ned til lagsnivå. Det gjør han ikke. Det er jo en annen radio der og. Kongsberg sin, Thor eller noe sånn Hvorvidt den? Har ikke lest nok om egentlig, så jeg kan ikke si noen kommentar om det. Det er sikkert noen andre som kan mer om dette.
41	T	Hva tenker du om eleverte sensorer sånn droner typisk sånn.
42	I	Jo og herregud. Ja ja. Ja, du trenger ikke å gjøre dette til flyvende droner heller. Det kan være droner som er på belter og så kjører rundt. Jeg tror jeg har sett noen sånne greier som vi har i hos i eben i tillegg hvor de bruker egentlig 4g til å styre disse her dronene. Jeg vet ikke hva de heter. Det er fortsatt drone, er det ikke det? Jo, det er det, og de er jo helt rå. Det er kan man jo få mye mer ut av det. Hvorvidt om det du skal brukes i for eksempel et farlig område hvor man usikker og man har ikke tid til å hente ingeniører for å grave ut miner som om man bare komme seg frem så fort som mulig. Bruker

		<p>en drone da som baner veien på at den veien her skal de gå. Ellers det er fienden har høye, har mye kapasiteter innenfor innenfor med sånn termisk da, men i en drone, så vil du ikke se noen type varmen da. Den vil egentlig kunne komme seg ganske langt frem da uten å bli spotta (sett) da sånn sett da. Hmmm å være lavtliggende i tillegg. Det er også en mulighet. Ja altså det. Den ser jeg absolutt innenfor droner, så jeg tror det er nesten er solgt egentlig. De trenger det der borte.</p>
43	T	<p>For det er så vanskelig å si. Det er kanskje sånn mye droner fungerer jo med egne kommunikasjonsprotokoller uansett. Det er en sånn trenger man 5G for å snakke med droner eller er det for å overføre mer data? Hvorfor trenger man 5G til droner da har det egt noe med hverandre å gjøre på en måte.</p>
44	I	<p>De klarer å løse ganske mye uten ja, altså bruker 5G. Men jeg er ganske sikker på at man man kan man kan dytte ned den her latency igjen da. Ganske drastisk da. Det er kanskje som at det er vanskelig å kjøre et kjøretøy som har. 3 millisekunder for eksempel i delay når du kjører det. Det er jo veldig lite egentlig. Men det er nok egentlig til, at man ikke er like effektiv, når man driver og kjører det fartøyet eller der kjøretøy. Jeg tror det er egentlig er på latencyen det står på. Ellers egentlig, jeg kan jo si at jeg ikke har sagt det tydelig nok da, men ved å bruke 5G på kommandoplasser så kan man løse ganske mye med antall brukere, mengden data og den typen latency som jeg ofte er et problem da hos noen sensitive utstyr og materiell. Det er alltid egentlig fra type, altså på krypto til enkelte applikasjoner innad og enkelte systemer da som har et mye høyere krav på latency enn de fleste andre systemer som krever egentlig en veldig lav latency. Og 4G klarer liksom ikke å opprettholde det på en god måte, da. Jeg ser jo nå.</p>
45	T	<p>Tenk på voice services for eksempel, eller noe sånne ting? At det blir hakkete og dårlig opplevelse når man ikke har priority service og lave egentlig.</p>
46	I	<p>Ja og krypto hopper ut etter hvert også. Det begynte vi å se nå etterhvert at det er jo egentlig ment for å være veldig robust da disse kryptonettene, men med en gang det er for lav latency, så er det jo ganske sensitiv på å kutte ned egentlig en type trafikk da. Som de skal gjøre ettersom de ikke har fått en god nok ACK på en måte. Og det er egentlig det er det står på da at det tar så lang tid da før den dataen de får liksom bekreftet den type dato som kommer gjennom at selve enheten må nesten kutte den der den forbindelsen, fordi den er ikke troverdig lenger på en måte. Hvis du ser det for kryptonyheter. Hvis du ser på andre applikasjoner innad, så har man egentlig alt fra voice til enkelte tjenester eller applikasjoner innad. Og jeg kan jo ikke si så veldig mye her da, men vi har jo en type har en type tekstapplikasjoner og du kan skrive hverandre i teksten. Den vet du om? Og denne er også veldig sånn sensitiv til akkurat den kan du jo hoppe ut da. Ettersom man ikke har konektivitet til serveren for eksempel for den er basert på en form for signaturer og en timeout. Ikke sant? Det står veldig mye på den timeouten. Og så har vi også begynt å implementere andre systemer i kommandoplassen som er opp mot fires. Og innenfor firess der er</p>

		det jo også et større bruksområder innenfor 5G, ettersom man må ha lav latency. For å kunne bekrefte troverdig på forskjellige mål, for eksempel. Eller man sender inn. Vi vil gjøre noe med den med den her plassen her da, og så går det gjennom en hel kjede, og så skal det liksom komme tilbake igjen. Og på liksom bekrefte ja, dette er det vi skal gjøre. Men på den tiden det gjennom hele kjeden, så er det på en måte allerede vært en timeout på det initielle målet da eller den situasjonen som de ser da. Det har jo det er veldig sterkt tilknyttet til den her situasjonsforståelsen som er utenfor. Ved å ha lavere latency, så kan man raskere gi den samme situasjonsforståelsen utad til de andre kommando plassene eller utenhetene for den saks skyld.
47	T	Hvor at det er ikke nødvendigvis, at den latencyen skal gå fra. 40 millisekunder da til 4 millisekunder men jeg ser for meg at det er viktig at den ikke går opp fra 80 millisekunder til typisk ett eller 2 sekunder. Det at latencyen er fixed og lav er viktigere enn at den er ekstremt ekstremt lav for de 20 millisekundene forskjell de hadde ikke vi som mennesker klarte å plukke opp uansett altså, men det er når den hopper ut at det blir helt jævlig.
48	I	Så absolutt den er der. Den robustheten er jo så viktig at den ikke det tenker jeg vi skal robusthet med at den er fiks da på et eller annet, så da gir deg mye mer. Det hjelper egentlig veldig på det systemet fordi at vanskelig. Vi har ikke muligheten til å flytte på den timeouten hele tiden, ikke sant? Så det er jo egentlig det da som det står på da det er å ha. Det er ikke nødvendigvis å ha den laveste latencyen der og da. Den er jo fixed, men selvfølgelig, så vil jo hjelpe til disse situasjonene å ha lav latency tillegg og 5G skal jo, ha bedre transmisjons protokoller. Og det skal jo gi sånn at det er mer robust da. Så sånn sett da så er det jo bruksområde rundt det også hos forsvaret.
49	T	Jeg oppsummerer også litt. Vi har snakket litt om situasjonsforståelse rundt kommandoplasser. Og nytten av å kunne ha kameraer, streame ting tilbake igjen, men det stiller veldig høye krav til robusthet i transmisjonen av det. Typisk kan ha den et godt stykke unna. Det må være robuste i forhold til, trær og sånne type ting. Og så behovet for å kunne sende ut droner fra kommandoplass som bruker 5G eller andre protokoller og som spør om man trenger 5G eller ikke, men ser litt på kravene til latency båndbredde og rekkevidde. 5G er i stor grad en mulighet, men da må man vurdere om 5G er bedre enn det som leveres med drone da. Ja, det er egentlig kommet mest fram til er jo ikke som situasjonsforståelse messig.
50	I	Det er jo det er jo. Det er ingen tvil om at den er en upgrade fra 4G. Det er en grunn til at den generasjonsskifte. Og derav, så gir det mye mer kapabiliteter rundt i forsvaret. Du skal ikke legge skjul på da, vet ikke om det bør drøftes da om hvorvidt forsvaret er klart da klare til å ta imot den type kapabiliteter og bruke det på ypperste måte. Hmmm. Fordi mange av de systemene som er på innsiden, altså det det 5G skal brukes til. Det er ikke up-to-date, hvis det gir mening.
51	T	Ja på graderte systemer også?

52	I	Ja for det er jo det er jo enheter som er flaskehals da for å si det sånn da. Sånn som er flaskehals i nettverket? Så kan du jo tenke deg frem til hva som er flaskehals, Sånn uten at jeg trenger å si særlig mye.
53	T	Men trenger ikke noe detaljer på det. Det skal jo på en måte han skal være ugradert her. Det er en viktig ting å modenhet i systemet for å utnytte 5 g er jo viktig.
54	T	Jeg tror ikke jeg har så mye mer ting, utfordringene, situasjonsforståelse prioriterer myndighet. Da stopper jeg opptaket.

Appendix **F**

Interview: User-centered interviewee 2

This appendix contains the transcript from one of the user interviews. The user in this transcription has experience from a bachelor's degree in Telematics from the Norwegian armed forces Cyberengineer school at Jørstadmoen. Has experience from the Signals battalion in Brigade North in Bardufoss, with experience in communication systems, servers, and establishment of these in deployable command posts. He has experience in several different positions and overseas operations. He has been to the Cyber Defense Weapon School in Lillehammer and has now entered a communications position in Bergen.

This appendix is written in Norwegian. The letter "I" indicates that the interviewee is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	T	oppgaven, den handler jo om. Situasjonsforståelse Og hvis du har lyst til å relatere litt til det du har jobbet i kongeplass, kanskje i oppe i nord først. Hva er det på en måte som skaper dere situasjonsforståelse?
2	I	Du har en live. Du lager en live situasjonsforståelse eller blåprikkbilde eller battle management system. Det er mange navn på det. Den lager et live bilde av posisjonsdata på underenheter Som på en måte gir deg som du får liksom. Ja, speiler ganske godt ut og i kart. Du er jo ganske godt kjent med. NORBMS, norccis interaksjon. Ja og så da kombinert med at du enkelt kan få opp planverk du har. Hva skal vi si? Alle enheter bruker de samme planprosessene, og du kan enkelt liksom transittere deg til hverandre overføre deg til hverandre. Og du bruker teknologi eller ikt systemene til å kunne nå alle de ulike aktørene da, både gjennom. Video, tale, chat sånn type ting. Fordele SA. De enkleste verktøyene som kanskje gir og gir og mest. Det er jo på en måte felles chatrom. Ja blå prikk bildet eller posisjonsdeling.
3	T	Blåprikkbilde du snakker om det er mest andre enheter andre tropper og kjøretøy, og sånn holdt på å si eller hvilket nivå er det det fungerer på?
4	I	Ja, det er riktig. Der det gjelder andre. alt i fra lag til panservognene. Jeg vet ikke om du har beskrevet dette noe om dette allerede. Eller om det er et poeng at jeg skal beskrive tradisjonelt blåprikkbilde.
5	T	Beskriver littegrann, så jeg på en måte kan bare bruke kilder istedenfor å bare si hvordan det er. Det er en mellomting på en måte.
6	I	Ja ja OK ja. Så blå prikk bilde eller posisjonsdeling skjer med at enheter på. Ja strukturen er jo på en måte lag, tropp, kompani, bataljon, brigade. Så hele veien opp, så kan de rapportere posisjon. Og det er vel vanlig at brigaden sitt med posisjonsdata på helt ned i fra lagsnivå hele veien opp som de har kontroll på hvor han vi sanitetspersonell, og hvor har vi stridsvogner og sånne type ting. Så når du får alle enhetene inn i samme applikasjonen da som egentlig et kart med posisjonsdata. Så får du en veldig god oversikt. Og i det som er verktøyet, så kan eller samme applikasjon, så kan du og. På en måte skissere inn der en har sett fiendtlig observasjoner og så bruker dette som et referansegrunnlag nå,

		for liksom hvor er vi og hvor er finenden.
7	T	Finnes det noen god måte for sortering i dette verktøyet eller er det liksom sånn at det du får jo veldig mange enheter etter hvert? Hvordan klarer man å sortere? OK, her er de her er de her er de. Er det noe sånn? Eller er det sånn at vi setter en grense på hva du skal sende oppover?
8	I	Ja. Det er vel på bataljonsnivå da så styrer en, hvilke enheter som skal sendes til brigaden, som er på en måte det samlende elementet. Og så mener jeg at de og sender ned igjen et felles bilde da, så det er jo mange forskjellige bataljoner som sier noe om hvilken informasjon skal vi sende opp på brigadenivå Og så i fra brigadenivå ned, så deler da ut felles bilde med alle bataljonene. Der kan du designe hvilke enheter du ønsker skal dele, og ikke. Det er et verktøy som heter ORBAT eller order of btaale, som egentlig bare hierarkistrukturen Så kan du på en måte navngi forskjellige enheter ut ifra den etter sånn som brigaden og her er bygd opp. Og så kan de forskjellige bataljonene bestemme. Hvilke enheter som skal Deles opp i fellesbildet.
9	T	Det du får av dette verktøyet er jo egentlig blir egentlig at du ser andre større enheter. Men det er jo stor grad avhengig av at de først sender det tilbake igjen til sin kommandoplass. Og så sende det opp til brigaden, og så sender de ned inn til deg. Så hvis måte en annen avdeling er i området ikke er på samme nett som deg. Så vil det ikke være noen direkte forbindelse mellom dere.
10	I	Hva? Hva var spørsmålet, om det er forbindelse mellom alle bataljoner eller alle enheter.
11	T	Det er jo så en kommandoplass da, og så kommer det et lag fra en annen bataljon. Så er det på forskjellige MRR-nett, så dere sender jo ikke posisjonene direkte til hverandre direkte. Da må som den enheten her må sende sin posisjon tilbake igjen til sin kommandoplass. Opp til brigaden og ned igjen til dere. Så en lang rekke her har det noe å si for situasjonsforståelse?
12	I	Nei, det er vel den ryddigste måten, og det blir jo en transmisjons kontroll blant annet. Hmmm du risikerer jo selvsagt at hvis informasjonsflyten brytes, eller hvis du ja tar ut et ledd. At

		<p>informasjonen ikke er når fram, så kan du jo miste denne informasjonen? Mens det motsatte. Det kan bli for mye informasjon, og hvis alle enheter skal kringkaste til alle hvor de er til enhver tid. Så vil du jo risikere at du spammer ned hele kapasiteten av nett som du har bygd opp. Så det er en sånn der trade-off der en han har valgt, og dele posisjoner oppover, og at vi fra bataljon til brigade bestemmes hva som skal hvilken informasjon som skal flyte oppover og nedover. Når jeg snakker om opp og ned, så er det. henvisning til hierarkiet da hvor du har i nedenfra og opp så har du lag tropp kompani bataljon brigade hærstab FOH. Så du har på en måte oppover kjeden og nedover kjeden er når du på en måte har bygget et felles bilde på brigadenivå og dytter den ned igjen til de andre bataljonene.</p>
13	T	<p>Nå bruker man jo VHF radioer til akkurat den oppgaven her. Men hvis jeg kom med en tanke jgar har gjort nå. Ville en kommandoplass hatt nytten av å ha mer kontroll i sitt nærrområde enn det han produsert gjennom blåprykkbildet som deles gjennom VHF radio? Type da at. Du har en annen. Det må på en måte være et. Ikke et helt nytt system, fordi da blir det på en måte for mange systemer blir sånn enkel måte kunne fått til at alle sammen er på en måte på samme nett eller alle snakker med hverandre. Også deler du din posisjon til alle som er liksom i samme kall det en MRR boble, direkte sånn at alle får en direkte forbindelse på alle enheter som er i samme område.</p>
14	I	<p>Det er en ting som kunne vært en fordel. Men der også så vil du jo gjerne ha i mange tilfeller kontroll utover den VHF boblen du står i. VHF'en blir jo litt sånn begrenset, i hvert fall i Norsk terreng, sånn størrelsen på bobla så. Det kan jo potensielt være ønskelig å at du hente inn data fra fra lenger enn bare innafor intern VHF boble. Men det finnes jo helt sikkert en måte å. Hva skal vi si hvis du deler mer posisjonsdata og så sette på et sånn geofilter at alt innenfor 3 mil interessant alt utenfor ikke interessant.</p>
15	T	<p>Nå er det litt igjen også. Kapasiteten vi snakker om tidligere da. At det kan være en begrensende faktor for at så mange enheter skal sende så mye informasjon egentlig.</p>
16	I	<p>Det gjør det. Ja, jeg har ikke data på det hvor mye båndbredde den har med Dagens VHF. Og så har heller ikke sett noe på neste radio, hvor mye båndbredde den ser for seg å ha i den. Eller hvor mye data en ser for seg</p>

		spammes med med posisjonsdata.
17	T	Det er jo spennende, at man med geolokalisering, det jo ikke noe man bruker, men spørsmålet er om hvilket nivå man skal løse det på? For hvis du starter å løse det på applikasjonsnivå så må du jo sende, og så må applikasjonen si. Det her sender jeg videre med sine kun i en retning eller kun en annen retning. Så vil du da ta opp kapasitet i det elektromagnetiske spekteret da? Inntil dere slutter å sende posisjonen til de enkelte. Ja skal vi se?
18	I	Ja ikke helt altså tenker du på liksom kan jo sette tidsrammer på hvor ofte du skal oppdatere posisjon. Du kan jo hente posisjon på ulike måter. Det må ikke være gjennom gps. Du kan jo bare sette den manuelt da og pushe det. Men erfaring er vel fort at alt som må gjøres manuelt er fort å gløyma så kan gi unøyaktig eller feil informasjon. Ja. Vet ikke om jeg forstod spørsmålet helt
19	T	Nei, jeg tror jeg fikk noen tanker. Jeg ser meg det nok vært kult, hvis man hadde hatt forsvarrets egne 5G sim-kort. Som er på telefonen, som er jobbtelefoner som er sikre og trygge og sånne ting. Og så har man bruker man sikret applikasjoner så ikke noe å sende en ukryptert. En eller annen form for software kryptering. så det som sendes sendes trygt. Og så setter man opp en basestasjon i et område. Og i det området så enten så er det en forsvarsbasestasjon, eller så er det typisk Telenor sin. Du må ha forbindelse til den basestasjonen, og den klarer jo å finne posisjonen din. Ved hjelp av 5G teknologien, så klarer du få nøyaktig posisjon mot er ganske bra. Så deling av produksjon til alle andre innad her sånn og den da basestasjonen sender ut posisjonsdata, eller at det er en server eller et eller annet i hver bobler i hvert område som deler her, kunne jo vært en løsning for å skaffe et mer sånn situasjonsforståelse over nærområdet.
20	I	Det høres ut som som en god ide. Ja altså at du setter opp egne basestasjoner og at posisjonsdeling skjer innad i basestasjonen.
21	T	Ja eventuelt liksom at du klarer å merke det sånn. Den her startet i basestasjonen en, og den skal da videre til basestasjon 2. Men ikke til basestasjon nummer 3, så de må jo på en måte. De må jo skjønne hvilken

		basestasjon de står ved siden av.
22	I	Ja, det er jo på en måte et verktøy, og problemet eller. Det er jo ofte en grunn til at den ikke bruker mobiltelefonen da, for eksempel allerede og en av de er jo sånn emisjons kontroller på en måte ikke ønsker. og lager noe sånn signalStøy holdt jeg på å si. Ikke lar seg detekttere i det elektroniske spekteret. Jeg vet ikke. Hvilke frekvenser bruker en sånn basestasjon egentlig?
23	T	Hmmm. De bruker jo veldig mye høyere frekvenser. Enn det du gjør på VHF og HF for eksempel. Så rekkevidden på sånne signalet vil jo være mye kortere. Men kan sikkert oppdages med sånn moderne teknologi for spotting og frekvenser. Men det er jo. Det er en sånn blanding da mellom sivile og militære. Frekvensbruk. Men jeg ser for meg eneste som bør tenkes på er at ikke sendes ut for mye eller for ofte eller fra stedet man vil holde skjult. Mer enn at man er redd for å bruke frekvenser for å skape en forståelse, for jeg føler jo. Ja god situasjon som baserer seg på mye deling av data vil gjøre deg lettere å detekttere. Men vil ikke nødvendigvis gjøre det mulig å si akkurat hva eller hvem du er og hvor ettertraktet mål du er. Det er ikke sånn at man ikke klarer å plukke opp VHF signaler man gjør nå heller. Klarer man å plukke opp 5G så klarer man å plukke opp VHF også.
24	I	Ja. Men hvordan snakker vi nå om? På en måte? Hva er fordelene med en sånn basestasjon som kan på en måte dele inn med et operasjonsområde i. Hva skal vi si? Egne sånn her blåprikkdelling eller andre ting.
25	T	Fordelen med det, det må jo være det at du får. Altså det er at du får mer forståelse over akkurat hvem som er det ditt område. Fordi på MRRr så er det jo satt opp en begrenset kapasitet, så du må på en måte ha flere hierarki, som du snakket om tidligere. Det skaper jo en treghet i forståelsen. Og en begrensning i hvem som skal ha den, fordi du må blant annet ha med deg en 10-15 kilos radio liksom. Og du må synke på ulike frekvenser når du flytter deg. Det er ikke ett nett. Det er jo mange nett som er satt sammen. Så brukervennligheten er jo kanskje ikke helt på topp. Spørsmålet er dette, hvordan kan man Innenføre det her på en smart måte. Det trenger ikke å være telefon. Det kan jo være en Liten ting som man putter i lomma si, og så putter den simkort. Bare

		eksempel.
26	I	Ja, men altså alle ting som bruker sim kort må velger liksom bare en sender da på. Jeg vet ikke hva. Hva bruker 5 g frekvensområde?
27	T	På avstand og sånn, eller er det?
28	I	Ja eller, vi snakker vel. Nå høres det ut som å være snakke om sånn hvis du skal finne en erstatning for VHF radio eller? Sånn comebat nettradio, så så tar du inn på en måte en annen teknologi. Som sikkert kan løse helt det samme på en bedre måte, eller ja. Så jeg bare var litt usikker på hva debatten er, men. Du kan du finne ditt løse Dagens bruk av VHF med 4 g eller 5 g. Teknologi. Men det er uklart om. Da vil være ressurseffektivt å kunne etablere. Nettverk og holde de oppe i en i et krigsscenario. Da vet jeg ikke det kan jeg ikke nok om, men det er jo interessant. Eller å bruke begge deler som liksom får være mer robust. Hmmm ja.
29	T	Apropos frekvensområder, de bruker rundt sånn 6 ghz og et som er mellom 24 og 40 ghz. Så er jo ganske mye høyere enn det som brukes på VHF radio. Lurer du på en annen ting? Hvis du vil forklare på en måte, hvordan skjer vakthold rundt kommunekasser for nå har man snakket om deling av informasjon for å skape situasjonsforståelse. Men når det kommer til egen skaping av stasjonsstørrelsen i området man er, typ vaktposter og sånne ting. Sånn grovt hvordan er det det fungerer og er det noen fordeler, ulemper, mangler og lignende rundt det?
30	I	Ja altså holdt på å si i forhold til hvor teknologien kommer, så er det jo mange ting en kan gjøre for å forbedre situasjonsforståelse. Vet ikke om klarer å gi en sånn ryddig presentasjon, men det er jo. Hvis vi ser for oss eksempelet med kommandoplass, som jeg har jobbet i tidligere, så vil du jo på en måte allerede i en planleggingsfase når du planlegger hvilke posisjoner de kan benytte meg av, så vil jo på en måte allerede der starte med å se på kartet hvilket terreng jeg kan utnytte og til min fordel. Hvilket terrenger en eventuell fiende kan benytte seg av. Det er på en måte allerede. Der starter jo på en måte. Situasjonsforståelse eller på en måte lokal situasjonsforståelse og forståelse over da områdene skal inn i. Og så når du står der, så er det jo vanlig at den danner seg et baseforsvar eller et. Nær forsvar med soldater og de våpnene og verktøyen måtte ha. Så en ting er liksom. Ja, en ting er nå både våpen, men bare på situasjonsforståelsen. Og så har du jo mye andre typer

		<p>kapasiteter som NVG er som en som her nattbriller. Eller termiske kameraer for å kunne se varmesignaturer. Og det er jo utrolig mye en kan gjøre for å forbedre situasjonsforståelsen sin i nærmiljøet, som for eksempel. I dag er ikke kjent med at det er noe særlig god måte å detekttere og ta ned drone, for eksempel alt ifra, liksom kommersielle droner til. Droner av militær standard. Så det er en type teknologi du kan bedre. Du kan jo sikkert. Det finnes en haug av kamerasensorer kunne ha brukt for å. Skaff skaffe seg bedre situasjonsforståelse. Så jeg vet ikke det kan jo det teknologien er jo det at du gjør veldig mye forskjellig bra, og så kanskje et spørsmål om penger og kompetanse og. Sånne type ting?</p>
31	T	<p>Altså rundt, blant annet på en måte det med droner og med kamera. Hvordan ville du tenkt at du måtte brukt det og kunne på en måte det relateres til 5 g eller til noen annen type teknologi kan på en måte kombineres med det dere har i dag, eller ja.</p>
32	I	<p>Ja, jeg vet ikke. Jeg er ikke kjent noe om det brukes i dag, men det ville jo være teknologisk mulig å hente inn sensordata en plass. Og så dytter de inn i informasjonssystemene våre. Så det er jo fullt mulig. Må det sikkert gjennom noe sånn sikkerhetsmekanismer først da. Men det er definitivt. Hadde vært fordelsaktig og hatt gode sensorer som henter inn relevante data og så tilgjengeliggjort da på de systemene vi benytter oss av. Ja T</p>
33	T	<p>Sånne som du sier litt med den dorulleffekten. For man kan jo tenke at man kanskje hvis man har kunnet kamera at man får litt ut av det og at det kan være en falsk trygghet, men at hvis man har noe som kan komplementere det et system i bakgrunnen som plukker opp og hjelp av detekterer eller liknende at det heller kan være en god løsning.</p>
34	I	<p>Ja da vil jeg si. Hmmm. Kanskje bruker disse? Ja, mer for liksom deteksjon og tidlig varsling, enn å belage seg på at det skal erstatte. Kan liksom ikke erstatte vakthold helt liksom. Men for eksempel. Hvis du har vakthold ute og du har en kapasitet til å finne ut om det er dronen i nærheten, så er jo da kjempefordel at du kan få en måte en sensor så plukke inn. Ja radar som kan se drone. Og så hvis du da detekterer noen på den, så kan du og varsle soldater. Og hvor den befinner seg, og som de har muligheten til å ta den ned. Ja.</p>

35	T	Hvis vi tenker rundt en kommandoplass? Hvilke andre typer sensorer kunne vært aktuelle, er det på en måte kun kamera eller kunne på en måte bevegelsessensorer eller lyd sensorer at aktuelle tror du? Har du noen tanker?
36	I	Usikker vet ikke. Det er helt sikkert noen innenfor noble eller combatlab som har jobbet litt mer med disse tingene, men det finnes så mye. Teknologi som kan bli aktuelt. Radar til å detektere droner eller innkommende ild. Termisk kapasitet hvis du har masse sensordata eller bilde eller termisk bilde eller hva som helst, som igjen kan leses av AI eller det er helt sikkert AI teknologi som begynner å bli ganske ram på analysere bildet. Så kan du jo på en måte ha plukket opp bilder uten at du nødvendigvis trenger en personer som ser på kamera at enhver tid, men at du kan få varsling om hva som blir sett til enhver tid og hvor ting befinner seg. Det finnes helt sikkert kamera som kan på en måte hvis den først gjør deteksjon kan på en måte undersøke nøyere. Jeg vet ikke. Det blir jo veldig sånn fantasifullt da teknologien har kommet langt til å gjøre ganske mye. Så. Det var vel noen som snakket om at de kunne på en måte. Det er noen som driver og selger at jeg kan ved 5 g teknologi høre skudd som ble løsnet og detektere posisjon basert på lydopptak da på forskjellige mobiltelefoner. Men det er jo veldig mye teknologi som på en måte teorien mulig, men som i praksis. Ikke nødvendigvis funker så godt for at du legger på mange andre eksterne faktorer. Ting som støy du har altså lyd støy. Funker kameraet i tåke, funker det i kulden, funker det i varmen. Det er liksom veldig mange ting som skal. Veldig mange krav som oppfyller stå i tillegg til å være den. Ja. En god ide. Ja.
37	T	Snakker litt med Jason tidligere. Da snakker jeg også litt det om robuthet. Og at det skal fungere i mange ulike forhold, er en veldig viktig ting. For det handler jo stor grad måte om like. Situasjonsforståelse hvordan vi skal på en måte skjønne mer, samhandle mer, at det blir mindre misforståelser. Vi tenker at 5 g kan brukes som noe annet som vi ikke har nevnt hittil?
38	I	Nei, jeg kjenner nok ikke 5 g teknologien godt nok ennå, men det er jo verdt å tenke på.
39	T	Det trenger ikke være begrenset til 5 g. Du kan bare tenke at hva er det, hvordan kunne skapt bedre situasjonsforståelse.

40	I	<p>Mm en ting som mange andre også har tenkt på er jo at. Hmmm og 5 g og 4 g eller generelt mobiltelefoner er jo veldig tilgjengelige. Og i krise krig så finnes da, så blir liksom hver eneste mobiltelefon i hele verden kan jo bli en sensor. Hmmm så det er nok veldig mye sånn innenfor totalforsvaret. For eksempel så er det nok sikkert mye en kunne ha gjort for å. Holdt på å si hvordan utnytter den informasjonen som flommer rundt på alle mobiltelefoner i hele Norge, liksom hvis den først liksom må alle kluter noe til, så hadde det vært sykt nyttig som en sånn krigsapp eller et eller annet sånn her. Sak som kan nytte seg av 4 g 5 g. Som folk kan logge på og liksom bidra med data inn, og så kan det liksom sluses opp og på en måte sorteres og settes i kontekst og. Jeg tror du innenfor. Ja situasjonsforståelse da så kunne du hatt helt syke fordeler hvis du på en måte klarer å støvsuge informasjonen som er tilgjengelig på vanlige folk sine telefoner. Og hatt en fornuftig måte å behandle informasjon, uten at det bare blir støy. Det er og er veldig sånn. Jeg ser ikke for meg noe enkel løsning på dag at. Jeg vet ikke helt hva som er gjort i Ukraina. Jeg lurer på om det kanskje har noe app eller noe sånn her. Jeg vet ikke. Men det kan jo tenke oss da.</p>
41	T	<p>Går du på en måte etablere en eller annen måte å melde ting inn på? Da er egentlig at det må være et system rundt rapportering, men det er jo ikke det at. Det eneste 5 g på en måte muliggjør mer enn 4 g på den måten. Er vel egentlig bare at 5 g har mer kapasitet. Sånn radiomessig, og at du har litt mer fleksibilitet med at du kan liksom dele ut egne simkort til forsvaret, så de simkortene har prioritet. Sånne type ting, det er ikke egentlig den. Ja, så kan du sette opp edge computing at man setter opp egne basestasjoner og løsninger, så man kan jo bygge mer robust nettverk med 5 g. Det er jo egentlig den teknologiske endringen og sorteringen av materialet som egentlig er det det henger mest på, kanskje.</p>
42	I	<p>Ja det er jo mange ting der da så for eksempel. Hvis sånn som du nevner, hvis forsvaret egen del av infrastrukturen som finner sånt i både i liksom. Og den data datastrømmen som går, så kan det jo på en måte. Vil jo være kjempemessig for Heimevernet, hvis alle deres soldater kan transittere og sender informasjon over infrastruktur og som du nevner visst. Hvis forsvaret evner å bygge egen infrastruktur, så har du jo plutselig. Høy kapasitet eller høyhastighetsdata som kan flomme på en måte både innenfor. området uten at jeg klarer å gi gode definisjoner på de her vekter og forstyrre områder også ikke alle sammen bygger infrastruktur som du. Hvis du kan koble på resten av verden da, så er det jo kjempefordel. Det kommer jo bare flere og flere</p>

		<p>typer teknologi på markedet for å transittere informasjon så. Hvis du kan ha 5 g lokalt og så kan du koble på Starlink for å få det ned til resten av verden, sa. Ja, det er veldig mye en kan gjøre for å liksom bygge infrastruktur, men og. Sannsynligvis hvis den har en god plan. Ja. Bruker for å hente inn informasjon og gi situasjonsforståelse på en mye bedre måte enn det som er vist her.</p>
43	T	<p>Ja, den gikk jeg veldig godt. Den tenker jeg at det å bygge kommunikasjonsinfrastruktur. Er en måte å få Situasjonsforståelse</p>
44	I	<p>Ja definitivt.</p>
45	T	<p>Jeg vet ikke. Hvis ikke du har så mye mer, så kan godt runde av nå. Jeg føler meg at jeg har svart på de. Tingene, vi har hengt litt på. Hmmm. Da stopper jeg opptaket</p>

Appendix

Interview: User-centered interviewee 3

This appendix contains the transcript from one of the user interviews. The user in this transcription has experience from a bachelor's degree in Telematics at the Norwegian armed forces Cyberengineer school at Jørstadmoen. He has been working in a department at CYFOR in Lillehammer since 2016. He has good experience with strategic communications systems and carriers. He has experience from several different positions and overseas deployments and has now taken up a position at Telenor in Lillehammer.

The interview ended quite suddenly as the wireless connection broke, but there were not any remaining questions so the session was not continued later.

This appendix is written in Norwegian. The letter "I" indicates that the interviewee is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	T	Lurte på bare første vi kan snakke om egentlig. Er jo litt den situasjonsforståelsen, og da kan du gjerne relatere til erfaringen du har fra fra forsvaret. Og så andre måter ikke ting da erfart selv. Men ting du har hørt om opplevd eller tenkt på. Er det noen ganger du føler at det har vært en manglende situasjonsforståelse.
2	I	Nå tenker jeg jo knyttet opp mot K2IS systemene, og sånn da om det har vært noe mangler. Der og ikke at det er noe som liksom i kaoset som oppstår at det har vært litt mangel på SA eller på. Ned på et lagsnivå for eksempel, men jeg kan ikke komme på sånn. Konkrete eksempler på, hvor kommandokontrollsystemet har vært begrensningen på å få god nok situasjonsforståelse i de scenariene jeg har vært borte. Jeg har veldig stor forståelse for at hvis man ønsker masse sensordata og alt alt sånt, så er jo. Så har jo ikke det vært mulig på grunn av kapasiteten og sånn man har hatt tidligere. Og at det er derfor ikke kanskje har vært så relevant å tenke på det. Ja, jeg har kanskje ikke tatt høyde for at det har vært et alternativ.
3	T	Hva tenker du på med mer Sensordata og hva som har vært begrensende for kapasiteten.
4	I	Nei, hvis et eksempel, hvis du skal ha et oversikt over et område bruker en UAV eller noe. Eller flere, og få inn den type data og sendt gjennom systemet til rette beslutningstager, for eksempel. Det kan jo det vil jo kreve litt og en ting er en drone feed, men hvis du skal ha flere for eksempel. Eller ja. Ja så vil jo tro at på en smalbånds link så vil man slite med å få sendt det bildet over.
5	T	Så det er kapasiteten på forbindelsen egentlig du snakker om som er begrensende for å på en måte utvikle det her og se videre på det.
6	I	Ja, jeg tenker at forsvaret har jo veldig mange smalbånds linker, for eksempel MRR. Hvor kapasiteten i på radionettet er jo så som så på grunn av de frekvensene og det hele som benyttes der og kryptering og ja begrensning i selve Radioen og betjeningspanelet. Mens man ved ja med vanlig bruk av 4 g 5 g på de kommersielle over det kommersielle nettet, så får man jo mye, mye mer høyere hastigheter og båndbredde som er tilgjengelig. å bruke. Så jeg tror jo, at i mange

		tilfeller når man bruker. Det kommersielle telenettet på 4 g og ja nå etter hvert 5 g så vil jo det fort være kryptoboksen eller noe annet i nettet som er flaskehalsen som er begrensningen på hvor mye data man får sendt.
7	T	Så egentlig bruker 5 g som en en mulighet da til å få mer data og det er mulig å på grunn av teknologien og utviklingen generelt ja.
8	I	Ja hvis det er et behov. En annen fordel med 4 g 5 g er jo tilgjengeligheten hvor det allerede eksisterer dekning. At man så og si i hele landet, kanskje litt vanskelig nord da, men nå enkelte steder, men at man i urbane strøk så har man som regel god dekning. God kapasitet. Og at det ikke man må og drive og etablere noe. Knutepunkt eller noe annet for å få sendt data dit man vil.
9	T	Det som er nå, så er det flere løsninger som kan bruke 4 g og det bedre, og så kommer det andre avdelinger som kan knytte de inn i FKI, og så bygger man videre ut i fra, men du må jo ha et eller annet punkt. Sånn gikk man starter å bygge ut ifra, og dette her må jo koordineres, man må finne hverandre og såne ting. Tenker jeg det at 5 g kan brukes initielt i områder. Der det ikke allerede er etablert struktur egentlig.
10	I	Mm. Ja at det kan det absolutt at både 4G og 5G kan brukes eller for å gi dekning til et nytt område som ikke har mobildekning. For å skape ja for å dekke det behovet som er.
11	T	Det er litt på de nye tingene som kommer med 5G. Som også har sett litt på. Det er jo da å spore bevegelser. I 5G så har man jo aktive antenner. Hvor man måtte ha muligheten til å. Fin peile ganske nøyaktig. med kun en aktiv antenne. Du kan på en måte si litt om det, og hvordan man måtte kunne ventuelle tenkt at sporing med en enkel antenne kunne brukes rundt kommandoplasser til. Ja spore eller såne type ting
12	I	Ja for. Et scenario med bruk av 4G, 5G kunne jo for eksempel vært at man i en kommandoplass så etablerer man en en baswstasjon som gir dekning over hele kommandoplassen. Da kunne folk koble seg på trådløst i stedet for å trekke kabling mellom containere og telt og alt

		<p>mulig. Men da vil jo man gi som du sier signatur. På radioen i det området Og fordelene med ny radioteknologi det som kalles massiv mimo for eksempel er jo at antennene elementene er aktive og kan rette den effekten de sender veldig, veldig i smal retning da. Så, at i stedet for å det en rundstråler denne som går, hvor ja det går like mye. Effekt i alle retninger så får man med bruk av massiv mimo. så det er veldig, veldig spesifikt da som man kunne peilet altså. Så hvis det var en kommandoplass som var litt utstrakt i et område, kan man sikte seg veldig godt inn mot de andre deler av den kommandoplassen da. Ja ved bruk av sånne teknologi, så vil det Være vanskeligere, og fange opp Signalene enn, hvis man ville sendt med en rundstråle antenne. Nå vet jeg ikke hvor stor den effekten er og hvor lett det er å plukke opp likevel og sånne ting der det kan alt for lite om. Men i hvert fall i prinsippet, så er jo det et veldig framskritt. Det gjør at man kan også sende meg mye mindre effekt, men fordi man får så mye mer gain i en retning. Så når man dit man skal på en lavere effekt. og lavere signatur. Så nå vet jeg ikke om det ikke støttes i for eksempel 4 g om det er noe eget nytt for 5 g. Det er usikker på, men det er vel i hvert fall. Eller ja, det vet jeg ikke. Rett og slett om det er liksom. En teknologi som har kommet i forbindelse med 5 g, eller om det er rent sånn antenne. Spesifikt teknologi som egentlig kunne vært brukt. På sammen med et helt vanlig 4 g nett og.</p>
13	T	<p>Ja både og, det er jo sikkert. Jeg føler jo at 5G er jo både radio grensesnittet og den nettverksdelen du ser. Så det som først kommer i 5 g kan jo kanskje ilskrives eller ja i praksis så vil det jo være 5 g på en måte.</p>
14	I	<p>Ja det er jo. Det er Telenor bygger ut. Nå er jo 5 g dekning sant, for det er jo den nyeste teknologien. Og da vil jo radioen også sende. Altså bruke 5 g spesifikasjonen. da altså de som går det. Så men om det fordi det er 5G spesifikasjoner eller om det like gjerne kunne være 4G, altså LTE protokoller bare fordi at radioteknologien er moderne. Det vet jeg ikke. Det kan godt være at det bare. 2 teknologier som har vært fornuftig å bruke sammen når man uansett skal modernisere nettet.</p>
15	T	<p>Men jeg ser for meg, når du etablerer en kommandoplass og du har en antenne, også har du veldig mange aktive elementer som gjør at du kan spore posisjonen til ulike simkort rundt i kommandoplassen. At, du kan på en måte bruke det som en sånn kontroll på egne styrker. Hvis du sender ut streifvakter, eller. Hvis noen gikk inni eller rundt</p>

		kommandoplassen. Om det kan være noen tanker rundt det.
16	I	Hmmm ja jeg vil jo tro at de er så direktivet, altså med sånne massivemimo og masse antenne elementer, så kan man sikkert ganske lett se og identifisere hvor folk er. Bruker det som en slags posisjonering. Men vil jo også tenke at det er like lett å sende den posisjonsinformasjonen over nettet. At brukerne ute aktiv sendes inn posisjon inn da fremfor at det er. Antennesystemet som leter etter folk inne ute eller triangulerer de eller noe annet. Hvis du forstod den?
17	T	J tenker på at man setter posisjonen sin fra en annen plattform eller noe sånt. Som kan tas innen plattform eller en applikasjon.
18	I	Hvis du ser for deg en mobil telefon, så er vil det jo være mye lettere at den bare sendte posisjonen sin som den får inn på sin GPS eller GSS mottaker. Fremfor at det var antennen som skulle prøve å estimere posisjon til den. Ja da hvis selve enheten ute har en gps mottaker da så får den inn akkurat sin posisjon. Så kunne han sendt den over nettet. Så har du akkurat den posisjonen Fremfor at en at denne prøver og triangulere et signal. Eller finne et signal.
19	T	Ja det er jo spennende problemstilling da på om man det helst kan bruke egen gps måling el.. Men når man ser typisk eksempel eksempel på at GPS blir jammet. At det kan være et fint tillegg.
20	I	Ja det er jo helt faktisk sant hvis man. Hvis man jammer den, så kan jo det også være for eksempel en fin duplikasjon at man fikk. Altså at man kontrollerte de dataene mot hverandre da. At hvis din gps mottager mottar noe helt annet enn det du får tilbake fra nettet, at den tror den tipper din posisjon her. Og så vil jo sikkert være utstyr som ikke har noe dedikert mottaker for gps eller tilsvarende? Så kanskje vi kunne fått både synkronisering, altså tid eller synk fra nettet og posisjon.
21	T	Eller som jeg skulle bare ja kunne tenke på om man skal gps eller bare 5 g og triangulering eller om man kan kombinere det og hva som er best i krigstid.

22	I	Ja altså, jeg vet ikke helt hvordan det fungerer for med triangulering. Så legger du opp til at du har klart å måle fra flere punkter, altså 3 punkter, så du finner det. Men om en antenne alene klarer å. Jeg ville tro at han skal hvert fall kunne finne retning i ganske greit, og så er jo spørsmålet om han klarer å bedømme avstanden på noe vis. Det er jo.
23	T	Ja, det er sånn at det må brukes på cirka, Hvor nøyaktig klarer man egentlig å triangulere med en antenne? Vet ikke om du har noen andre typer use-caser, behov, scenarioer eller liknende du kunne tenkt at man kunne forbedre på en måte. Sporing av bevegelser av personer rundt en kommandoplass er jo en ting. Men du har jo arbeid fra kommandoplasser om det er noe du føler kunne vært forbedret, eller gjort livet lettere generelt?
24	I	Er en ting som er som er knyttet til 5 g da som jeg tenker er egentlig viktig moment eller en veldig fin teknologi i forsvarssammenheng og kanskje kanskje spesielt mot spesialstyrker eller annet da. Er jo det som kalles side link i 5 g. Som er UE til UE kommunikasjon. Hvor device til devices prater sammen. Så der har de kommet ganske langt på spesifisering av hvordan det skal være da. Og da kan du se for deg at et en telefon er utenfor rekkevidde til mobildekning, men så bruker han en annen telefon som relee da for å få dekning. Eller at egentlig er telefonener seg mellom det må ikke være telefoner. Det kan være alt annet da, men. At de seg imellom kan egentlig lage sitt eget egne mesh nettverk da. sende informasjon seg imellom, egentlig uten at det er noen basestasjon eller noe infrastruktur som skal til.
25	T	Hvordan fungerer autentisering, adressering og sikkerheten mellom de da.
26	I	Ja, d jeg vet veldig lite om egentlig dette, men det er jo akkurat de tingene som er tippet regner med er spesifiserte eller sånn spesifiseres i de. 3GPP standardene som det er aktuelt hvor det er hvor sånne ting står da. Hvordan skal man drive og sende uten at man sender på tvers av hverandre? Altså hvilke sendevindu og har man hvilke frekvenser, så kan man bruke og. Ja alle de tingene. Hvordan kan man ja etablere forbindelse og verifisere at man er den man er og. Jeg regner med at man sikkert kan gjenbruke veldig mye av hvordan en mobil knytter seg opp mot en basestasjon eller autentiserer seg der. Hvordan de kan autentisere seg mot hverandre, da tipper jeg.

		<p>Men hvis man skal kobles opp mot nettet, så har man gjerne noe lokalt i CORE som man autentiserer seg mot, som kanskje har en nøkkel eller har et eller annet sånt som sier en liste som sier dette er. Ja, så det er jo en utfordring hvis man skal ha noe sånt å sørge for at det er kun de enhetene man ja skal snakke med som er innenfor, så det er kanskje noe man kan sette opp, eller det vet jeg ikke. Nei, for det er jo veldig sånn aktuelt i sånn autonome biler og sånn. Hvordan du får kjøretøy til kjøretøy, snakker sammen sant? Utveksle informasjon og det hele. Og der er det jo, der kan man jo ikke drive og autentisere eller verifisere alle, der er jo meningen at du skal snakke med alle du møter på så å si. Vi utveksler informasjon, så. Nei, det er jeg vet veldig lite om, men jeg tror hvertfall at bruksområdet er veldig relevant for forsvaret. Både der og i nødnett sammenheng egentlig.</p>
27	T	Hvis vi kunne snakket om, hvordan man skulle brukt det?
28	I	<p>Ja da ser jeg jo for meg folk til for eksempel en liten gruppe. Et lag større eller noe de vil ha kommunikasjon seg imellom. Og da kunne vi kanskje hatt det gjennom det da fremfor å hatt en større radio med seg. Hvor det måtte vært noe å konfigurere og kanaler, og det hele at du hadde bare en telefon som. Ja, alle hadde vært et device som bare av seg selv snakket sammen, og hvis en var utenfor rekkevidde fra en, så var det noen mellom som videresendte. Det er en formasjon. Så hvis man hadde hatt noe tilsvarende, altså Heimdal eller noe da på en telefon. At den informasjonen hadde lyst til å dele det blå prikk eller noe annet. Kunne vært sendt på det viset. Da hadde man vært helt uavhengig.</p>
29	T	Hva er Heimdal for noe?
30	I	<p>Heimdal er norbms på telefonen, holdt på å si. Det er ja hvis du har vært borti ATAK. Det er egentlig norbms i mobilform det og. Så at du har liksom kommando kontroll grensesnitt hvor du får kan se blå prikk på folk og du kan sende meldinger og sende data og koble seg på andre sine streams og sånne ting da. Hvis du har knyttet til for eksempel et hjelmkamera eller en drone eller noe. Så kan du hente den gjennom det nettverket.</p>

31	T	Du kan koble hjelmkamera el til telefonen din og så bruke 5G eller ett eller annet for å sende det videre til neste telefon.
32	I	Ja la oss si du la oss si du er et lag og så er det en av de som har en drone da som sender den opp. Og så vil det da III en fantasy applikasjon dukker opp at det er en drone i luften. Så kan du da trykke inn og velge om du vil se den se den bildefeeden eller ikke Og hvis du er innenfor direkte rekkevidde til dronen, så kan du snakke for eksempel direkte med den. Hvis den ja, og så er 5 g. Hvis vi den teknologien man bruker, eller så kan det være man er utenfor rekkevidde til den, men en rekkevidde innenfor rekkevidde til noen som er i dens rekkevidde. For eksempel, at det er et slags rele og noen oppfører seg som rele i nettet uten at de nødvendigvis må sette opp noe eller styre på, at det bare skjer. Magisk. Og det er jo veldig relevant i sånn nødnett sammenhenger sammenheng hvor man, for eksempel hvis det er søk og redning da i fjellet eller nå hvor det ikke er dekning. Så kan man både bruke telefoner til og triangulere. Eller finne posisjonen til folk? Eller eller nå de da ved at man kommer innenfor rekkevidden og du får pratet sammen.
33	T	Det er veldig relevant i forhold til hvis du hadde hatt en hel tropp eller kompani da. Og så kjører du ut av dekning, så kan du legge igjen enheter som beholder mesh nettverkdekningen sin. Og da knytter alle enhetene lenger inn i tilbake igjen, og da har du på en måte 5 g kapasitet hos de. Du har selvfølgelig mulighet til å bygge releer og sånne ting, men det må jo koordinere mye. Så sømløshet. og hvordan det fungerer er jo viktig.
34	I	Mhm. Så ja det vi vi er jo på øvelse nå denne uken, hvor vi har det sånn private 5G nett med oss. Det som er kult med det er jo at hadde vi bare hatt. Enten knyttet opp så man kunne kjørt det fra et kjøretøy, kunne drevet drevet med strøm fra det- Eller hatt en større UPS, så kunne vi teorien forflyttet oss mobilt med, altså en deknings boble. Som vi som vi ga fra det kjøretøyet, så hvis du er i en kolonne eller et eller annet, så har du. Dekning i den kolonnen, og så kunne for eksempel den ene vognen hatt. En satellitt eller noe for å kunne nå ut da? Så du har samband internt? Og så har du også mulighet til å koble deg mot resterende nettet gjennom andre typer bærere. Eller kombinere et privat nett med et kommersielt nett at du kobler opp mot altså det vanlige telenettet. At noen gjør det. Enten er et privat nett eller i en egen slice i 5G nettet og så hvis man hadde behov for ut

		av det nettet så var man v̄r på det kommersielle.
35	T	Jeg tror det er veldig sånn. Det er veldig inne på tanken om hvorfor skal vi bruke 5G istedenfor de radioene vi allerede har. Noe merket du sat var at begrensede båndbredden er en begrensning. De har en fordel i hvor langt de kan strekke og sånne type ting og det er knaskjke litt det som gjør at vi bruker de. At det er lite som trengs. Men i 5G så vil det jo være at hvis vi sender mer data så vil vi også ha høyere krav til det.
36	I	Ja, hvis man skulle basere seg en og alene på det, så er det jo viktig sant. Da måtte du hatt mange flere radio bobler som måtte til for å få dekning. Men igjen med høyere kapasitet. Men det går jo an å også bruke en kombinasjon sant at man på et eller annet sted har en vei inn i FKI eller inn i det kommersielle nettet eller et eller annet. Altså korteste veien inn dit da egentlig. Og så vil jo det gå på fiber eller annet i den retningen man skal. Så ja hvis du tenker du skal ut i utmarken. Så kunne man tenkt seg at da kan man sitte opp et rele fra ytterste sted hvor du har mobildekning da og deretter bygge ut videre derifra.

Appendix **II**

Interview: User-centered interviewee 4

This appendix contains the transcript from one of the user interviews. The user in this transcription has experience from a bachelor's degree in Telematics from the Norwegian armed forces Cyberengineer school at Jørstadmoen. He has been working in CYFOR CISBN N as a Technical Coordinator in FKI. Has worked as a CIS-Team Leader and Senior Specialist in Platform in CYFOR.

Some parts of the interview were changed by removing details about departments and names of individuals, to ensure anonymity and secure operational details. The user did not want the transcription as an appendix, and therefore only the approved citations are added directly in the thesis.

Appendix I

Interview: User-centered interviewee 5

This appendix contains the transcript from one of the user interviews. The user in this transcription has experience from a bachelor's degree in Telematics from the Norwegian armed forces Cyberengineer school at Jørstadmoen. He has worked in several different positions within the field of communications in Bergen since 2016 and has a broad experience with the NAFs' communication solutions and appliances of them

This appendix is written in Norwegian. The letter "I" indicates that the interviewee is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	T	Hallo.
2	I	Hallo der.
3	T	Ja. Jeg lurte på først, bare greit at jeg skrur på transkripsjonen og opptak bare si jeg har det og kan bruke det. Masteren som kilde, og så kan du få se en transkripsjon og evt. endre noe i etterkant.
4	I	Ja det er et supert det.
5	T	Oppgaven handler jo om 5 g, og så har jeg på en måte sett på en del av. Teknologien og mulighetene som kommer med 5 g. På slicing, autonome stasjoner du har flere enheter, og så har du aktive antenner blant annet. Så du kan få posisjon detaljer på nytt annen måte enn du kan i 4 g. Og spørsmålet og måten vi starter på er litt åsnn, hvis du får tilgjengelig 5G, som er en bærer for høy kapasitet, mye kapasitet. Og den bærer, som eksisterer i store deler av landet fra før, og det er en bærer du på en måte kan sette opp egne antenner. Akkurat der du vil ha de. Har du noen tanker rundt hva du ville gjort med det, sånn forsvaret på en måte.
6	I	Ja, jeg tror jeg ville prøvd å brukt det i sånn autonome nett da så kanskje ikke avhengig av den infrastrukturen som man. Har i 4G nettet da?
7	T	Med sin egen kjerne egentlig?
8	I	Ja egentlig en egen egen kjerne for sånn økt lag med sikkerhet. Er jo litt spent på hvordan liksom sikkerhetsmyndighetene etter hvert kommer til å stille seg til, og man kan kanskje kjøre noe lav gradert på 5 g nettet da.
9	T	Jeg har snakket med k** om akkurat det. Jeg husker ikke detaljene, men har snakket om at det var. Mulig nå å å b, men det var kun i

		egne kontrollerte nett da.
10	I	Ja OK.
11	T	Så ikke via internett, men via. Mobilnett.
12	I	Ja. Ja kult.
13	T	Du har ikke litt mange på sånn. Ja OK, hvis du har en autonom autonomt nett. Så har du jo veldig mye dekning der hvor du vil ha dekning, og du har mye båndbredde. Hvilke type sensorer eller use caser ser du på en måte kunne vært relevant?
14	I	Det jeg ser for meg er jo å lage kanskje et nett til en patrulje da? Hmm. Har liksom vært nettleverandør for den gjengen der på en måte. Sånn at man? Ja på en måte kontroll på alt på egenhånd og bruk det egentlig til å drifte en enkeltmann stridsteknisk plattform da. Med chat, blå prikk tale data, kanskje?
15	T	Ja brukt 5 g som en bærer egentlig da, for det meste på en måte har i dag.
16	I	Ja.
17	T	Fra en kommandoplass og så ned til ut til en patrulje, egentlig.
18	I	Ja, for det er hvert fall sånn det vi har sett ser på, som kanskje det vi må ta 5 g forbi i første omgang nå er jo. Egentlig som transmisjon da? Som en bærer rett og slett. Ja. Ja. På mye av de funksjonalitetene som er som er der nå. Jeg tror jeg rett og slett ikke er helt modne modne for enda
19	T	Jeg tenker på lengre sikt noen mer avanserte funksjonene.

20	I	Ja ja. Og etterpå. OK.
21	T	Men jeg har gitt da at vi på en måte, OK første man starter med er på en måte egentlig chat, blå prikk, man får taledata. Er på en måte video og videodeling og er det noe? Hva vil man ha tenkt er neste steg da?
22	I	Neste steg? Ja, jeg tenker jo litt på sensor data da og videostrømming. Det å ha full motion. Altså bare masse videostrømming som tar, med høy oppløsning da som krever en del som krever en del båndbredde.
23	T	Ja. Både det fra sensor og inn, men også det med at, hvis du får x antall videostrømmer inn til en kommandoplass. Og så må jo kommandoplassen prosesere det her og må kanskje ha noe AI da for å hjelpe å flere kan detekttere og koble disse sensorene sammen, så alle sensorene skjønner at de ser på den samme bilen eller et eller annet. Men altså det på en måte. Jeg ser for meg at det kan være aktuelt å prøve å få aktuelle videostrømmer sendt ut igjen og sendt tilbake til en bruker et eller annet sted.
24	I	Ja ja absolutt. Hvis den liksom hvis den filmen er et relevant mot mål da. Så kunne det absolutt vært relevant. Men da er det litt mer basert på sensoren på en måte da, hva er det, sensoren ser og ikke så mye på det at man, for det klarer vi sånnsett med 4G også. Og sende data tilbake igjen?
25	T	Hva tenker du på? Ja at du bruker 4G nå for kameraer tilbake med data.
26	I	Ja ja for det, for det gjør vi jo til en viss grad nå, som vi sender flere strøm inn til en OPS, og så må vi strømmen det tilbake igjen da.
27	T	Ja en løsning fungerer i dag, er det? Du trenger ikke ta noen graderte detaljer i det, men dere har på en måte flere kameraer ute. Sendes tilbake til en OPS, og så behandles det på en annen måte. Og så inn i BMS eller noe tilsvarende system som muliggjør at andre også kan se de videoen?

28	I	Ja. Det stemmer.
29	T	Så var det på en måte 5 g vil gi da som dere ikke har fått de 4 g de. Situasjonen egentlig?
30	I	Nei, jeg tenker jo mer altså. Det er kanskje sikkerhet da et enda litt mer sikkerhet i 5G nettet som. Og det det å kunne fått den egen slice da på en måte et lag med beskyttelse så ingen andre kan på en måte se at her går det mye trafikk da.
31	T	Dere er jo en litt. Holdt på å si, dere er jo ikke sikkert like mange sensorer og like mange antall personer som det man typisk er en brigade teig heller.
32	I	Nei, nei, det er sant vi? Vi har ikke så mange sensorer, men. Sant det med sensornett og sånt er jo. Det går jo veldig fort på utviklingen av det. Å... ha masse kameraer rundt forbi og.
33	T	Det er at dere ser det går fort på sensor utviklingen at kameraet er noe som kommer mer og mer og som dere ønsker å ta mer og mer i bruk?
34	I	Ja ja ja absolutt.
35	T	Har dere sett noe på type kameraer og hva det bør installeres på sånne ting eller gjort noen tester eller erfaringer?
36	I	Hmmm. Nei, men jeg har gjort. Vi har gjort noen tester. Det er jo. Altså kamera kan jo egentlig bare være et helt vanlig, helt vanlig videokamera eller en kamera på en mobiltelefon da. Og det er jo kanskje det en ting som jeg ser på. Kan være relevant i framtiden er jo at alle. alle operatørene har en har et kamera som kan strømme kontinuerlig, fordi man har på en måte kapasiteten til å gjøre det da. Så alle kan på en måte se hva alle andre, alle andre ser.
37	T	Er det på en mått elitt det som er ønskelig? En ting er det å se det alle andre ser. Så man har en situasjonsforståelse, men også et typisk og da ha. Jeg ser på den der lille drona som man styrer, hornet eller noe

		hva den heter. Altså den strømmen nå da går jo den på en måte til brukeren og så til tableten hans, så kan han koble den inn i. NORBMS terminal og så deler fra NORBMS'en videre.
38	I	Mhm.
39	T	Men det er jo veldig mye kabling og veldig mye, så kunne man hatt en. 5 g puttett rett inn på tableten hans og strømet den direkte tilbake igjen, eller at NORBMS klienten gikk på 5 g og ikke var avhengig av et nettvekr, og at du da fikk mer å jobbe med.
40	I	Ja om det hadde vært relevant, ja. Ja ja absolutt. Hmmm absolutt, hvis liksom sånn nå i dag så bruker vi jo for eksempel et VPN da. For, nå er vi på ugradert plattform da, og det er jo der det her kanskje er mest relevant sånn i første omgang nå. Der bruker vi jo et et VPN på en på typisk en mobiltelefon, og så er det beinet tilbake da og VPN'er gir jo noen begrensninger på litt begrensning på båndbredder da. Men hvis 5 g hadde vært, hvis man hadde fått liksom oppfylt noen sikkerhetsmekanismer da man kunne ha kuttet VPN og så bare gått direkte på på 5G, så hadde det vært helt. Liksom slipper et sånn forminskende ledd. Eller en flaskehals, da kan du vel si.
41	T	Denne VPN'en er lagt inn på grunn av sikkerhet, egentlig. For å få gradert ja eller ja egentlig bare en sikker tunnel fra enheten og tilbake igjen.
42	I	Ja det stemmer.
43	T	Ja. Ja, det er kanskje en av de tingene som skjer da med at ja som sier forskjellen på 4 og 5 g. Hvis du har nok sikkerhet i 5G. Så slipper du å bruke VPN og for eksempel, og da har du mindre begrensninger på båndbredde og kan få flere videostreamer, noe som er noe dere i utgangspunktet egentlig ønsker.
44	I	Ja, jeg tenker jo sånn at vi kan jo sette opp. Sånn som det er for vår del i dag, da. Så jeg har ikke vært med på at vi har hatt så mange videostreamer at man har merket det på båndbredden. Sånn sett, at man liksom, at det har vært en begrensende faktor nå. Begrenset

		<p>faktor nå er jo altså hvem som kan analysere dette her og faktisk gjøre noe ut av det, all den videoen som kommer inn, og det er jo kanskje der flaskehalsen er størst for vår del, for vi har ikke noen god. Det utvikles jo stadig da, men det er ikke noe god AI som kan liksom gjøre. Analyse av store mengder data per nå. Så liksom. En fallgrube som er fort å gå i for vår del, det er jo egentlig informasjon overflow. Det blir så mye at man klarer ikke, Det blir så mye informasjon at man klarer i klarer ikke å hente ut det som er relevant da.</p>
45	T	<p>Ja. Tenkte på det du snakket om, en løsning med at du streamer video fra hver enkelt person. Det er ikke en løsning dere har prøvd da, Blir båndbredde problem da eller er det ikke prøvd å si?</p>
46	I	<p>Det er ikke, det er ikke, det er ikke prøvd nei, men det er Teknisk mulig å gjøre det.</p>
47	T	<p>Ja, hva er grunnen at det ikke er prøvd? Er det bare litt modenhet og ikke kommet så langt holdt på å si.</p>
48	I	<p>Ja det det er litt modenhet. Det er jo sånn så det. Det hadde jo vært ifra. Da hadde jo det blitt strømming i fra en telefon og og da er jo gjerne sånn batteri kapasitet som blir begrensning da. Hvor mye skal man strømme? Når tid skal man gjøre det? Litt fra sånn som vi opererer da.</p>
49	T	<p>Så egentlig et issue er da, Mobiltelefoner kan jo funke. Men skal du på en måte drive og skru den av og på, putte den tilbake i veska og skal den tåle det den skal tåle, så er det litt sånn. Det mangler litt helhet i konseptet, egentlig på enheten.</p>
50	I	<p>Ja ja helt klart.</p>
51	T	<p>Kan du få det til å bli fornuftig. Så er det sånn hvis man kunne forenklet for først så må du av og på med VPN, skru av og på kamera så tar det mye tid og mye fikling. Men hadde du hatt det mer sånn av og på bryter på kamera og automatisk har gått på 5 g. Så er det mye</p>

		kjappere å kunne skru den av og på uten å fikle så mye.
52	I	Ja. Og så er jo en ting er jo også strømme dataene tilbake. Til en OPS for eksempel, men å kunne sende en kommando tilbake til for eksempel et kamera eller en annen type sensor da. Noe som blir relevant fremover. Noe som vi ønsker å se litt på framover, da det kan jo være for eksempel som du sier da han sender fra en ops. Nå skal sensoren aktiveres, så begynner å jobbe da. Ja.
53	T	Jeg har tenkt på å styre sensorer ved hjelp av 5 g egentlig.
54	I	Ja.
55	T	Tanken da kan man på en måte sette ut. Radar sensor eller andre ting? Så trenger man ikke nødvendigvis å ha de på, men man kan på en måte forberede flere sensorer og så skru de på, fordi batteritiden vil ikke være da at de kan stå hele tiden de busk eller sånne ting.
56	I	Ja ja typiske.
57	T	Ja, Når det er sånn en løsning der dere er litt utenfor dekning. Og så Ønsker du å ha med egen autonom kjerne, etablerer dere, og så setter de kanskje opp ett eller 2, holdt på å si, rele master for å bygge ut akkurat der dere er. Og så har du muligheten til å ha typisk satcom eller et eller annet tilbake igjen til en sentral kjerne for å få ekstra. Ekstra muligheter med tilknytning og sånne ting.
58	I	Ja.
59	T	Er det som noe som passer litt deres måte å operere på? At dere egentlig bare kan starte litt fra hvor dere vil og bare utvide litt ut fra der dere er.
60	I	Ja det. Det passer egentlig veldig godt, og vi har ikke testet det ennå, men vi har litt lyst til å prøve å få gjort noe testing på det til høsten. Med vi ser jo det til tider, at vi er på stedet som. der det hadde vært nyttig og hatt data på på de mobile enhetene da. Og spesielt sånn. Vi

		har jo sett litt på det konseptet som. Som har vært vist med å bruke starlink da som liksom. Beinet hjem og så bruke 5 g ut til enhetene da så bygger liksom sin egen boble med reachback da.
61	T	Fordelen med det er jo det. Kan dere på en måte bygge der hvor det ikke er 4 G dekning og de militære radioene dere har har på en måte ikke den båndbredden som det man får i 5G som egentlig er det dere vinner på å gjøre det her kontra bruker militære radioer.
62	I	Ja ja det stemmer.
63	T	Jeg tror den nete IDA 4 eller annet skal jo være på håkonsvern i slutten av august eller sånn.
64	I	Ja, det stemmer. Det stemmer. Blir veldig kult. Vi var jo oppe nå og så på den der IDA 3. Ja, så da fikk vi sett litt sånn på 5 g og det. Der brukte de jo, der var jo en av de tingene de hadde jo en sånn, der de gikk og strømmet noe video. Ja strømmet liksom det inn i en kommandoplass, så. Så var det noe autonome bobler som de viser som var litt interessant da.
65	T	Sånn hvilke type sensorer er dere på en måte dere ser kan være relevante. Jeg føler jo. Kanskje kameraet er jo selvfølgelig veldig relevant, men det er jo veldig energikrevende. Er det noen andre sånn type sensorer du ser for deg at forsvaret kunne tatt i bruk som kunne vært relevant?
66	I	Ja, det tenker jeg masse. Lyd kunne jo vært noe. Hmmm og så er det jo. Hmmm. EK sensorer som kunne vært distribuert for eksempel. Hmmm. Ja, det er ikke noe som vi har, men men det er jo noe som kunne vært relevant og bare hatt ut av noe som kan fange opp ting i det elektromagnetiske spektret og så piper tilbake. Så alle som er, hvis du klarer liksom å sette ut en sensor da og så fjerne operatøren eller den som analyserer det. Trekker den lenger bak i striden, så er jo det. Hmmm. Helt gull for vår del da, for da kan vi på en måte skjerme personellet i større grad. Posisjonssting som en sånn tracker er veldig relevant.

67	T	På egne personer og på si og på fiende eller sånn.
68	I	Ja egne personer er en ting, men også kunne legge en tracker på et kjøretøy, for eksempel skjult da. Altså kan du følge hvor? Kan du bygge litt sånn mønster på hvor? Kjøretøyet befinner seg, og.
69	T	Ja vi sender en 5 g sender egentlig på fiendtlige kjøretøy.
70	I	Ja. Og alt som liksom kan blendes inn i mengden da. Interessant og. Og det er jo fint med 5 g. Du har jo ikke på en måte en. Det er ikke som en radio da at du har en du sender på liksom en spesiell frekvens da. De fleste har jo en eller annen mobiltelefon eller en ting som går 5G nettet da, så kunne man liksom skjult seg litt inn i mengden.
71	T	Absolutt. Ja, tenker også litt på den, det med tale også. At hvis man har 5 g du snakket litt om det at første man måtte gjøre er jo egentlig bare bruke 5 g som en bærer for det vi gjør i dag, i tillegg til på en måte de radio mulighetene man har at man kan bruke 5 g infrastruktur til blå prikk tale og data chat egentlig.
72	I	Mm. Ja egentlig alle tjenester som vi har bak en kryptomodul som kan gå, som kan kobles til internett. Litt av litt av issuet der da. er jo gjerne at hvis vi begynner å snakke om sånn graderte systemer. Så, selv om vi går i fra 4 g til 5 g og får mer båndbredde og kapasitet, så er jo flaskehalsen nå gjerne i kryptomodulene da.
73	T	Utvikles det noe bedre løsninger for å liksom. Jeg vet ikke om software krypto kanskje kan være. Hvertfall for b da. At du får masse kameraer og lignende. Og det er ikke noe jeg trenger å være på opp på høygradert, i og med at det bare er kamerabilder egentlig. At det kan som tas inn på lavere gradering gjennom software krypto. Kanskje det er raskere. Om det utvikles eller sees noe mer på løsninger for det?
74	I	Hmmm ja jeg vet at det er helt sånn i startgropen i det der software krypto. Hmmm. Amerikaneren for eksempel de de bruker jo det.

		Også på enkelte system.
75	T	Er noe som gir bedre kapasitet eller er det?
76	I	Litt usikker om det gir bedre kapasitet, men. Det er jo en boks mindre og drar med seg da. Slipper en egen sånn der crypto enhet og heller og har det rett inn i en switch eller ruter eller noe sånt.
77	T	Det er en av de siste tingene jeg har sett på, er jo litt den. Muligheten for autonomitet eller det å kunne klare å styre. Styre droner, fjernstyre, andre sensorer. At man ved hjelp av liksom og ha kjernen såpass nærme. Så klarer man å få såpass kort latency
78	T	At man også klarer å fjernstyre mye bedre er ganske sånn use case som kan være nyttig.
79	I	Ja. Ja absolutt. Absolutt nyttig det jeg tror er litt av. Kan bli litt av issue der er jo at. Som per nå er jo at det bare en. Det er på en måte en til en og så for eksempel droner da en drone tar opp en mann da som må styre han. Hvertfall forsåvidt for de systemene jeg kjenner til, så er det ikke noe som er. Er ikke noe som på en måte er ikke noe sånn svermkonsept eller noe sånt som. Som er modent nok for bruk i en operasjon da.
80	T	Ja så det å egentlig ha muligheten til å gi flere droner oppdrag, eller at droner klarer å skjønne selv hva de skal gjøre og hvor de skal bevege seg på et lavt nivå, mens man styrer de heller på et høyere nivå er egentlig noe som er. Ja. Neste steg da i å få det til å bli enda bedre, egentlig.
81	I	Ja ja absolutt.
82	T	Ja, jeg vet ikke. Jeg har egentlig. Snakket litt om de fleste usecasene og scenarioene jeg har tenkt på. Vet ikke om du har noen andre tanker eller et eller annet, fordi enn de har tenkt. Vi har snakket litt om er jo litt det. Hmmm med autonome kjerner. Og du spørsmål dukket opp, hvor mange er det som skal ha autonome kjerner, eller hvordan skal

		det settes opp? Hvordan skal det fungere? Og det er sånn at når man på en måte er individuelle avdelinger som arbeider litt fritt fra hverandre. Typisk er man ja har man et spesifikt oppdrag som ikke er knyttet inn i brigade teigen da, så må man ha noe eget, mens brigaden kanskje klarer seg med. 3, 4 kjerner fordi de skal på en måte operere sammen. Mens de som er helt autonome, må på en måte ha sin egen?
83	I	Ja, det tror jeg er veldig relevant for våre deler å kunne ha det inn in house. Da styre det litt selv og bruke det. Sånn som sånn som vi har behov for det.
84	T	Men hva er det egentlig, hva er behovet deres? Fordi i avdelingen din da det du egentlig vil ha, det du egt. vil ha er intern bruk hos dere? Så at dere på en måte på, på deres kjerne så trenger dere egentlig bare dere å ha deres simkort. Og så ligger det x antall reserve simkort selvfølgelig. Så kan dere på en måte ha noe esim opplegg for å dele det ut og såne ting så dere har på en måte fleksibiliteten, men da får dere mye mindre kjerne enn det veldig mange andre gjør. Og så må man eventuelt ha noe sånn. Så dere kan ha reachback tilbake igjen og knytte dere kjerne mot de andre, men det er kun på en måte deres simkort som kan brukes for å autentisere seg mot kjernen deres da.
85	I	Ja ja det. Det tror jeg er veldig relevant. Og det blir jo sånn der sikkerhetsmoment på det liksom. Hvis et simkort kommer på avveie hos noen andre, eller at man får tilgang til kjernen, noen som ikke skulle ha tilgang til kjernen hatt tilgang på det og. Ja egentlig bare eie infrastrukturen da så mye som man så mye som man kan da.
86	T	Ja.
87	I	Gjerne fordi vårt område blir jo type. Det blir jo. Våre plass i striden blir jo nødvendigvis ikke med. Med med de andre da. Det kan jo flytte seg til å være veldig langt framme eller være. I bakre og forsåvidt. Så har det, å kunne være dynamisk egentlig. Det er vel et stikkord her

88	T	Jeg beholder fleksibiliteten. Så man ikke binder seg til noe man noen man ikke opererer sammen med til vanlig.
89	I	Nei, nei, nei. Ja. Ja.
90	T	For sånn i brigaden så er det sånn. Du kan på en måte ikke sende ikke sende stridstren helt foran alene, men det kan hende de må stå hele helt bakerst alene. På en måte så er det sånn. De har jo naturlig posisjon da i veldig mange ting.
91	I	Ja.
92	T	Ja, jeg vet ikke om du har noen flere.
93	I	Så på sjøen på sjøen. Det er jo litt interessant da åssen man kan gjøre det her på på sjøen eventuelt.
94	T	Ja, jeg føler jo veldig sånn. Det er en fordel med sjøforsvaret, at det er jo ikke så mange båter
95	I	Nei, det er jo ikke det, og de skal veldig gjerne ha veldig veldig stor avstand i mellom seg. Men men. Ja, det som kunne vært interessant for vår del da, er jo det hvis man jobber ut ifra et fartøy da at det fartøyet klarer å gi, klare på en måte og lage en boble som man kan koble seg på. Typisk sånn det her oppdraget som var nede i adenbukta da at man. Man reiser ut ifra fregatt og så i mindre fartøy. Og så gjør man en jobb der, og så kunne man på en måte hatt hatt en reachback på 5 g da i en sånn 5 g bobler.
96	T	Ja på fartøyet sin 5G boble da.
97	I	Ja hatt kjernen på båten egentlig, og så har du kanskje en en drone som er relle eller noe sånn da?

98	T	Ja som klarer å binde sammen fartøyet med de som har kjørt båt for å gjøre et eller annet.
99	I	Ja. Så det tror jeg. Det er jo en ting jeg tror blir veldig hot framover. Det er jo egentlig reelle i lufta på drone, og om det er et radio eller om. Ja, jeg er litt usikker på om det er sånn 5G reelle egt fungerer, men det er sikkert noen muligheter til å få til noe greier på det der.
100	T	Ja, de har testet sånn Tjora drone. Med et radiorele, men men det var ganske liten radio, og det var jo i sammensetningen hæren da, på land. Og ulempen er at du må jo ha en ganske mye dårligere radio fordi den må på en måte kunne løftes, men det var en liten drone. Og så får du problemer med at OK for hæren, så kommer det jo masse trær i veien for noen tråden og sånne ting. Men på sjøen, så vil du jo ikke ha de problemstillingene på samme måte.
101	I	Nei sant sant.
102	T	Ja jeg ser jo at det kan bli veldig relevant for om du vil på en måte gjemme skipet unna der hvor du er og gjør en jobb sannsynligvis.
103	I	Ja.
104	T	Tenkte på å sende måldata tilbake igjen for å kunne gi fregatten sine effektorer da og kunne faktisk undersøkte med fregatten.
105	I	Ja.
106	T	Nå er det på en måte, skal man være utenfor båten og snakke tilbake igjen. Så må man ha samme type radio som man har, og så må man satse på at man har dekning og forbindelse bare egentlig?
107	I	Ja, ja, sånt man må liksom eller ja. Det er radiofrekvenser og. Om det er HF, VHF eller tacsat, det er ihvertfall noe med, altså sånn som det er nå, så det er i hvert fall noe som har lav båndbredde da.

108	T	Ja, jeg vet ikke jeg ikke du har noe mer på bruksområder og sånn så tenker jeg egentlig jeg har fått svar på det jeg har lurt på ogsånn.
109	I	Ja ja hvis du er happy med det. Hvis du føler du har fått litt mat, så jeg har ikke noe som jeg kommer på sånn umiddelbart nå egentlig. Jeg tror jeg snakker om ganske mye av det.
110	T	Men det var tenker jeg. Det høres bra ut. Jeg.
111	I	Ja det er supert

Appendix **J**

Interview: PLMN interviewee 1

This appendix contains the transcript from one of the persons working for a PLMN provider. He has previous experience working as a consultant and his field of work now is directed toward the radio part of cellular technology.

This appendix is written in Norwegian. The letter "I" indicates that the interviewee is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	T	<p>Ja det oppgaven egentlig handler om. Det er å skape situasjonsforståelse for forsvaret. Ja, og prøve å bruke 5 g til dette. Så i det store så handler på en måte om å. Hvordan kan man bruke 5 g for eksempel få sensordata, knytte sensorer inn i nettverk og andre ting på det på en måte. Det er mest sannsynlig å bruke 5 g til det eller om det er med hensikt å bruke andre typer teknologier. Og gjerne se litt da på. Kan 5g bruse som en databærer, men 5G har jo mye muligheter med tanke på tilpasninger, radio grensesnittet og sånne ting som gjør at det kanskje kan fungere bedre da enn andre teknologier. Så er egentlig litt sånn åpent i starten om du har noen tanker eller innspill. Og så har jeg litt flere sånn konkrete spørsmål etterhvert, men vet ikke om du har noen sånne tanker. Hvordan forsvaret kunne brukt 5 g.</p>
2	I	<p>Skal vi se? Dette er jo veldig utfordrende for oss, fordi vi er jo på en måte kall det veldig tidlig fase av 5 g standalone verden. Vi har i dag et rent 4G nett også bygget en del 5G non standalone, særlig for kapasiteten da opplevd hastighet så det er for de tradisjonelle tjenestene. Så hvordan vi på en måte. Hvilke mulighetsrom vi har av og hvordan vi ser for oss. Det løst holdt jeg på å si. Vil jeg fortsatt si at vi er i litt sånn kall det eksperimentell tanke på fase på da. Sånn som jeg ser det, så kommer det til å være en veldig stor utfordring og orkestrere når vi kommer inn i dette 5G SA verden som da med tanke på at vi. Hypotetisk kan se for oss en haug med forskjellige tjenester. blant annet forsvar for eksempel, nødnett har vært snakk om, kommersielle tjenester som IOT, URLLC use cases med lokal edgcomputing. Tradisjonelle mobiltjenestene som voice og data på det, men også som mobilt bredbånd eller fasttrådløstbredbånd som det gjerne heter da. Og hvordan vi skal på en måte orkestrere hele dette inn i på en måte ende til ende løsning. Når det kommer til forsvaret der da så tror jeg. På en måte som hypotetisk sett, og det å sette opp. Slicing for eksempel ende til ende er jo noe som. Burde la seg gjøre da hvorvidt det er understøttes av utstysleverandørene, altså CPE leverandørene, det er jo noe helt annet. Det er veldig vanskelig å finne liksom. Hva kan vi gjøre det versus? Finner denne matchen med liksom hva? Hvordan ser vi for oss arkitekturen kan gjøres liksom hypotetisk, vs den reelle mulighetsrommet vi har med det utstyret som eksisterer i dag. Sånn som det er definert så kan det fort bli, sånn fra 3GPP ståsted, være definert veldig åpent. Veldig mange muligheter i 5G sånn som det står og snakker med en utstysleverandør, for eksempel som vi har Nokia, eller andre. Så er</p>

		<p>jo deres tolkninger og hvordan de er implementert. Og det kan være avvikende del eller litt, Ja og noe er kommet tidlig sant altså sånn som 4 g, 5 g LSA scenarioene, der har de kommet ganske langt. med implementering og issueene rundt det. Versus disse edge computing og URLLC use casene med eget slice. Det er ikke der enda sant. Så det blir sånn vanskelig å liksom si absolutt på hva vi kan, men som sagt ja.</p>
3	T	<p>Så veldig bundet av hva leverandørene klarer å levere utstyr egentlig?</p>
4	I	<p>Vi er jo veldig bundet av det. Og vi må jo også, se på at vi må jo også ha radio, RAN biten må jo også spille sammen med CORE biten her også sånn, så det må være hele ende til ende scenario da.</p>
5	T	<p>Ja absolutt ja. Men gitt at man på en måte får utstyret som gir muligheten for standalone, og man fikser på en måte Slicing og sånne ting. Hva tror du må jeg se på for det, så føler jeg at det. Er veldig begrenset. Da er det på en måte basically 4G på mer fart vi har. I stor grad, men så er det jo aktive antenner og da. Og nye antenner som gir kanskje noen muligheter. I radioen i snittet for.</p>
6	I	<p>Jeg tror det er veldig lite, altså sånn som vi bygger mobilnett for eksempel, så er det det er. Det er basert på at vi skal være de tjenestene vi har og velger vi frekvenser og radioer og antenne og så. Videre for å. Gjøre det, men det er ofte så er det veldig, veldig generisk, veldig sånn standardisert hvordan vi bygger. Så du på en måte radio grensenettet der blir veldig lite sånn fleks kan du si da? For at vi må ta høyde for. Så stor variasjon i det vi skal dekke opp, sant? Så det er vanskelig for oss å si at dere denne basestasjonen kan vi tweeke ned til en veldig spesifikk use-case for vi må fange alt av ting. I det vi begynner å tweeke som altså alt vi gjør i radio. Har økt tradeoff sant, økt hastighet gir reduserte rekkevidde eller noe sånn da. Det er sånn sett med det med de kommersielle frekvensene som vi bruker i dag. Kan du gjøre det. Så kan jeg se for meg at det kan være vanskelig å dedikere noe av det noe til et spesifikt use-case som sådan da. Da må det være på dette fremtidige Slicing universet. Hmmm ja jeg tror at du på en måte dedikerer ressurser gjennom den måten. Jeg ser ikke for meg at før du har det helt på plass at du kan gjøre så veldig mye mer spesifikt til det. Jeg vet at</p>

		det finnes noe, altså. Du har jo en tidlig liksom kall en tidlig versjon. en 4 g versjon av Slicing som går på qci, Tjenestekvalitet og du kan styre trafikken basert på det også. Det går an, men det er en fryktelig tung prosess. Det er ikke designet sånn da, 100%. Det blir ikke enkelt liksom. Nei, det er. Jo det der med å se for seg da at jeg. Skal komme seg vil.
7	T	Være enkelt på en måte. Ja.
8	T	Jeg tenkte på de frekvensbåndene du snakket om. Hva er på en måte laveste og høyeste frekvensbåndet sånn cirka dere har, og hva på en måte forskjellen være i på en måte hastighet og brukeropplevelser, rekkevidde da sånn rundt egenskapene.
9	I	Ja, vi har kanskje største spekteret der, eller største spenner da ja av alle operatørene. Vi har jo på det laveste vi har er jo 450 MHz. så det er så gamle og de der har vi 5 MHz FDD bånd. Altså 5 uplink og 5 downlink. Og det er jo en frekvens som har en veldig sånn deknings egenskap og når veldig langt typiske i de sektorene vi har. Vi selger. Vi har bygget de nettopp med 450, rekkevidde rundt 100 kilometer. Ja så det peaker rundt 100 kilometer. Det er det masse man kan få til da. Der ligger vi på den, kan tjeneste opplevd hastighet, for eksempel på datahastighet, så er den betydelig lavere enn det man normalt ville forventet. Så sier du en god dekning situasjon hvor du er relativt nær så får du jo, hva vil den teoretiske der være i området 50 mbit/s kanskje? Litt under det? Ja. Jo cirka det. Men normalt vil jo det være rundt 10 da ja. Og når du. Kommer ut på 100 kilometer, hvis du. får inn 1 mbit så er du heldig liksom. Så den har jo veldig spesifikke use-caser, så det er veldig få terminaler som støtter den. På mobiltelefonen så finnes det noen push to talk ruggerdized.
10	T	Ja altså walkie talkie og liksom ja.
11	I	Ja CPL løsninger på det eventuelt så er det disse bredbåndsruterne og sånne ting som det, men det er veldig spesifikke use-caser. For der er det jo også, vet i Tyskland så bygger de jo et helt stort nettverk av 450, as we speak, for IOT. Som er veldig interessant use

		case.
12	T	Ja, for det har vi tenkt noe på det i Norge holdt på å si, hvor fleksibelt er det å bytte mellom 450Hz til 2,3 Ghz på en radiostasjon, kan man på en måte bare switch og endre eller er. Det veldig sånn satt?
13	I	4 50 er veldig spesifikt på det der. 450 har egne antenner og littegranne andre forutsetninger på grunn av den lave frekvensen. Ikke tåler du lange kabeltrekk for eksempel? Ja, du har egne antenner som er kun for 450. Så 450 er veldig sånn spesifikt og kapasitetsbehov ja. Du har ikke så mye hastighet på det. Så for eksempel samband til en basestasjon med 450. Der kan vi være med. Tåler liksom kanskje tåler å ha litt lavere hastighet for eksempel og sånne ting. Så hvis det er snakk om den 450 biten av det. Mens idet du begynner å flytte deg over på andre frekvenser, så må du ut med nye antenner med ny radio og alt av, skal en si fysiske installasjoner må endres. Og det er ganske stor forskjell på 450 Vs andre.
14	T	Gjelder dette på en måte for alle de ulike båndene at alle båndene vil ha sine egne radio. Eller er det på en måte noen bånd som vil overlappe?
15	I	Ja hvis vi tar videre på spekteret. Vi har altså de, og så har vi det vi kaller lavbånd. Det er jo 700, 800, 900 MHz. Typisk 700 vil være et 5G bånd, 800 vil være det er det som liksom er dekningslaget vårt kan du si? Da det viktigste laget vi har, men den har en veldig bra flatedekning. Men det er klart 10 MHz i de båndene der. Vi har lite fleksibilitet i dag, i hvert fall på den til å kunne liksom utnytte det til sånn voldsomt mye mer enn det vi gjør i dag på grunn av kapasiteten. Det er ikke. Så mye ressurser der. Så må være litt sånn bevisst, og det rundt den. Der bygger vi et typisk med en radio, som har kombinert alle de 3 båndene inn i samme radio. Så 700, 800 er jo det vi bygger ut med, og så har vi de 5Megahertzene i 900 der også som kan legge til dersom vi finner bra use-case for det da. Så de vil være i det som heter multibåndradio. Så de står sammen, de er koblet på en antenne som dekker alle frekvensbåndene som gjelder i det spekteret. Så der kan vi liksom skru av og på, veksle om det skal være 4G eller 5G på de forskjellige, ulike frekvensbåndene.

		<p>Så det er veldig mye sånn fleksibelt rundt det. Så med en gang vi begynner å komme inn i de her mobilbåndene så er det mye mer fleksibilitet. Så da har du de lavbånd, da har du alt sammen i en radio. Godt med kapasitet, det er fiber frem til radioen, og. Vi lager liksom ut. Så har vi det vi kaller mid bånd, Det er kanskje dårlig begrep i sånn 3GPP verden. Det er jo disse 1,8 GHz og 2,1 GHz. De 2 båndene vil jo være på en måte de første kapasitetlaget vi har. Der har vi også samme løsning. En fleksibel radio. Den antennen vi bygger på disse lavbåndene med, den vil også understøtte disse mellombåndene vi har da på, så det er mer sånn, da legger du på en ekstra radio, som kan veksle mellom de og som kan veksle mellom 4G og 5G. Ja, så det er også veldig sånn fleksibelt da kunne legge til da så.</p>
16	T	<p>Så det er to radioer, men en antenne som fungerer på både lavbånd og midbånd?</p>
17	I	<p>Nei, det er en half plex, så du har en antenne typisk med et ganske stort antall porter på, så si at vi bygger bare lavbånd så bruker vi bare lavbåndsporter, men vi har også porte for mellombåndet..Så samme antenne dekker da fra 700 till og med 2,6 GHz, er vel sånn ca der grensen går.</p>
18	T	<p>Så akkurat der, så kan man på en måte så lenge man har installert nok radioer, så har man muligheten til å switche og endre på</p>
19	I	<p>Vi fortsatt bundet av disse. sertifiserte radioene holdt jeg på å si. Så det er litt sånn når vi er i dialog med forsvaret for eksempel. Hva med disse frekvensene? Men disse frekvensene havner utenfor disse kommersielt standardiserte bånddefinisjonene da. Og da må du ha en egen radio for de båndene da, og disse radio som vi har er jo sertifisert under det som heter SEPT for disse frekvensbåndene, og da det er litt sånn du har lite spillerom sant, så liksom utover det som er de kommersielle frekvensene så blir det vanskelig. Men innenfor de frekvensbåndene som blir definert, så har vi så vidt nevnt her da. Så det og der liksom 800 også 700. De kan klare opptil 100 kilometer, men typisk use-case strekker det til 60-80 kilometer på det ekstreme, men normalt er det 30-60 kilometer. Vil si 30 kilometer sånn normalt på de da.</p>

20	T	Det var, men det vil jo stor grad og mange situasjoner holde mer enn nok å si da.
21	I	Ja ja så det er jo, så men der er jo sånn ja og der er vi hastigheter er jo litt til sånn ca 80-90 mbps ned. Så på de neste så er det jo for 1,8 til 2,1 GHz så er det ca teoretisk på 350 mbit/s.
22	T	Ser du på en måte hvis vi har fått standalone og vi har fått en slice. Og så sier vi bruker for eksempel lavbåndet for å få en del dekning, så etablerer vi på en måte slicing og en annen prioritering på forsvaret. De har egne simkort slik at de har sin slicetilgang. Hvilke typer use caser og bruk ser du for deg at forsvaret på en måte kan få ut av det da tror du?
23	I	Her, dette synes jeg er veldig vanskelig med 5 G SA, er det her på en måte som er litt av utfordringen. I hvert fall der vi står i dag. Så hva kommer disse slicene til å bli standardisert for? Til å kunne bruke. Og hvordan det økosystemet der blir, men jeg ser jo for meg at. Ja og så er det. Sånn du sier at du går på frekvens, og det føler jeg også litt sånn vanskelig å. Si ok vi bruker bare den frekvensen for det. Det er helt avhengig av hva hva du skal bruke det til. Ja føler sikkert OK, forsvaret får en potensielt, de kjøper eller får x-antall slicer da for spesifikke use cases. så du har en slice som er noe sensornettverk eller sensor versjon type greie og det vil jeg typisk være da, litt avhengig av behovet da, på 450, eller noen av lavbåndene sant. Men så har du kanskje andre use-cases som er backhaul for en fremskutt edge computing eller noe sånn som det. Da må du over på disse høyere frekvensene og potensielt over på millimeterbånd for å få skikkelig fart på det. Og dette liksom er ikke sånn entydig over hele rekken, og dette er en utfordring vi på en måte ser. Jeg ser generelt da, at vi kan ikke være sånn at radionettet er en plattform som er homogen. For den er ikke lik over hele fjøla. Det er litt avhengig av use-caset, hva du trenger der ute da. Så du blir litt sånn top down, der du ser hva er det du trenger for noe. Trenger du å løse en eller annen use-case, og da trenger du å bygge en type slice som dekker det, og den er ikke unik for hele nettet, eller den er unik for den casen potensielt. Så ja, men tilbake til kanskje spørsmålet da og hvilke use-caser. Og jeg ser for meg at IOT, altså dette med sensor, detektering, altså lav data og så videre knyttet opp mot gjerne noe

		edge computing er jo noe som er interessant. Vil jeg tro.
24	T	Da tenker du på en måte ikke kameraer og overvåkning for da vil det være for lavt bånd med for lite båndbredde? Sannsynligvis da til å ha streaming av video, men kanskje heller bevegelsessensor eller sånne type ting eller er det?
25	I	Ja da er du 450 vil være type de veldig lave. Ser du på de som vi kaller lavbånd sånn rundt 700-900. Der vil du nok kunne få gjøre den type altså videotjenester og sånn, men det vil jo være. Kall det i dag, i hvert fall det som er LTE sfæren av kapasitet. Men som sagt, det er også en utfordring med kapasitet i de båndene. Men ja.
26	T	Jeg ser for meg at det er jo. Vi har snakket om nå at du må på en måte både ha tilgang i 450 båndet for typisk sånn IOT enheter som, si at du graver ned en sensor under en vei da, en trykksensor og sender en eller annen signal basert på vekten på bilen som kommer. Og så har du kanskje noen kameraer som står i 700 eller midtbånd. Som da kan sende tilbake igjen til en kommandoplass eller et eller annet. Hvordan vil det funke? Fordi det vil jo kun på en måte være kapasiteten rundt den ene basestasjonen som er avgjørende fordi de ville vanligvis vært koblet på fiber, så det vil på en måte kun være det området en tar kapasitet. Så hvis man er spredd nok, så vil det være kapasitet i nettet, hvis man blir for tett og har for mye på samme sted, så har man større utfordring.
27	I	Hmmm ja ja ja og på den måte. På den backhaulsiden på fiberen som går til basestasjonen så er det som regel plenty av kapasitet. Det er sjeldent en flaskehals da.
28	T	Så er spørsmålet angående sånn aktive antenner. En use-case jeg har tenkt på er, for å triangulere vanligvis, så må du ha flere antenner forskjellige steder. Så kan du også bruke GPS. Inntil GPS'en er jammet, har man da muligheten til å på en måte benytte det som ligger i aktive antenner også antallet antenner til å lage grove trianguleringer i 5G, mer enn i 4G.
29	I	Ja, ja, jeg vet ikke, vet ikke hvor godt du kjenner den løsningen i 5G. I typisk 4G verden sant så har du en rundstråleantenne så om

		telefonen er langt ute enten den ene eller andre veien har du ikke sjans på å vite. Mens hvis du går innpå aktive antenner
30	T	For den har vel mange antenner?
31	I	Ja det vil avhenge litt da av type da, men den vil jo ha en ???, så har du det, litt avhengig av hvem du snakker med så vil de si litt forskjellige ting. Men det vi har idag er 1,2,3,4,5,6 SSB. Kall det referansesignalet som sendes. Den sender ut sånn melding til, her er du, her er jeg. Og så setter de opp en ????. Så kall det referansemålingen til telefonen. Allerede der så vil du kunne vite hvilken kall det sånn veldig grovt skyteretning du er på. I tillegg så har vi da timing advance som sier noe om avstanden som sier noe om avstanden.
32	T	Hvor langt ut du er da?
33	I	Mens i tillegg til dette her, så har vi disse her. CSI'ene, er det ikke det det heter?. Så når du har etablert en connection, så vil disse her smales betydelig, fordi at du baserer deg på akkurat hvem som er. Den er jeg litt usikker på om hvordan vi kan klare å få utnyttet, så hvilken SSB du bruker, den er veldig enkel å få ut. Det er en KPI, der ser vi allerede i dag, hvis vi går inn på hvilken som helst av de massive mimo antennene, så ser vi røfflig da hvilken av disse 6 virmlene som trafikken ligger i. Men jeg er litt usikker på for det som skjer da er at du starter synker sant, og da vil jo terminalen som står her. Den vil jo gjøre en uplink, som den massive mimo antennen tweaker at downlink antenne, basert på det også faseskifter den alt sammen slik at den strammes inn veldig. Relativt til den SSB'en vil da være databærer beamen. Den er veldig mye sterkere og bedre, og den er veldig smal. Så denne her sier den er. SSB er 120 grader, men den her den er veldig smal, ned til noen få grader. Hadde vi kunnet hente ut akkurat hva den sikter mot, så ville vi fått god posisjonering, men jeg vet ikke helt om det mulig. Det vet jeg ikke, men potensielt veldig interessant.
34	T	Hvem hvor kan man hente ut informasjon, om ssb også eventuelt fordi, gitt at man har en privat basestasjon, satt opp i en kommandoplass, og så har man satt opp og man styrer sin egne ting også, Kunne jeg på en måte tatt pcen min koblet i et sted også fått

		informasjon.
35	I	Det vil jeg forvente av leverandørene som har den type antenne, så lenge du er koblet koblet til, satt opp den som SSB som det. Så vil de ha KPI'er som vil vise det. Så det er ren performance statistikk, så i tillegg vil du kunne gå inn og se på last for eksempel. Itillegg hvis du går inn og ser tracing på den terminalen, altså signaleringen med basestasjonen. Så vil du også kunne se det i den, hvilken han detekterer
36	T	Vil det være noe på en måte som, det er jo veldig interessant å kunne se egne personer da, egne styrker som er i området rundt seg for å på en måte si, ok hvem er hvor, hvor er det ting skjer? Men er det en måte man da kan skille mellom, at man kun får inn de simkortene som er definert i forsvaret, og ikke de som er andre, fordi man vil jo kun da gi tilgang da til nettverket på de forsvarssimkortene?
37	I	Skal se o jeg forsto spørsmålet helt da? For du er du er i en kommandoplass. Du har en sånn antenne stående og du har en haug med telefonterminaler aktive på den basestasjonen. Og alle de vil jo være da med forsvarets simkort, fordi de er jo forsvarets PLMN, den vil ikke tillate noen andre å attache. Det vil kun være de du detekterer i nettet.
38	T	Men vil man kunne få og oppdage andre simkort også og kan du få opp at de er eller vil det på en måte den der oppkallet? Fordi de vil også prøve å koble seg til en basestasjon. Skulle jeg tenkt eller få signal? Men der vil jo være en sikkerhetsmekanisme som gjør at den sier du får ikke tilgang på en måte. Så vidt jeg skjønnte?
39	I	Det vet jeg ikke hvordan akkurat den delen er. Eller sim kortet vil ikke tillate telefon og koble seg på hvis ikke det er nett som er under det som heter home PLMN, eller equivalent home PLMN. Så det er ikke noe vits å prøve engang. Med mindre det er som en sånn nødsamtale da som er en helt annen greie da. Så da gjør du en veldig spesifikk handling som er en nødsamtale da. Men det går via dette emergency rutinen da. Men som en generell bruker så vil du lese disse sid meldingene som kommer på nettet og sier, her er det en synk melding som inneholder dette PLMN-ideen, og så sier sim-

		kortet, men den kjenner ikke jeg til, den skal ikke vi prøve oss på.
40	T	Ja, så det kommer ikke noe fra telefonen egentlig. Nei, så det vil kunne være egentlig egne som har lov til å koble seg til og som i hele tatt vil svare?
41	I	Ja ja. Tenker at jeg vil si. Det finnes også sånne barring funksjonalitet også som gjør disse tingene her i tillegg.
42	T	Så lurte jeg litt på det med. Device til device, og sidelink og den biten der. Ja altså mesh og klarer å lage mesh og sånne ting, om du på en måte har noe tanker rundt det?
43	I	En ting som jeg ikke har sett, satt meg veldig inn i. Det er veldig lite snakk om det. ja, vi baserer oss veldig mye på det som kommer fra leverandørene. Her har jeg ikke hørt at device leverandørene har fokusert noe særlig på det, annet enn type wifi adhoc nettverk. Så jeg kjenner ikke noe til det og det er ikke noe leverandørene i stor grad snakker om heller. Jeg sitter litt sånn i prat med Nokia rundt dette som heter IAB, hvor det heter internet access and backhaul, og det var sånn konseptuell sak fra 3GPP som gikk på at du kunne bruke radiolinker altså, si en sånn massive mimo antenne da. Til både som nettdekning til terminaler også som backhaul for neste basestasjon. Altså at den brukte
44	T	Ja istedet for å ha fiber til alle basestasjonene så har du trådløs link mellom.
45	I	Ja sånn typisk bygget et sånt trådløst nett av basestasjoner. Laget et adhoc nett. Men det også er sånn. Det er fullstendig skrappt, altså det er vanskelig med synk, det er vanskelig med interferens og så videre. Og jeg vil si at altså hvis vi begynte, at terminaler begynte å sette opp automatisk nett på våre frekvenser. Ja, det hadde ikke vært bra. Nei, det er jo typisk en sånn ting som du ser. Sånn som Ramstein som var her ute i Oslo- Det er så mange terminaler, som snakker, at man genererer så mye støy. Og i et sånt scenario, så er det. hvis du ikke har noe synk ned mobilnettet, og derfor generert enda mer støy. Så det er en veldig vanskelig ting å få til da. Det har jo vært en ting som har konseptualisert i hvert fall tidligere som

		typer sånn, jeg tror nødnett gjør det. For type sånn innendørsdekning, altså helt nederst i kjelleren, innerst i et bygg, når brannvesenet er der så skal du kunne snakke via han og ut til en. Men det er ikke noe vi har sett på som jeg kjenner noe særlig til
46	T	Men da er det mer at da har de satt av frekvenser.
47	I	De har jo mye myer kontroll på det sant? Man kan ikke bare fristille det i et kommersielt nett, og da tenker jeg at det ville generert veldig mye støy.
48	T	Ja men hvis du setter av et frekvensbånd til det formålet, og da går det litt på enhetene man har lagd da fra leverandør at de på en måte vet hvilke frekvensbånd kan jeg bruke til det her? Så det måtte legges inn og men hvis det på en måte er, si forsvaret har en avtale med en eller annen leverandør som lager noe sånn rugged mobiltelefon og da kan man starte å tenke at da kan man også legge inn at de simkortene og antenne skal støtte device til device i de frekvensbåndene her. Som en ekstra mulighet egentlig, og at den data som kommer inn kan sendes videre ut på 5 g igjen I mobilnett da.
49	I	Det er litt vanskelig å se at det er en sånn ting som man liksom kommer til å frislippe lett fr en operatør ståsted Det ville vært noe som vi har null styring på. Ja, og du vil kunne ende opp med sånn ekstrem interferens, som ikke er så optimalt? Så det er jo også derfor vi på en måte har begrensninger på at ikke alle kan sette opp repeaterer for eksempel, og gjøre andre ting med våre frekvenser. Vi har sett det gang på gang at det er en utfordring med interferens og støy på bakgrunn av de tingene der så. Min første tanke er hvertfall det. Nå skal ikke jeg være en teknologi pessimist. Ja, jeg sier at vi aldri skal si aldri liksom, men det det vil være veldig vanskelig ting å løse kommersiell på de frekvensene.
50	T	Ja men ja, så må ut av de kommersielle frekvensene?
51	I	Ja, det vil jeg tenkt at hvis forsvaret bruker egne frekvenser på den type løsning, så tror nok jeg det kan la seg løse. Det vil nå være en naturlig ting i et sensornettverk tankegang for eksempel. At du har

		enheter som genererer sitt eget, sikkert nettverk. og dermed. Så den use-casen ser jeg. Men at vi skal frislippe våre frekvenser for den der type bruk Er nok litt vanskeligere.
52	T	Ja, jo, jeg skjønner det. Hvis det plutselig mange som bruker det sekvenser et annet sted og støyer ut deres nett.
53	I	Nettopp ta også, og det vil jo være. Kan du tenke deg i 1 1 3 situasjon uten noen utfordringer, så vil jo tåle det godt, sant? Mens i en kritisk situasjon, sant? Så ville disse ressursene, altså det vil begynne å generere støy. Det er nok støy fra før av, så det vil bare være å sørge for at det blir vanskeligere å bruke. Bare det å få det til å funke i det hele tatt uten at det også blir jammert ned av det kommersielle nettet, så det er en veldig vanskelig sak vi snakker om her.
54	T	Du nevnte istad det med Internet aksess backhaul via trådløs link. for tenkte jo at det som kan være mulig er jo typisk, at du har en kommandoplass, som har ganske stort båndbredde behov. Som står et eller annet sted, så kan man skyte med en direktiv antenne inn mot en av deres basestasjoner og at han kan ha videre forbindelser til flere andre, og da må på en måte planlegge frekvensbruken egentlig da hvis han ønsker å på en måte etablere mobilnett videre for andre, fordi at frekvensene han bruker videre innover ikke krasjer og skaper inferens med de han bruker bakover. Men vil det måtte være mye utfordringer rundt synkronisering, og litt hvorfor ikke har sett noe videre på det per nå? Det å sette sånn type backhaulløsninger.
55	I	Der det er det er det er det rett og slett er Leverandører da har ikke fulgt opp heller. Er det det? Det var ting jeg vet, var det Kennet eller noe som var innom som har snakket litt om det. og snakket litt med Nokia om det. Det er forholdsvis dødt generelt. Altså det var et konsept som eksisterte et øyeblikk. Men det har også vært noe vi har sett på, sånn relay type tankesett. At vi har et område her borte som er liksom ingen dekning. Ja vi trenger noe der og og tjenesten vi trenger der kan leveres på disse kall det FDD frekvensene, altså 1800, 2,1, 800, 700 whatever. Det var ikke veldig kapasitetskrevenende, men noe sant. Men for å nå dit, så må du via en annen enhet i nettet sant. Og i det området her er det Line of Sight i

		n78, altså 3,5 GHz båndet der vi har mye ressurser. Så man kunne sett for seg at man har en sånn type relay type basestasjon som bruker kanskje en ren 5G aksess her da. Men gjør en, det er noe som switcher over til å generere dekning her nede via den da. Det er konseptuell tankegang, som vi har, og vi har gjort en nylig en pilot i nordmarka med en basestasjon vi kalte Giraff.
56	T	Ja jeg så den, den med starlink. Ja ja ja.
57	I	Jeg stemmer. Så det er. Litt sånn den. Det konseptet da at du du kan smelle ut et eller annet som på en måte gir noe der ute da. Gjerne uten at trenger noe mer enn et aggregat som du kobler i da. Og den gikk på 450? Starlinken var der, men starlink hadde så dårlig dekning at vi kunne ikke bruke det.
58	T	Nei, Så da endte det med 450 båndet som backup.
59	I	Så det er jo litt sånn. Ja, vi har det allerede forså vidt da, men det er veldig lite QoS, og det er veldig lite garantert på det, så i et sånt relay scenario så kunne kanskje sagt at vi legger på en slice på den backhaul biten da som garanterer en viss sikkerhet på det. Og det vil jo være også overførbart til en typisk trådløs bredbånds use-case, at du har en slice som garanterer en hvis ressurs til det, så la oss garantere at det er ledig forresten.
60	T	Men det er på en måte det krever litt at det er et 3,5 GHz bånd eller høykapasitetsbånd, hvor du setter av slicen og garanterer?
61	I	Ja fordi vi vi ser jo det på de andre, disse FDD båndene som vi kaller det, de som er sub 3,5 GHz, så er. Det blir veldig fort spist opp ressurser da. Så i det du begynner å ta av det, så er det veldig store biter du tar, og da starter du å miste noe, og det er litt sånn dum tradeoff da.
62	T	Vi snakket jo litt IOT Litt om Mesh og device to device. sporing av enheter. Jo lurte litt på det med sikkerheten, sporbarheten og jamming og sånn i 5 g på radionettet. Om på en måte 5 g har noen ekstra sikkerhetstiltak eller kapabiliteter som gjør at på en måte de

		ikke er så sårbare da ovenfor jamming. ovenfor korrupsjon av signal og lignende som kan legges på i en forsvarsslice hvis det ikke er noe man har til alle på en måte?
63	I	Nei altså og radioaksess teknologien er jo forholdsvis lik på 4G. Det er OFDMA. Radioaksess teknologien som sådan er fryktelig lik. Så sånnsett er det ikke så mye nytt i den kategorien. Så hvis du tenker robusthet der, så må det jo være det at du har kan gjøre båndbredde vs. modulasjon, sant? At du sikrer i from av det? Men jamming da er jo en utfordring. Så sånn sett på radio access delen vet jeg ikke, det kjenner jeg ikke til om vi har noe mer å gå på der eller ikke? Noe kanskje men. Det er jo en ting man er sensitiv på. Så er det klart, at det som på en måte har vært snakk om sikkerhetsmessig, er jo den, som går på IMSI'en og den biten. Vi ser da at når du går inn i et rent 5G standalone scenario med riktig sim så kan du øke sikkerheten på IMSI'en. Så du har ikke den, den blir ikke sendt åpenlyst. Så du har bedre sikkerhet enn tidligere. Men ut fra det og radio aksess delen så er jo det mye av det samme.
64	T	Lurer på, vet du hva mulighetene for å på en måte kunne peile enheter. På både ved kort og lengre avstander for det. Hvis man tar master eller mobiltelefoner plasserer midt på finnmarksvidda. I forsvarssammenheng, så vil det sannsynligvis være forsvaret som er på en måte hvis man klarer å plukke opp signaler. Hvor stor grad er det på en måte mulig å peile plukke opp små signaler om du på en måte vet?
65	I	Ja, disse redningstjenesten de har jo en løsning på dette. Og de bruker imsi catcher. Ja rett og slett bruker imsi catcher. Får terminaler til å attache til en basestasjon som er på et helikopter som er over. Så itillegg så får de også connection direkte med den direkte med den terminalen. Men de de klarer å triangulere ved å fly, typ som skredsøker nærmest.
66	T	Men, er det noen muligheter sånn ut over, for da er det jo. Ja da er du relativt nærme, eller avhenger det av hvilket bånd til bruker?
67	I	Ja for det er det, det er vanskelig å generere. Altså du må jo ha en sånn, sånn som det funker så vil jo terminalen velge en eller annen basestasjon å koble seg på. Så er det en eller annen layer

		<p>management som sier at når dekingen er OK. Sånn er dekingen nå, det er den frekvensen, hvis dekingen er bedre enn sånn, da går du til den basestasjonen. Så hvis du er for langt unna så vil du rett og slett ikke kunne gjøre den metodikken da. Ja, men. alt sendes jo som RF signaler, så du vil jo kunne se det i en spektrumsanalysator at det sendes noe sånn. Og det vet vi ikke. Det igjen, dataen er jo kryptert så det er vanskelig å se med mindre du faktisk har synket opp da. Ligger en naturlig beskyttelse i den, da jeg vet ikke hvor godt det er da</p>
68	T	<p>Så lurer jeg på det med key performance indicators. Det er en litt på at det som det er viktig for forsvaret potensielt kan være det rundt, at det er lite jitter. Og på en måte at det er nok båndbredde for forskjellige caser, og at du har muligheten til å bruke forskjellige bånd da. Og da har du også nok gjennomtrengningskraft eller robusthet i selve signalet når du på en måte bruker 450 MHz for å nå lange nok avstander. Jeg vet ikke er det noen andre måte målings enheter eller performance indicators som dere bruker som dere pleier å benytte liksom?</p>
69	I	<p>Generelle KPI'er som generelt er tellere som gjøres av basestasjonen på ting. og det er jo egentlig det vi baserer i stor grad det vi gjør på ja. I tillegg, så har vi jo noe. Så det er performance KPI'er, så har vi alarmer som detekterer feil og whatnot, Vi har også. Muligheten til å bruke, vi kan potensielt bruke signalering. På enten detaljer rundt performance og sånn ?? Ja så det er jo også at du veldig sånn nyttig informasjon og ser liksom at ja signaleringsfeil, og hva som skjer da, at det kan måles fra for eksempel telefonen der ut for eksempel</p>
70	T	<p>Hvilke typer performance indicator er det dere har? Eller bruk.</p>
71	I	<p>Det finnes 1000 forskjellige i det hele. Alt mellom himmel og jord, det er. Det er ganske stort spekter av KPI'er her på forskjellige ting da. Ja, så vi har tellere ned på liksom bit error rate og sånne ting som det. Og egentlig det det. Ja det det er litt sånn. Det er et veldig, veldig stort spekter du kan, og litt avhengig av hva du skal male på en sånn. Ja vi setter opp et sett som vi bruker da, men ja, det som genereres fra basestasjonen og så videre er jo type et ekstremt antall tellere og kombinasjonen av tellere. Vi har sett med KPI'er</p>

		<p>som sånne sanity sjekker av hvordan det går i nettet. Så har du jo andre ting. Vi har KPI'er på liksom hvilken beam som brukes på noen type sett og antenner. Ja og så er. Det liksom. Bit error rate på forskjellige nivåer. OSI modellen for eksempel, er det på ut eller inn og ja. Det er veldig mye forskjellig da</p>
72	T	<p>Ja så det er egentlig mulig å måle de meste da.</p>
73	I	<p>Ja så vi har signalkvalitet, signalstyrke, timing advance. Power headroom altså det er jo en interessant å se litt rundt. Hvor mye mer effekt har? Du til overs på CPE'en for eksempel. Det er jo ting som rapporteres på liksom. Nå skriker jeg maks for eksempel. Nei, det er litt sånn det. Det er veldig åpent. Sånn at det? Det er litt mer spesifikt på hva. Hva trenger man?</p>
74	T	<p>Jo, men det er jo litt å vite at det er såpass mange muligheter da?</p>
75	I	<p>Ja det er jo lett å plutselig gå seg vill i det der. Det er veldig, veldig mye når vi slipper. Som vi kan måle. Dette er jo fra toppen og dette vi ser fra nettverket kan du si da, så itillegg legger vi får toppen det med med tracing, det å kunne se hvordan opplever telefoner. altså på sin side. Vi ser begge sider av den saken. Og det blir jo litt sånn, totalt blir det veldig omfattende.</p>
76	T	<p>Jeg lurte på det siste. Har du noe sånn, noen tanker rundt typ det her som vi ikke har snakket om til nå som vi måtte tenke at 5 g. Som ikke har vært innoen eller som ikke at det nyttig å se videre på, kanskje bruks scenarioer eller liknende?</p>
77	I	<p>Nei, det det klarer jeg ikke helt å se. Det som er så sykt vanskelig med 5G, det er at vi snakker om. Vi er fortsatt bare en datatjeneste bærer holdt jeg på å si. Skal ikke undersøke oss selv, men vi leverer på en måte nettverket og nettverket har en del funksjonalitet. Men til syvende og siste, hvilke use-caser er der ute. Klarer ikke vi å definere selv. Men det er noe med at vi har et veldig stort spekter av frekvenser som gjør har veldig, veldig forskjellige egenskaper, ikke sant? Kommer liksom disse? 3,6 ghz og potensielt høye milimeterbånd har en veldig sånn kapasitetsegenskap versus disse typer frekvensene som er i starten av frekvensbåndet som er veldig</p>

	<p>god på rekkevidde og dekning. Og alt det skjer, vi bygger ikke alt alle steder. Så det er denne dynamikken med å vite hvor skal vi bygge, hva, det er også det der å knytte dette opp mot den core infrastrukturen, edge computing og slicing. Så kan du få til veldig mye rart tror jeg. Men akkurat hva er litt vanskelig å si. Jeg tror for eksempel at inendørsdekning med 450, veldig spennende, med sensorer og den der type ting. Også er det en del use-caser rundt det. Der du når veldig mye lenger enn det folk kanskje tror.</p>
--	---

Appendix **K**

Interview: PLMN interviewee 2

This appendix contains the transcript from one of the persons working for a PLMN provider. An experienced System Engineer, with a proven track record in the telecommunications field. Possesses robust skills in EPC, IMS, and Mobile Communications. Working towards the system core field of cellular technology

This appendix is written in Norwegian. The letter "I" indicates that the interviewee is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	T	Det er greit at. Jeg skrur påopptak bare jeg husker gjøre ting senere, og såsender jeg deg sådu kan se gjennom ja.
2	I	Ja den.
3	T	Da skal det være startet. Tenker viktigste er at vi får med lyden fra begge 2 hvertfall. Ja, det oppgaven min egentlig handler om. Det er jo hvordan vi kan bruke 5G i forsvaret og såfor å avgrense det litt. såsett påhvordan det skaper situasjonsbilde og. Ja knyttet inn sensorer egentlig. såprøve åse på. Det jeg snakket litt med Espen isted var jo litt det hvilke muligheter som ligger i radio grensesnittet og begrensninger og muligheter rundt det. For om du er litt mer?
4	I	På nettverk? Ja, jeg jobber i det som blir kjernenettet, så vi jobber med alt det som er, liksom innenfor radio. Ikke ip nettet sånn spesifikt, men det som er på kjerneelementene i 5G ja.
5	T	For da er du litt mer på det med edge computing og mulighetene der blant annet.
6	I	Jeg har litt sånn litte grann om det.
7	T	For at jeg starter litt åpent og spiller liksom litt ball til deg først om du har noen tanker og så har jeg noen spørsmål og use-caser som vi kan snakke litt om etterhvert. Så litt hva du tenker. Gitt at vi har fått til 5 g Standalone, og så har forsvaret fått en slice, og så er fryd og gammen. Men hva burde på en måte forsvaret gjøre? Hvilken måte bør du forsvaret bruker litt på hvilke elementer burde de på en måte ta inn da for å få mest mulig ut av 5g?
8	I	Ja, hvordan man burde satt opp nettverket tenker du eller hvilke funksjoner man burde ta i bruk.
9	T	Ja da litt ja begge deler egentlig. Så du har noen sånne tanker? Ja.

10	I	Ja hei. Ja, jeg har liksom. Ja jeg tenker jo litt sånn. Dette blir bare sånn høyttenkning da. Du har jo et dette som et radiotårn. Også med noe stråler. Og så har du kjernenettet som jeg jobber med. Der har du forskjellige funksjoner på 5G. Du har AMF, så har du SHF og UPF, sånn grovt fortalt. Da kan jeg tenke meg hvertfall i en 5G slice at du bør ha egne separate funksjoner for militæret. Da som er sånn. Kanskje egentlig om det bør være fysisk separert eller hvertfall logisk separert. Og så har de da.
11	T	Så du tenker viktigheten med separasjonen. Det er mest en tjeneste garantien og typisk på det. Eller er det noe andre grunner også til å separere det.
12	I	Hmmm. Når tenker jeg både, fra helt separate, separasjon for sikkerhetsmessig. At ikke du har noen? Noen form for mulighet for at annen trafikk skal liksom kunne nå det militære nettet? Det kan du kanskje sikre deg, men da er det som en garanti for det da. Hvis du klarer å ha det helt separat. Også kunne ha mer kontroll på hvem som har tilgang til disse disse funksjonene. Den, her kan jeg da kanskje? En mindre gruppe mennesker som har tilgang til systemene enn den andre. Du kan ha et annet sånn det? Change regime da. For da her jobber jo litt sånn hver dag. Kanskje vi gjør oppgraderinger eller endringer. Som kanskje kan påvirke trafikken, hvis du er uheldig. Vi har et servicevindu fra midnatt til 6 om morgenen så det er altså, det er bare altså hver arbeidsdag hele uka. Her nede er det (i forsvars funksjonene) fortsatt et annet regime hvor du sier at kanskje du låser i systemet?
13	T	Hvis det skjer noe viktig da eller noe sånn ja.
14	I	Ja heller. Ja altså hvis det skjer hvis det skjer noe feil, så må du rette det, men du kan si at kanskje du oppgraderer. Bare hvert tredje år, eller? Du gjør ikke så mye endringer i nettet som som det vi gjør i det kommersielle nettet da. Her er det jo. Man tuner litt ting eller legger til nye funksjoner gasnke ofte egentlig. Men i militær slice da så kan det hende du heller vil ha det litt mer stabilt da. En tanke og så. Også kan du plassere litt sånn, du kan ha UPF'en. Det du snakker med edgecomputing, da har du fritt til å plassere i upf'en sånn helt her ute på basestasjonen. For har sånn. Skal vi si? Så da noen telefoner da? Som kanskje kan snakke med hverandre ute i felt. Så kan de bare gå

		rundt UPF'en istedet for å gå helt tilbake til kjernen også tilbake. Det er kanskje altså. Altså hele konseptet med edgecomputing, at du kan ha kort vei rundt på en måte. Mange av disse er alle. Ja, det er tjenester du har her da, som du trenger å bruke uten å lange veien inn til kjernenettet.
15	I	Hvilke av de tjeneste er det man må flytte ut før man på må te, for å få da muligheten til brukerdata. For nå så må du fortsatt inn i kjernenettet for å autentisere deg og sånne ting. Men hvis, jeg mener sto litt om device til device, at hvis du på en måte har autentisert deg mot en annen telefon, så kan den autentisering lagres.
16	T	Eller etter viss periode, noe som kanskje ja, så du slipper å gå tilbake, men da holder det å ha UPF 'en i basestasjonene?
17	I	Ja, altså vi vi har sett på sånn vi snakker om å bygge sånne edge datasenter. Ikke så veldig mange av de helt ute basestasjoner da. Da plasserer vi bare user-plane der ute, fordi typisk når du når du kobler deg på mobilnettet så går du inn til AMF'en også gjør du autentisering og alt her men. Det er typisk noe. Du gjør en gang når du kobler deg opp, men når du først har koblingen oppe, så er det bare er det bare forsinkelsen til UPF'en som betyr noe på en måte. Fordi den introduserer altså det er sånn engangskost da. Om det tar 10 eller 20 millisekunder har ikke så mye å si da. Det er mer den forsinkelsen i bruk som betyr noe. For liksom kanskje for samtaleopplevelsen. Eller for, det kan vært at du skal styre noe Droner type da. Da hr det ikke så mye å si om du har brukt 20 milisekunder ekstra første gangen, i starten på en måte.
18	T	Jeg tenker på , hvis du? Ja, hvor ofte må du autentisere deg er egentlig spørsmålet da, hvis jeg skal kontakte en ny bruker, og vi har mistet den linken tilbake til kjernenettet begge 2 er da autorisert fordi de har vært koblet til. Holder det da på en måte å ha UPF'en der ute, eller må du ha flere funksjoner det ute for å nå andre nye brukere, men begge i seg selv er jo autentisert.
19	I	Ja for det du tenker at liksom det er det forbindelsen her brytes til kjernenettet. Nei det vil. Jo slite med en gang du ikke når AMF og SMF. Så vil jo, da vil forbindelsen brytes i her da. Ja. Så det er ikke noe? Jeg har sett at forsvaret er sånn de har et sånt core i en boks, sånn type

		<p>hvor de kommer ut i ja, da har de antageligvis med alle funksjoner.</p>
20	T	<p>Ja så selv om du har UPF, så er det egentlig bare datastrømmen etter koblingen av oppe. Men du trenger fortsatt AMF'en og SMF'en for etableringen, kobling mellom 2 enheter.</p>
21	I	<p>Ja, hvis du vil ha et autonomt nettverk da ja som ikke er avhengig av å komme inn til den kjernen. Så må du ha alle funksjoner der ute. Antageligvis denne. Dette udm, som er sånn for autentiseringen. Det er jeg litt usikker på, men som du sier. du vil jo ha. ja det som heter UDM i tillegg. Som er kundedatabasen. Så det her vil jo. Spør om nøkler. Og da vil den som sagt vil. Sånne lagre de. Så den trenger ikke å spørre UDM'en på nytt, sånn med en gang.</p>
22	T	<p>Det lager jo i AMF'en, så du vil måtte ha flere funksjoner under oppkobling, så det er kun brukerdataen han slipper å gå inn da som egentlig er fordelen med å . Flytte ut UPF'en ut.</p>
23	I	<p>Ja altså visstnok, altså grunnen til at vi skal flytte eller, vi tenker litt på UPF'en ut på en egen site. Det er ikke for å ha autonomi. Men det er for å ha lav forsinkelse da for da kan vi ha. Vi jobber jo med altiboks som er vår søsterselskap, og da. Kan de ha? Type Sånne CDN'er, content delivery network. Hvor de cacher Netflix. Det kan de da ha ute på de sammen edge sitene da. Så hvis dette her er 2. Eller dette kan være bare en smarttelefon eller mobilt bredbånd? Det snakker bare rett til UPF'en, og så å rett til den serveren så det tilbake igjen. Ja, ikke at du må helt inn da via kjernen. Så vi har ikke. Vi har sett på dette som forsvaret ser på . Hvor de kanskje vil ha rt helt lukket nettverk, som så fungerer helt alene. uten noen koblinger innover.</p>
24	T	<p>Forsvaret har tenkt litt på den sånn privat nettverk at du typisk har en egen basestasjon med kobling videre bortover. Og så har du simkort som på en måte er godkjent for den basestasjonen med egen kjerne som er ute i en boks da. Men hvordan vet man, hvordan vil synkroniseringen fungere, kan man ha en mobil med et simkort som både som fungerer mot den basestasjonen, men det kan også fungere mot det kommersielle.</p>

25	I	Ja, det gjør det altså godt spørsmål l jeg. Tror jeg hørte om at det kanskje var utfordring eller? Det, det vet jeg egentlig. Altså det. For da ville vi i praksis hadde vel 2 kundedatabase da en som er sentralt og så blir. det blir en sånn som kanskje er en sånn liten bit av det ute i felten.
26	T	Er det 2 simkort og da for det er potensielt at det er 2 kundedatabaser da, så de må du enten legge til det samme sim kort i begge kundedatabasene er jo en sånn teoretisk mulighet hvert fall. Ja, men det spørs kanskje. Om hvor stor grad det er praktisk mulig kanskje?
27	I	Tror jo det skal være mulig da, for da kan du ha. Du har samme nøkler I begge databaser og så . Da vil ikke være helt i synk. Fordi du rapporterer også posisjonen din til den her UDM'en. Så de vil jo ikke være i helt i synk. På en må te hvertfall hvis du gå r ut fra den sentrale, ut i felten.
28	T	Så litt det med simkort at det er å forholde seg til 2 forskjellige kjerner, da det vil jo skape en sånn synkroniseringsproblemer som du sier?
29	I	Ja, men jeg tror kanskje, la oss si at du er her ute. Anta at det ikke er noen annen mobildekning da? Ja, da vil jo det kunne fungere der inne. Men da kan jo nettet, det sentrale nettet. Vil ikke kunne nå deg da, fordi den vet ikke hvor du er hen eller noen av de dette. Det er ingen kobling til det lukkede nettet. Det er sånn nå . Er litt Sånn. Sånn? Ja, den vil sikkert tenke tenke litt på det.
30	T	Vet du hva som ville skjedd hvis man, si at man er inne i den boblen der da og har. Kun forsvaret sin edge som man bruker på en må te, og så få r man en forbindelse inn igjen. Altså man oppretter en, ja på en eller annen må te få r inn igjen det kommersielle igjen. Da vil man jo i teorien ha en kobling tilbake til kjerne AMF'en.
31	I	Tenker at du. at du få r kobling til begge nett på en må te?
32	T	Ja ja, er du på en må te at du er på en må te koblet til den, men så få r du en kobling fra en basestasjon her til kjernen her i tillegg. Og

		<p>hvordan kan man? På en må te kan man styre hvilken kjerne den er mest tilknyttet, eller klarer man på en må te å synkronisere mot begge, samtidig, at den klarer forholde seg til begge.</p>
33	I	<p>Du har jo bare en. I hvert fall i de. Standard så er det bare en radio enhet da. Ja, så den må liksom velge. Før, så var jo radionettene å velge hvilket nett den skal bli satt på . Med mindre du har 2 simkort selvfølgelig. Så tror jeg ikke det er noe funksjon for å komme inn, koble på begge 2 samtidig da tror jeg og velge core utifra det. Da kobler den seg mot 2 forskjellige basestasjoner,</p>
34	T	<p>Jeg tenkte på at hvis det er en backhaul connection fra den ene og til den andre. Så den er kun koblet på forsvaret sitt radionett. Men det radionettet har i tillegg til sin core, så har den også forbindelse til en vanlig core.</p>
35	I	<p>Ja, så vil det se ut som du har kobling opp mot slicen. Flott spørsmål i egentlig. Det er en type scenario som vi ikke har kommet helt inn på enda egentlig faktisk.</p>
36	T	<p>Tror du det er noe utfordring med det, eller tror du på en måte, fordi det blir litt samme som hvis dere har flere kjerner? Det er også det blir jo egentlig på den samme måten. Så hvordan er det det fungerer om man har en hovedkjerne, så har man flere edger da med flere AMF'er. Hvordan er det synkroniseringen og sånn fungerer mellom de.</p>
I	I	<p>Hmmm og du tenker at det er et dette er et core, så har du et annet core som du skal si bytter mellom.</p>
38	T	<p>Ja så det er på en må te du ville forholde deg mest til det coret som du er nærmest regner jeg med?</p>
39	I	<p>Jo altså det som har vært vå rt tilfelle da, vi har snakket om edge altså edge er bare UPF da, bare useplanet. Der er det mekanismer som sier at du? Du kobler på den basestasjonen da er den en lokasjonen da. Den har en identitet som sier noe om. Hvor den er. Da kan du ha mekanismer som sier at. Du kommuniserer med den kjernen her. Da er det SMF'en som velger UPF. Da ser den på hvilken lokasjon du er på</p>

		? Og så velger. den den UPF'en fordi det er den du er nærmest. Nå r det gjelder altså . Her velger du først AMF. og der kan du kun være koblet på en AMF, per slice på en må te. Jeg tror liksom litt Sånn, hvis dette er et helt fullt 5G nett og dette er et helt fullt 5G nett så må du kanskje bruke noen andre mekanismer. som jeg er litt usikker på , hvordan kan styre rett og slett.
40	T	Ja, så planen deres er egentlig å ha en kjerne eller en AMF. Eller per gang du kobler deg til da og autentiserer deg, så bruker du den AMF 'enresten av den perioden, og hvis du måtte bytter da og si du har, for det er mulig å ha på en må te 2 eller 3 fulle kjernesentre på en må te i Norge da?
41	I	Så kan si at det egentlig bare handler om at du da har en core oppe i nord også, men hvis du da bytter, på en må te fra hvis du starter i Tromsø, så er du trailersjå før og så kjører du ned hele veien og har på en må te konstant dekning. Da vil du jo ikke gjennomføre noen ny autentisering noen gang, så vil du. Er det noen mekanismer da for at du bytter til en annen core, eller vil du på en må te fortsette å være til hvordan samme corn inntil du egentlig mister forbindelse en gang og så blir plukket opp av en ny basestasjon. For basestasjonene i seg selv er ikke knyttet mot et spesifikt core?
42	I	Alle basestasjonen er knyttet mot AMF'en, da altså for kontrollplan. Så hver basestasjon vil ha, I dette tilfellet ha 4 koblinger. Til alle 4 corene. Så kan man se da.
43	T	Ja, de må jo selvfølgelig, ja, men det må jo selvfølgelig ha. Det, for hvis du ringer fra et sted. Til kontrollsenteret, og så få r du beskjed om hvor brukeren din er. Så må jo det kontrollsenteret ha en kobling til den basestasjonen hvor den andre oppholder seg. Ja, men den synkroniseringen mellom kontrollsenterene må jo finnes på et nivå , fordi hvis du skal paige noen, så må du jo vite hvilken basestasjon du er. Da holder det jo ikke at den basestasjonen som den personen tilhører vet hvor den er. Alle corene må jo vite det Sånnsett? såvidt jeg skjønner?
44	I	Ja det er bare tenke litt på hvordan det her fungerte igjen.

45	T	Jeg tenkte egentlig på de ulike corene, hvordan de får informasjonen ,så hvis du liksom har en enhet her, som er koblet til coren her Sånn, og så skal han ringe en person som er koblet til den coren her oppe. Vil den coren her da vite hvor den personen her er, for det må jo ut som en synkronisering mellom corene her da? Eller vil den gå direkte fra coren til brukeren på en måte?
46	I	Nei det er typisk at du må. Slå opp i denne UDM'en. Ja, for det blir registrert her ja når du kobler deg opp på nettet med AMF'en så sjekker den jo autorisering, men den registrerer også hvilken AMF du er koblet på. Altså hvor du er i verden da? Ja altså med det altså det du snakker om tale så er det en sånn egen mekanisme da, at du finner ut hvor du er. Hvis det er to dataforbindelser da. For eksempel dataforbindelse, så er det også sånn. Da er det bare ruting på en måte.
47	T	Ja, men da må du ha en kobling til den IP-adressen til den enheten må du ikke det, for den får vel ip-adresse av en eller annen nettverksfunksjon. Og så er det en kobling mellom telefonnummeret til ip adresse som skjer. Men det blir jo annerledes for da er det jo på IP nettverket.
48	I	Ja setter opp, når vi snakker om tale da så er det, da treffer det et IMS core. Det er også litt sånn på siden. Men egentlig det er den UDM'en da så er det Sånn. Der alt, det er altså det er det som er det koblingspunktet da. Det blir registrert der hvor du er koblet på . For å ja type sånn paging eller andre ting.
49	T	Ville være noe synkronisering mellom de ulike UDM'ene i de ulike corene som gjør at det funker eller er det, hvordan er det på en måte?
50	I	Det er en fellesdatabase, så du har. Nå har vi bare 2 datasentre i dag så mellom de så er det kontinuerlig synkronisering. Tror det er en utfordring det hvis du har som du sier hvis du har et separat core som ikke har synkronisering innen sentralt da. Da vil du kanskje ha motstridende data. I tilfelle så , hvis du bryter denne forbindelsen her da, (mellom nord og sør), og mister synkroniseringen så har du potensielt et problem på en måte.
51	T	For da må det på en måte være en mekanisme som sier at OK hvis vi mister forbindelsen så mister du din AMF, så da kobler du deg jo fra

		hvis du da er koblet til sør, er i nord og den bryter midt på . Da vil du jo få en ny tilkobling til den AMF'en i nord, og da vil jo den starte å logge hvor du er og Såne ting. Men nå r forbindelsen da gjenopprettes, så må det være en funksjonalitet som spør. Etter de andre UDM'ene egentlig?
52	I	Da ja jo det. Det er det. Så det eren. Så vil du koble da på den UDM'en i nord, da for du har jo bare en UDM du kan bruke. Ja så vil du, vil du bruke den. Og det er nok sikkert er Sånn.
53	T	Men da kan det jo være litt samme i tilfeller het også . Hvor du har private cores. Hvor du synkroniserer din UDM opp i nettverket her. Og på en må te har en push request da på oppdateringer, sånn at den UDM'en her også vet hvor du er. Og hvis man da mister forbindelsen til den her, fordi man gå r ut av slicen også inn i det private. Og så er det satt opp sånn at den har lov til å koble seg på begge AMF'ene. Da vil den jo kunne gjøre det, og den her da vil oppdatere seg så ? På en må te, det handler jo veldig mye om synkroniseringen av UDM'en da.
54	I	Ja, jeg tror det er litt nøkkel egentlig. Ja, for det som er databasen og de andre. De andre elementene, da har liksom ikke noe. Har ikke den statusen. Så det blir egentlig litt sånn likt scenario som denne, men en deling mellom nord og sør og at du må sørge for at det er oppdatert nå r du har tilkoblingen. Du bare frikobler deg fra kjernenettet nå r du mister forbindelsen. .
54.1	T	Så spørsmålet er egentlig bare fordi det handler jo om PLMN også. Hvilke PLMN'er et simkort har lov til å koble seg mot osv. men hvis man har gitt tillatelse til forsvaret, simkort og si at den har både tilhørighet til ICE, Telenor og Telia for eksempel og pluss, så er det rettigheter til forsvaret sin core. Er det mulig på en måte å få det til på et simkort. Er det som har nok til det, eller?
54.2	I	3, Ja, at den kan velge hvilket PLMN den skal koble seg på? Jo vi har en sånn prioritetsnummer løsning idag. Ja, det er sånn viktige personer kan koble seg på alle 3 nettene. Og det er en prioriteringsmekanisme hvor folk kan velge hvilke PLMN de ønsker å gå til. Og da da velger den jo, det radionette tog den kjernen på en måte ja. Men du har også noe som heter MOCN. Det er også en teknologi som er i bruk i Sverige, Finland og Danmark. Da har du typisk. For eksempel. Her er det to operatører som er gått sammen om å bygge et felles radionett. Så alle

		basestasjonene eier de i et fellesskap. Så har du kobling til core 1 og til core 2. Og her så kringkaster du. PLMN 1 og PLMN 2. Så i radionettet så ser du begge PLMN'ene. og telefonen velger selv om du vil koble deg på 1 eller 2. Så de som er kunde av den blir avhengig av det også vil det styret PLMN 1 går til core 1 og PLMN 2 går til core 2. Så da kunne vi hatt en mekanisme der forsvaret hadde sin egen PLMN, Som først går til det lokale coret. Og hvis det er, du kan manuelt. Det kan hende du manuelt må overstyre til PLMN 2 da. For å gå til det kommersielle coret. Ja, så det er sånn mekanismer man har sett litt på i forbindelse med sånne private 5G nett.
56	T	Ja MOCN står for?
57	I	Det står multi operator core nettverk. Men det er den funksjonen som er for å dele radionett. For radionett er typisk den delen som er dyrt å bygge ut. Så da kan to operatører samarbeide om å bygge det. Så har de samtidig forskjellige kjernenett. For å ha kontroll på tjenestene dine da.
58	T	Er det noe nytt med 5G eller er det noe som kom før?
59	I	Det, det finnes både i 2,3, og 4G
60	T	Ja, så det er egentlig en gammel teknologi eller metode løsning på ? Ja. Hvor stor grad benyttet at fram til nå er det mye eller er det liksom litt sånn begrenset? Hvor stor grad det er benyttet?
61	I	Det er ikke brukt i Norge. Men det er det er brukt i Danmark. Sverige og Finland. Ja som vet om. Mulig at det er noen andre land som også bruker det.
62	T	Ja, så snakket litt om det som er relevant, egenskaper med 5 g som forsvaret må utnytte potenseilt og da er det det med edge og få den synkronisering også mot sentralt, slik at man på en måte kan benytte både kommersielt og man kan benytte privat nettverk som er kanskje viktig i core sånn sett da.

63	T	Ser om jeg har noen flere ting? Jeg lurer litt på det med. Device til devide og mesh, hvordan det skal fungere? For jeg snakket med Espen isatad og da snakket vi jo veldig om det radiogrensesnittet delen av det. At hvis du starter å ha edge eller device til device så må du på en måte starte å ha veldig tett koordinering på frekvenser. For å ikke skape nterferens og Sånne ting? Men er det noe sånn tanker rundt utviklingen av det som kjerne messig og dataflytmessig?
64	I	Og hva var dette du kalte det egentlig? Ja sltå at du snakker fra telefon til telefon? Det er den typen her liksom, eller? Direkte mellom telefonen også . Jeg er litt usikker om det berører kjernenettet. For da tenker du at du mister forbindelsen til en basestasjon? Ja da da tror liksom ikke da tror jeg ikke coret er involvert da, da må det være andre mekanismer.
65	T	Ja for da må du være autentisert deg selv mot den devicen egentlig. Da gå r kommunikasjonen ganske rett mellom den?
66	I	Ja jeg ville tro det. For kjernenettet som jeg jobber med da har jo bare kobling til basestasjonen, altså basestasjonen ut til telefonene. Så hvis vi du mister den koblingen der, ja så har du jo ikke noe kjernenett involvert.
67	T	Ja for du bruker ikke kjernenettet for å . Jeg lurer på hvordan den koblingen mellom de 2 devicene, for de må jo autentisere hverandre, så det er litt på at jeg skjønnte nesten som at du måtte nesten kontakte coret først, og hvis du er autentisert så har du en eller annet bevis som på at du er autorisert som du kan dele med andre devisen.Fordi hvis du kun har 2 devicer med sim kort i seg. Og så har du ikke noe verdi å sjekke mot hverandre, så er det sånn at du må jo, det må jo skje et eller annet der.
68	I	Ja, det er da ikke vært borti. Og forså vidt altså . Jeg vet at vi har sett litt på sånn nødnett standarisering. Ja, der er det sånn sånn push to talk. Ja, altså , men da er det jo sånn walkie talkie funksjon. Men da gå r jo trafikken via kjernenettet da? Sånn, også tilbake igjen Sånn? Så har du altså kanskje en sånn server som håndterer det her da.

69	T	Ja du lager push to talk, du setter opp nettet også lager prioritering og Sånne ting ja.
70	I	Ja, altså , det er sin egen tjeneste som gå r via coret da, men. Du snakker om direkte kommunikasjon her liksom. Det har jeg ikke vært borti. det er kanskje standardisert av 3GPP.
71	T	Jeg så litt på det, men jeg lurte litt på sånn praktisk implementasjon om det på en må te har vært gjort. Men hvordan er det satt opp med PTT. For PTT er da som en sånn funksjon i 5G? Som da må enables ute på edgen eller være i core?
72	I	Kan du si da sannsynligvis? Ja, vi har sett på . Jeg tenker på DSB. De ser på nødnett i kommersielle nett. Så det vi har sett på er jo, så vi har et ja. Vi har det vi kaller for et IMS core. For det er her som alle taletjenestene er. så da blir nødnett eller nødnett blir som et sånt tillegg på det her da? For signaleringen må du ha også inn til nødnett for å kunne sette opp push to talk. Så vi har sett, så sånn vi har sett for oss så blir det et sentralt system. Men det blir antageligvis en egen slice i 5G for å ha sikkerhet og separasjon. Og så blir det antageligvis. Den nødnettsbiten av det. Du må ha signaleringen, den gå r inn sentralt, men du vil ha talestrømmen da. Vil antageligvis kreve, at du har en Sønn, servere ute i edgen som gjør at delve. Disse her gå r over RTP. Og den ikke trenger gå r helt inntil kjernen, men stopper der også gå r tilbake til telefonene.
73	T	Så det blir en utvidelse til der med å ikke bare ha UPF'en på edgen men også denne tjenesten her.
74	I	Nei, jeg tenker altså UPF'en gjør du ikke noe med. Det blir mer da at du har en, den serveren som hå nterer taletrafikk den stå r ved siden av UPF'en da, for å sørge for at den ha rlav forsinkelse. Det vi har sett der da er jo at det bruker radionettet, slik at det er ikke sånn direkte kommunikasjon sånn som du ser for deg her da.
74.1	T	Jo, men nå må jeg tenke at det her også er veldig aktuell måte å bruke til en viss grad, for vi har jo på en måte også sånn eget talesamband som heter som multirolle radio. Vi setter opp egne releer og sånne ting. Det som kunne vært interessant, er en måte rundt typisk

		kommandoplasser da, så bruker vi ICOMER som kun er device til device. Og det vi merker er at de har ekstremt dårlig rekkevidde. Ja, det er jo helt. Du kan jo ha 200 meter, så er det borte på en måte. Men hadde man hatt en sånn type. Mulighet hvor man både kunne snakket direkte, men har også ha en sånn push to talk. Og har er en pus tot talk server stående. Så vil man jo ha en muligheten til å bruke basestasjon også i tillegg. Så du får jo på en måte en dobbel dekning da av talesamband egentlig. Og om den basestasjonen er en basestasjon som står på fjelltopp. Eller om det er en basestasjon som står inne i kommandoplassen med sin egen, altså edgen koblet til en annen kommandoplass. Og så er det en dataforbindelse mellom de. Det er jo ikke så farlig egentlig, men du vil jo potensielt kunne utvide push to talk nettverket ditt da i stor grad. Ja.
75	I	Nei det der nok. Nå vet jeg jo ikke helt hvordan nødnett tenker. Hvordan disse devicene skal bli, men det er nok sikkert høyaktuelt å skulle ha noe sånn via kommunikasjon. Du kan også ha, det kan hende at du har et et scenario, hvor han her stå r i døra på et bygg da. Så er det en device da her inne som ikke har mobildekning, men har dekning til den som har veien ut da. For det tror jeg er det de kanskje bruker på det dere tetra nettet de bruker idag, ikke sant? Men jeg tror det er litt sånn derre. Litt utenfor det jeg jobber med litt Sånn. Ja litt mer på radar nettet og devicene egentlig og vha de støtter.
76	T	Lurte på det med, hvis du man skal gå fra device til basestasjonen og ned til device. Og du har UPF'en her, sånn må du. Du må ikke via AMF'en etter du har vært tilkoblet og blitt autentisert, men første gang du autentiserer så må du via AMF'en.
77	I	Ja og så er det noen Såne periodiske oppdateringer inn til AMF'en også . Si fra hvor du er hen. Også hvis du bytter, hvis du beveger deg, da bytter basestasjon. Så rapporterer du også til AMF'en at du bytter basestasjon da, med en på kobling da. Men det er Sånn. Du merker ikke det på user-planet da. Nei da altså datatrafikken merker ikke den signaleringen.
78	T	Ja så du merker det kun hvis den blir borte, at du vil miste forbindelse.
79	I	Altså hvis hvis AMF'en er borte så . Så dropper du med en gang egentlig. Det har vi sett, at med forbehold så er det tilsvarende som på 4G. Men vi ser på 4G at nå r AMF, tilsvarende, faller ut så vi ser at alle

		mister forbindelsen umiddelbart egt.
80	T-	Ja selv om de har vært autentisert? Jeg skjønner ikke helt hvorfor?
81	I	Nei, det er det egentlig godt spørsmål l, men det er i hvert fall en
82	T	Den holder kontakten med AMF'en oftere enn det mobiltelefonen trenger å gjøre på en må te. Er det noe i det kanskje?
82.1	I	Det er med forbehold om at det er litt annerledes på 5G, men hvertfall på 4G så er den tilsvarende som heter MME såpass sentral i signaleringen da, at når den mister linkene til enodeB, så ser vi at disse disse telefonene kommer seg opp igjen. De spretter over på en annen MME. De holder seg ikke der, for du kan ikke holde en samtale gående om MME faller ut da typisk.
83	T	Hmmm men på .
84	I	Ja, det kan jeg si da. På 5G så skal alle disse funksjonene her. hvertfall i teorien da, være stateless. Så de skriver til en sånn felles database. Så hvis den der faller ut. Så så dere liksom gå tt til den da, og så henter den. Informasjon herfra, og så er det bare er alt helt fryd og gammen på en må te. Så det er noen Sånne mekanismer i 5G for å sikre bedre oppetid da
85	T	Jeg har lagd noen Sånne scenarier også . Så det å få mesh og Sånne ting det gå r at typ ha flere droner som sender bortover også har de connection hjem ned til den edgen.
85.1	I	Ja det har ikke vi sett så mye på.
86	T	Så har sett litt på å enten å benytte private eller kommersielle basestasjoner. At da enten så må man ha 2 simkort eller så må det på en må te være. En synkronisering av UDM'en, i det private opp til det kommersielle.

87	I	Det må du. Ellers får du en eller annen mismatch når du går fra det ene til andre potensielt.
88	T	Ja kommunikasjon rundt kommandoplasser snakket vi litt om det at man kunne? Typisk bruker basestasjoner opp som en sånn push to talk funksjon. Å... ha noe sånn type icon tilsvarende med 5 g simkort da man bare putter inn på. Da må det på en måte både kunne støtte forbindelsen opp, men også kunne støtte device til device for å ha robusthet egentlig. Det er veldig avansert walkie talkie egentlig, basically samme som nødnett/tetra.
89	I	Ja, det vil jo bli disse samme. Type funksjoner. Jeg tror det er det nødnett bruker ja, de har sikkert noen gruppesamtaler og push to talk, også skal man i tillegg kunne ringe med det kommersielle mobilnettet. Men er det det, forvaret bruker når forsvarer ruller ut en sånn 5G core i felt?
90	T	Nå tror jeg de bare har gjort noen tester med Telenor, og det er skjønt da på en. Måte at det er? Ikke noe push to talk, det har kun vært å opprette private nett, og så må man på en måte har sin frekvens Sånne ting, og så har man en kobling på liksom IP tror jeg, via en sånn hermod ruter bruker vi, og fra hermod ruterer så går det ut på kommersielt 4 g 5 g. Så det er en tanke jeg fikk når jeg satt og jobba på ulike scenarioer at det er jo. Et problem jeg har opplevd selv. Her burde jo vært noe bedre løsning når vi har så mye signaler rundt. Oss, det var det absolutt.
91	I	Kenneth, også har nevnt noe sånn i en sammenheng? Hvorfor skal militæret bygge sin egne telefoner og komplisert utstyr. Når du har så mye kommersielt tilgjengelig. Ja, Bare liksom. Kanskje må lage litt. Mer robuste ting da men.
92	T	For eksempel meg, det kan jo, 5G er jo i stor grad det man må utnytte er både bredde, kapasiteten til å få inn bedre sensorer. Men man må også utnytte dekkningen. Det er en av de 2 fordelene 5 g har da siden det er så pass utbygd. Og så kan du jo si at. Det er alltid lurt å ha liksom multirole radioen, den radioen vi setter opp selv med releer, men det er aldri feil å ha kunne ha tale på begge deler.

93	I	Ja du kan jo ha du kan bygge telefoner som støtter begge teknologier som. Som gjør at man kan bytte over, eller bruke det som er best kanskje. .
94	T	Ja ja, for det handler jo bare om å integrere. MRR radioen og icom 5 g radioen i en enhet, og så få r du det potensielt samlet, eller du må bytte mellom kanaler da det handler mer om Sånn. Det er en brukerutstyr opplegg. Mer enn noe annet? Per nå så er det jo kun MRR, og den driftes jo av vernepliktig på 19 å r på en fjelltopp, så det kan jo skje noe feil der, så at man da har muligheten til å bytte over sømløst, er jo på en må te kjempe alternativ da.
95	I	Jernbaneløst ser også på å bruke kommersielt mobilnett. De har jo sitt eget eget mobilnett i dag, Som heter GSMR. Og der så ser det jo litt på det, også at militæret ser på det. men de har kanskje fortsatt, altså de har litt andre krav igjen da, De ønsker kanskje ikke å være avhengig av sentral infrastruktur.
96	T	Ja ja, jeg tror vi vil måtte ha x antall egne edger ute i nettverket for at hvis du skal på en må te kunne gå for det som løsning. Men det er jo sånn altså , du ser jo nettet i Ukraina er oppe og det er jo veldig mye mindre så rbart fordi de har mulighet til å legge fiber mange flere steder. Men har man mange core sentre til ice, mange til Telia, mange til Telenor. Og de ikke er samlokalisert på samme sted. Så har man jo muligheter. Det blir jo veldig mye vanskeligere. Å... angripe alle samtidig, og han få r jo mye robusthet i det.
97	I	Ja det det er klart ja. Det er nok det som. Potensielt hvis du kan ha telefonen også liksom ha 3 simkort da fra alle 3 operatørene også bytter du bare etter det som er tilgjengelig på en må te. Det er jo det vi bruker. De som jobber på ICE har jo 2 simkort. 1 ICE kort og 1 Telenor kort.
98	T	For å ha liksom dekning og liksom ja, kombinere begge nettverkene egentlig.
99	I	Ja altså hvis det er det er. Bare sånn altså vi som. Hvis det er problemer i mobilnettet da ja da og vi blir oppringt ja så virker jo kanskje ikke ICE nettet, så da har vi et Telenor simkort i telefonen da

		<p>som er helt uavhengig av alt ICE sitt ja. Og det hender jo fra tid til annen at man har bruk for det faktisk.</p>
100	T	<p>Ja det er noe med. Det er veldig vanskelig å kontakte noen og. Si at nettverket. Er er noe feil, men det er noe feil. Vet ikke om du har noe mer tanker sånn på kjernenettet og liksom. Er det noe nytt spennende som vi ikke har snakket om til nå i 5 g som man burde tatt med en oppgave eller vurdert da?</p>
101	I	<p>Du har sånt rammeverk for edgecomputing, MEC, mobile edge computing. Som vi bare har sett littegrann på , som jeg tror jeg ligger litt fram. I tid da. Fordi vi tenker nå r vi tenker edge computing, så det her er den UPF'en da. Og så har du da en eller annen tjeneste her. Men hva skjer hvis du? Flytter deg da, du reiser gjennom Norge. Flytter frem til dit, og så kanskje videre.OK. Det finnes et rammeverk for liksom dynamisk plassere, du har jo kanskje datasenter på hvert UPF. Du må ha en UPF her. også må du ha en eller ane datasenter hvor du kan plassere ut noen ting. Da finnes det noe rammeverk for å på en måte dynamisk. Ja for det første så må du flytte deg derifra til dit (Tilkoblingen til hvilket datasenter du er tilkoblet) så du får en ny ip adresse. Fordi UPF en du har er ip adressen, så finnes også et syste for å , på en måte. jeg vet ikke om det blir dynamisk eller statisk plassere disse serverne der du er da. Jeg har bare sett liksom det er et sånn ETSI beskrevet rammeverk for dette her. Som virker veldig publisert, og det er altså det er liksom vår. Hva er bruksområ det da på en måte? Jeg tror per idag så finnes ikke noe Sånn. Det finnes ikke noe kommersielt bruk for det på en måte, Men det kan være typisk sånn push-to-talk tjenester da. At dette er en sånn dynamisk, men du vil kanskje ha det litt mer statisk integrert da. Så du vil kanskje ikke ha en edge på hver eneste basestasjon. Men det er litt Sånn. Men da må du ha. Du må få med mekanismer som gjør at du kan, når du flytter deg da, at du ikke henger igjen på den gamle UPF'ennår du først flytter deg. Oppdaterer til den UPFen som er nærmest.</p>
102	T	<p>Jeg lurer på om kjapt sikkerhet i 5 g slices. For vi snakker om det, at det er separert men hvor mye sikkerhet klarer man på en måte å få i nettverk gjennom det. Ville på en måte være sikkert nok eller ville være litt mer sikkert bare?</p>

103	I-	Med sikkerhet, nå kan du jo ha alt virtualiser da eller eller containerbaserte. Så jeg tror liksom du må ta et valg da, fordi vi har jo, dette er en ????. Men på et datasenter så har vi jo forskjellige racks da med Sånne servere.
104	T	et spørsmål l skal være om det er logisk eller fysisk separert, egentlig da?
105	I-	Ja så i utgangspunktet så er. Det sånn er logisk. men i utgangspunktet så kan du jo si at. Altså slicen til forsvaret skal være på et eget dedikert rack. Det raket skal kanskje stå på et eget rom som er avlå st, den typen sikkerhet også . Så du kan liksom kombinere logisk separasjon med fysisk. Hvis du vil ha et ekstra nivå med sikkerhet. Altså også at de rackene her skal kun stå i fjellhaller. Alle skal være sikkerhetsklarert. Du kan legge på ganske mye.
106	T	Ja, er det noe du ser for deg? På en må te er aktuelt eller sannsynlig å få på en må te, eller er det?
107	I	Jeg vil da kanskje tro. At det er aktuelt i en sånn nødnett eller forsvaret slice.
108	T	Ja at du samler flere flere av de viktige funksjonene, og de viktige slicene er på et eget rack med egen fysisk sikring i tillegg.
109	I	Da jeg ville tro det. Det kommer an på kravet liksom, og fordi at det gjør jo ting blir mer kostbart og vanskelig. Så det er noe kost-nytte, men jeg vil tro at det er aktuelt da. Hvis du først skal ha en slice. For det er jo sånn med konteinersikkerhet, eller sikkerheten med nå r du har container er ikke like bra som fysisk sikkerhet, da? Ja ja. I hvert fall det jeg har sett. Så hvis du da bare har logisk seperasjon. Alle slicene er sånn på samme server , de er konteinere på samme server så er det Sånn. Risiko der ja.
110	T	Noen, selv om det er logisk separasjon og i konteinere så kan man på en må te ha en mulighet til å komme forbi og gjennom.

111	I	Jeg har fordi de konteinerne så deler jo de samme linux kjerne. Og hvertfall det jeg har lest da så er det en en risiko der. Blant annet i Frankrike så har myndighetene satt som krav om at containere må plasseres inni VM'er remmer. Virtuelle maskiner da for å få bedre sikkerhet.
112	T	Men vil det være nok, eller er det bare sånn enda et nivå et av sikkerhet som er litt mer kostbart, men ikke i nærheten av så kostbart som fysisk separasjon da. At, det er litt sånn mitigerende tiltak igjen.
113	I	Jeg tror det er litt mitigerende ja. Det er ikke helt, det er ikke. Det er ikke det er ikke 100% opptatt på . Men du har? Jo hvert fall et nivå høyere sikkerhet med virtuelle maskiner da istedet for konteinerne, så det kan godt være så nt. Om det er en sånn mellom steg fra sånn heltsfysisk separasjon da. Kunne det vært kanskje.
114	T	Ja så det er kanskje mulig å se for seg at VM'et pluss konteiner på edge, mens core er fysisk separert, for jeg tenker jo nå r du først har kjernenett eller core. Så vil det ikke være, da vil det være på stor utbygging uansett at det å da plassere 2-3 servere på et eget rom er da en mindre kost, enn det å ha 2 egne rom på en edge, som det vil være veldig mange flere av?
115	I	Ja det er sant. Så ja vi driver hvertfal og ser litt på disse tingene. Vi har sett litt på , det har kommet ut noe Sånn, behov for dronestyring. Hvor man ser for seg å kanskje ha en slice. For vi er blitt kjøpt av Lyse? Ja der ser de for seg noe sånn drone til inspeksjon av kraftlinjer. Kanskje sette av en slice i 5G nettet for å se på det. Og da med 5G modem i dronen. Så kan du kanskje sitte på et sentralt sted for å styre dronen med liksom videooverføring direkte til sentralen.
116	T	Så det er jo veldig sånn typisk forsvarscase da også .
117	I	Jeg tror ikke de ser for seg sånn, de kan godt bruke sentral fnksjoner da, men du må kanskje ha noe sånn UPF lokalt, for å få lav forsinkelse. Også vet jeg ikke hva de tenker, sånn. Hvis de mister dataforbindelsen, eller hvis forbindelsen til 5 g går bort. Vil man ha noe backup det har vi ikke sett noe på. Nei, men på drone kan du ha noe sånn

		funksjonalitet at da flyr hjem eller liksom lander rolig eller noe.
118	T	Ja vi har droner, har mye funksjonalitet og muligheter der. Det er veldig smart veldig forsvarsting, at hvis du ser et annet så kan du sende opp en drone og så sitter du da det er en fordel å kunne. Dronen i seg selv har jo også . Mulighet til å bli styrt av sin sende protokoll, men fordelen med 5 g vil jo da være at du kan jo styre de utenfor din boble, gå inn i andre bobler. Mens har du tett vegetasjon? Du skal over en topp og du mister connection, så vil du på en må te få connection på et annet sted sted igjen, det er jo en fordel med 5G kontra andre direktensedninger da.
119	I	Det er det de ser for seg også da, at du på flyr sånn utenfor der du ser da eller altså lage noe sånt og har lyst å miste dekning fra den holde kontrollen på en må te ja. Foreløpig så handler 5G om massevis av bredbånd for Ice liksom. Vi kommer jo hit på ett eller annet tidspunkt tror jeg, med nødnett eller forsvaret. og også ifht. 5G så er jo også dette litt i vinden.
120	T	Det tror jeg blir spennende med private 5G nett. Føler det er liksom kanskje det man får private 5G nett og bruke UPF'er distribuert. det er kanskje den største muligheten man får. For økt båndbredde da. For å ja.
121	I-	Som case, Ja her er det en boks. Her har du ett eller annetn 5g nett, så har du ett eller annet 5G core her Dette er typisk ved en fabrikk da, så dette er helt lukket nettverk. Men det er også forskjellige modeller. Skal det være lukket nettverk, skal det være kobling til sentrale funksjoner. Jeg kan si at dersom noen funksjoner er lokalt og noen funksjoner sentralt. Og så var det, skal også kunne ha Handover fra lokal nettet til til makro nettverket. Skal det vanlige kunder kunne koble seg på her. Det er hvertfall en del av de tingene vi ser litt på her. Det med private 5G nett. Ulike modeller med private 5G nett.
122	T	Ja det er litt det vi snakker om i stad da med det at du bytter fra privat nett til en kommersiell core da. Eller en annen type core for da må du jo ha den synkroniseringen. At den AMF 'en. og UDM'en snakker sammen, og det er en koblingen her. Men a spørsmål let er om hvordan får vi til overgangen fra privat til kommersiell, for det er det dere

		starter å se litt på nå da?
123	I	Jeg er ikke så god på den UDM'en. og signaliseringen. Så jeg kan jo sende spørsmål I til en kollega som er det også , hvis du vil det også . Men sånn signaliseringsproblem i adskilte nettverk. Altså at du har UDM'er som er kopi av hverandre som er ute av synk.
124	T	Ja, og så det som du sier her da om man får til det her uten synkronisering av UDM'en ja Såne type ting at eller man klarer å la private nettverk også bruke en felles UDM.
125	I.	Ja for det vi har sett for oss er at det enten er helt isolert. Da har du alt her. Ellers så har du valgt ut noen sentrale funksjoner da. UDM er kanskje naturlig å ha sentralt. Mens her har du bare AMF og UPF, og SHF da. Det tror jeg kanskje er mer realistisk at du har. Du har ikke UDM'en både her og der. Hvertfall litt sånn vi har tenkt sånn i utgangspunktet? Ja. For det er det ikke så . Hvis det er en bedrift da, så det er ikke sånn som i forsvaret at du ønsker å ha de helt autonomt?
126	T	Og mister helt forbindelsen. sannsynligheten for det er jo mye mindre hvis du har det fast infrastruktur og det er en kabel mellom husene liksom, ikke sant?
127	I	Altså du kan liksom sikrer dem, at du har to fiberlinjer, og du kan ha kobling mot flere core sett også . Det er ikke så kritisk at det skal være helt autonomt i alle tilfeller da. Og, og det er jo selvfølgelig. Dette er jo en fabrikk, altså du vet jo. Dere skal jo flytte dere til et sted der ikke vet hvor er.
128	T	Ja, men takk for et Nyttig og veldig bra møte.
129	I	Ja så bra, hå per du fikk svar på en del spørsmål l?
130	T	Ja det har vært nyttig og bra, det er gøy som vi på en må te hvor langt man har kommet og hva han ser for seg og hva jeg prøver. Problematikken her er på en må te mye tydeligere. Synkronisering og

		kobling mellom private og kommersielle nettverk er jo Såne ting man må jo finne ut av. Men ja takk for møtet
--	--	---

Appendix **I**

Interview: PLMN interviewee 3

This appendix contains the transcript from one of the persons working for a PLMN provider. An experienced System Engineer, with experiences within the field of mobile network structure and cellular core networks.

This appendix is written in Norwegian. The letter "I" indicates that the interviewee is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	T	Er nå. Tenker jeg nå. Jeg har da tenker du at skal skje.
2	I	Det går helt fint.
3	T	Sånn? Hmm. Ja, for det jeg har sett er jo det at taktiske bobler blir jo veldig viktig. å kunne ha egne autonome kjerner. Det er på en måte en game changer som gjør at man kan bruke 5 g. Uten det, så får man ikke så langt. Så lurer litt på hva måte deres take er på det? Hva er det dere tenker er relevant og bli viktig?
4	I	Ja altså vi kan bare si det sånn at vi vi har et samarbeid med forsvaret, strategisk samarbeid og en avtale med forsvarer for så vidt de samme har med andre også, til å se på nettopp hva5 g kan bringe og teste ut 5 g konsepter. Jeg vet ikke om du er kjent med det, sier noe. IDA samlingen som som er i forsvaret. Ja, så med med med har vært på noen sånne og vist fram det vi har holdt på. Da skal neste gang nå til Bardufoss, forsåvidt så det er ganske mye jobb og tanker som er gjort rundt både i forsvaret. Så når du snakker om Kenneth så får du mye input. De har tenkt mye, og da har jeg vært med på på dette her. 5 g vinni Og testet mye der. Det er nettopp det her med autonome kjernenett. Små, portable. Som kan etableres rundt kommandoplass. Og ute der det ikke finnes andre dekning, for så vidt jeg der som som som tillegg til eksisterende dekning gjennom å bruke andre frekvensbånd. Det finnes noen natoband 3,3 ghz, blant annet som forsvaret har som gir muligheten til å gi ganske gode båndbredde. I sånne lokale bobler, da? Og det som som en ser på å bruke det til det er både ganske si, det å sende kunne sende video tilbake fra soldatene for å nettopp å øke situasjonsforståelsen. Men det er og for å bruke utplasserte enheter for skudd deteksjon for å kunne styre type anti dronesystem og for så vidt for å kunne bruke. 5 g nettet i seg selv som sensor.
5	T	Hvordan da tenker du på?
6	I	Nei jeg, det er rett og slett. Det er noe forsvaret gjør sammen med med FFI eller gjennom FFI. Det er jo kikke på det å bruke den her massiv mimo type teknologien med høyere frekvenser som radar.
7	T	Ja.

8	I	<p>Ja. Gjennom å det dere fått det ganske bra resultat på det allerede. Hmm.</p> <p>Gjennom å lytte og rett og slett bruk bruke det som radar, se på refleksjoner og på det viset detekterer objektet og så videre så og det. Det kan nok Kenneth fortelle meg om. Så for det, for det er ikke det, men vi jobber mest med for å si det sånn. Så det vi ser er at det også ha disse her. Vi kaller det faktisk taktiske nettverk II, en produkt del vi kaller enterprise mobilenetwork på godt Norsk, altså dermed skreddersyr nett til kunder. Og da ser vi. Vi har en fungerende løsning for autonome nettet, en lite nett som kan bæres av 2 personer. å settes opp i løpet av 20 minutter. Med antenne og kjernenett og alt som trengs, inklusive backhaul. Hvis du trenger det da, altså kommunikasjon er ut, enten vi er satellitt eller fiber eller hvilken som helst internettforbindelse. Hmm. Vi ser jo at det er i tillegg til å ha rene autonome nett, så er det store verdier for forsvaret å kunne bruke det kommersielle 5 g nettet. Da opp mot å ha en egen slice som er mer sikret mot angrep, så det så hovedhensikten er da å skjule seg i mengden, fordi du får ikke det typiske radio signaturen som forsvaret gir i militære operasjoner når de opererer på egne Frekvensbånd på den med egne radioer så så det er en sånn god tilleggseffekt. Det er mye vanskeligere å å detekttere, og for så vidt også mye vanskeligere å slå ut. 5G har vist veldig robust. I forhold til jamming. Det er noe forsvaret har testet en del. Og det det det henger jo sammen med både det at det er frekvensområde som ikke er så langt, så det skal ganske nærme eller ha enorm effekt. Samt Massiv mimo, med veldig direktivt gjennom beamforming som gjør det vanskeligere å å forstyrre trafikken da vanskeligere enn II tradisjonell FDD båndet. Så det er en del ting rundt. Hva skal jeg si da? Taktisk sett skjule seg ikke være synlig, det å ha den her ekstreme kapasiteten som du faktisk får, muliggjøre også den her sensorikken og utplasserer, og da er det alt fra å bruke helt standard håndsett. For å tringulere skudd. Det har forsvaret da tatt fram applikasjonen på skudd deteksjon som en edge compute kan du si type applikasjon som kan knyttes til det lokale kjernenettet, og da da identifiserer jeg ned på meterne omtrent gjennom så lite som 3 telefoner mm. Hvor det er skutt fra og hvilket våpen det er skutt med. Så det er ganske. Det er ganske heftig.</p>
9	T	<p>Nei, jeg ser ikke hvordan det er. Mulig, men det er det er avansert. Det er spennende å høre.</p>
10	I	<p>Ja så så så så nei, da bruker rett og slett mikrofonen på på telefonen og kjenner lokasjonen til telefonen da, så du bruker gps lokasjonen på det, og så trianguleres oss ut ifra det, så det er ganske det er ganske heftige greier. Så er det som sagt dette her med drone, deteksjon og det også. Og så har du en egen system for å skyte de ned som kan opereres over 5 g. Opererer selvfølgelig manuelt på på utstyret. Men det er den type ting vi ser da og sensoriker rundt altså alt type kamera. Og sånn da som kan utplasseres. Det er forsvaret ønsker seg nettopp det her med for å øke situasjonsforståelsen. Det å kunne sende opp drone med video.</p>

		<p>Hmmm, og det er veldig veldig mye på dette her og sender informasjon tilbake til kommandoplass da. For å øke situasjonsforståelsen der, med det å kunne dele mer informasjonen med soldaten for å si det sånn da der ute for å gi anvisningen, så det var det med ser som type bruksområde da. Når du parer dette med et med et skal vi se en sikrere del av det vanlige mobilnettet makronettet som vi kaller det, så har du plutselig muligheten til å nå tilbake til sentrale system i forsvaret, og for så vidt deler fra kommandoplass og videre innover da. Hmmm store mengder data og forsåvidt bruke det applikasjonen forsvaret har i sine cloud miljø for å si det sånn da det private eller offentlig cloudmiljø de har lagt det på så det jeg ser vi som et viktig tillegg da for å si det sånn. Og så er dette her med å kunne bruke samme enhet på tvers av disse lokale kjernenettet og og det kommersielle kjernenettet da som er et bruksområde som for forsvaret er viktig fordi det er det som håndterer sim-kortbytte når du bytter nett., det er ikke bare for å si det sånn Hmmm.</p>
11	T	<p>Hvilken løsning du har tenkt på det der er det det, selv om du kan jo laste inn flere simkort profiler på en enhet blant annet og prøve å aktivere begge 2. Eller har du på en måte landet på hva deres anbefaling er?</p>
12	I	<p>Ja det det. Det er flere måter å gjøre det på og men det vi ser er at når du har lokale kjernet som skal kunne fungere uten spesiell opplæring, så stiller det visse krav til, hva skal jeg si da forhåndskonfigurasjon? Hmmm. Så i og med at vi har jobbet med det konseptet med sånne mobile taktiske mobilenett der du kan ha noen titusen enheter proposjonert. Så ser vi på en løsning der. Det simkortet kan fungere i hvilke som helst, altså et simkort. Skal fungere hvilken som helst av det lokale corne. Det vil si at det er proposjonert i alle. Og også da at det er proposjonert i det kommersielle nettet, makronettet. Det er et slags misbruk av funksjonalitet til standarden der du kan, for at det det som skjer er selvfølgelig. Kjernenettene kjenner jo ikke til en annen, så det er ikke problem med å proposjoner i mange nett problemet er når det går for ett nett til et annet rundt kryptering og sekvensnummerering på krypteringsnøkler og utveksling, men der er det fallback løsninger som gjør at når du kommer inn i nettet og prøver å gjøre attach og Sekvensnummeret ditt ut av synk, så synker du opp sekvensnummeret, så så dette dette fungerer da, d men det er et slags misbruk. Det er ikke det det er ment til. Men det er en løsning vi ser på for å kunne minime logistikk og håndtering. Rett og slett fordi at det å det å ha et å bytte mellom esim profile, det er mulig å la seg gjøre i felt. Det å bytte fysiske sim, nei. Så det er også å ha flere sim profiler er en variant sånn at du velger sim profil ut i fra hvilket nett du du ønsker å være tilknyttet, og det er nok den jeg har mest tro på. Skal vi kalle det? Som en fungerende kommersiell modell. Hvis man skal si det sånn da. Ja, men dere har du utfordringer med, hvordan skal du for eksempel da gi heimevernssoldater en ny simprofil når de kommer kjørende til oppmøte? Fordi</p>

		forsvaret vil gjerne at soldatene som er i heimevernet skal kunne ta med sin egen mobiltelefon, så han bruker til vanlig. Få inn sim profil, og da være i det militære 5 g nettet. Så dere er jo det litt litt hodebry, hvordan man kan sikre at for eksempel hvis du har et autonomt 5 g nett, hvordan får du da distribuert esim profilen?
13	T	Ja sånn OK, ja, i det jeg det skjer noe og i det noen skal inn liksom hvordan får man det praktisk til å gå ja.
14	I	Ja vi vi, hvis hvis hvis det generelle nettet nede eller oppmøtested for heimevernssoldaten er ute i et område der det ikke er annen dekning og ikke du ikke har den internettforbindelsen som du trenger for å aktivere en esim profil, hvordan gjør du det? Det er jobbet med og se på hvordan vi kan eventuelt ha Lokal esim distribusjon fra det samme lokale coret da. Men i og med at esim er en ganske sånn krunglete verdikjede som involverer sim produsent. Så er det ikke rett fram og gjør dette. Men det er en mulig område med ser på, men jeg kan si at per nå så jobber vi med meg en en løsning med da provisjonerer det samme simkortet i flere nett rett og slett. Både i det kommersielle nettet og og i det lokale kjernenettet, og det betyr at du kan du får tilknytning og får den tjenesten du har blitt provisjonert med, i det nettet du er tilknyttet. Så er du tilknyttet det det store makro nettet, så får du ett sett med tjeneste som bestemmes av det nettet, er du tilknyttet den lokale bobla er lokale kjerne, så får du det settet med tjenester som du har fått provisjonert der. Men, dette er noe konsept som vi prøver ut så det gjenstår å se hvor godt det fungerer i virkeligheten. Rett og slett. Men, men det forsvaret er ute etter, er noe rett og slett et Høy kapasitets datanett. Som kan bruke til alle kommunikasjonsformål og og veldig mye er faktisk rundt akkurat det som du har fokusert på sensorikk. Fordi det det hjelper på å kunne minimere antall mannskap du må ha ute for å dekke et område da når du kan utplassere sensorikk, men men gode og stabile båndbredde bakover. Så ja, det har vært det vi ser så øngt, som jeg har jobbet med med forsvaret og som jeg har og som har lov å snakke om. Ikke minst nå nå er nå Kenneth flink til å reise rundt på forskjellige arenaer og snakke om om samarbeidet. Så dette her er ikke. Det er ikke første gang det kommer ut i offentligheten for å si det sånn da. Men det er det vi ser på da hos oss for øyeblikket.
15	T	Eller lur på er jo det med. Burde snakke litt om de ulike praktiske boblene. Og tanken min er at man må jo kunne bytte mellom ulike taktiske bobler hvis man er i et område, og så går man i nærheten av en annen plass, må man kunne koble seg på der også. Og rundt synkronisering av disse boblene, så er jo både min tanke. Jeg tenkte at du må jo ha alle disse boblene stående på nett inni leir. Så i det du drar ut, så er det en synkronisering. Og alle som er registrert et sted er registrert

		på alle kjernene.
16	I	Ja, det er akkurat det som ligger bak konseptet vårt.
17	T	Ja men er det også, hvis du da mister synkronisering ute i felt og du legger til noen nye profiler og på et lokalt kjernenett? Er det noen gode løsninger for å få de registrert på de andre også, eller er det avhengig av at du oppretter synkronisering og får synkronisert de på et tidspunkt?
18	I	Da må det det kjernenettet som da på det tidspunktet ikke har vært tilknyttet omverdenen når den kommer på nettet igjen, altså får kontakt med omverdenen, så vil vi vel det automatisk ta kontakt med vårt management system og bli oppdatert. Så det driftskonseptet littegrann da vi har det er nettopp det at når utstyret ikke er i bruk, står leir, så er det på nett. Det er på management fullt overvåket. Det er det han driver med vedlikehold av software ser om det er alarmering på hardware eller ting som holder på å gå i stykker og likedan holde synkronisering på provisjonering, av abonnement og og tjenester. Så det ligger bak hele konseptet da for vi ser på dette og leverer dette her som en tjeneste. As-a service, fra PLMN-provider til forsvaret, og da da liksom drifter vi det i normaltilfellet, og tanken er at det står utplassert sånne kjernenett rundt omkring i landet II heimevernsområder for eksempel, og da da skal Heimevernet som som et eksempel. Da kunne egentlig bare ta med seg et tilfeldig core. Og vi har et konsept, der du har en pakke med et core, egen sånn tripod mast, antenne også videre. Som du kan bare da da tar det meg det jeg kan sette på en atv eller en snøscooter eller bak i en bil. 2 mann skal kunne flytte på det, ta det med seg og sette det opp. Og da er det egentlig bare å røske med seg og dra ut dit det trengs. Det er en av mulighetene da som skal ligge i det og utstyret er altså ferdig konfigurert og kommer opp av seg selv. Alt som man skal trenge å gjøre er å koble til strøm. Koble t fiberkablene og så videre til antenne, sett opp antenna, selvfølgelig. Og så er nettet der. Skal ikke trengest noe mer. Og så er det sånn at forsvaret har sine egne edge compute noder der de har applikasjoner. Og da er det sånn at det lokale kjernenettet som vi tilstede bringer. Det har begrenset med tjenester. Om det er push to talk tjenester, push to video,, eller altså en push to x osv. Vi har og en løsning med et fullt IMS kjernenett, så du kan ha rene taletjenester. Så du kan kjøre en del applikasjoner i den lille boksen som jeg har. Man så kan du sette ved siden av Forsvarets edge compute, som jeg var en liten formfaktor og da få Forsvarets spesialutviklet tjenester tilgjengelig i de boblene. Så det er litt det som er litt bak da, men det vi skal være ærlige, det det selvfølgelig diskutere mye, er et driftskonsept rundt rundt en sånn løsning. Altså hvis du har. 40- 50 sånne kjernenett som skal vedlikeholdes og og holde oss likt provisjonert og det og det det må være likt provisjonert for du vet aldri hvilket nett du

		<p>kommer på, så enn så lenge så er det veldig viktig at det er likt provisjonert. Men det er klart, hvis vi finner en god løsning på dette her med lokaldistribusjon og esim. Så så endret det seg litt fordi da kan vi pushe esim når du kommer, når du møter opp da for å si det sånn og og får den device eller ha det pre-provisjonert liggende for det som er militære device da. Men sånn bring your own der må det må det gjøres når personellet møter. Så det er 2 forskjellige da. for sensorikk så er det ikke noe problem å ha forhånds provisjonert sim. Fordi da det virker det. Mens for for personell, spesielt når du skal ta med sitt eget utstyr, så ,å de få det når de kommer, for å si det sånn.</p>
19	T	<p>Ja, hvis ikke så får du at da kan det jo være tilkoblet til nettet hele tiden. Utenom på en måte.</p>
20	I	<p>Ja ja også ennå sånn at hvis du er en heimevernssoldater som blir kalt inn, så har du sikkert byttet telefonen 3 ganger siden sist gang du var inne. Så det er jo for å sikre at du kan kommunisere da, så må du ha en måte å distribuere på, så det er mer en sånn logistikkutfordring kan du si da som gir noen tekniske føringer for hvordan du kan legge til rete for dette. Så dette rundt sim håndtering er litt kinkig. Grunnen til at vi ikke legger opp til roaming da bare for å si det. Mellom makro nettet og det er lokale kjernenettet for så vidt mellom lokale kjernenett er at det også da er du avhengig av å ha en forbindelse mellom nett. Og til din UDM/UDR. Og så videre, så det er mye tyngre å få til å virke, og du har avhengig da er det vanskeligere at det fungerer når du trenger det for å si det sånn. Det krever også mye mer kompetanse.</p>
21	T	<p>Ja, jeg føler at det er jo en sånn veldig. Gamechanger som kan ødelegge veldig mye hvis du drar sted, og så tror du at du har forbindelse, og så har du ikke det, så vet ikke hvor du starter og feilsøke heller på en måte.</p>
22	I	<p>Nei, nei, og det krever mye mer kompetanse da enn den forutsetter et militært personell skal ha. Vårt mål er at jeg skal si hvem som helst kunne ta med seg et sånn oppsett etter, altså du skal trenge en times opplæring på kassen, hvordan du setter opp denne antenna og kobler til, og thats it. Vi har en lukket sånn shockbox. Som er 24 u høy. sånn halvrack. som alt dette her er huset i da. Så det litt det som ligger bak.</p>
23	T	<p>På en ting til som jeg har som skjønte at det er en utfordring eller ikke kommet så langt enda. Men det er mye av det vi snakker om. Nå er jo forutsetter at du har en kjerne. Hmmm med tilfeller der du ikke har en kjerne altså devicer-til device. Tenker jeg jo typisk på sånn hvis du har en mekanisert avdeling, helt framme ved</p>

		<p>stridsvognene, og så har de en drone de sender opp. Og så kommer det dronebilde kun ned til annen operatøren som sitter inne i den vognen. Men han får ikke delt den videoen med de andre vognene, for han har jo ikke noe. Han har ikke noe å dele det på. Er det på en måte jeg skjønner mye utfordringer med at det ikke finnes chipset og teknologien for det, men vet du på en måte, har dere tenkt noe rundt det?</p>
24	I	<p>Ja, og det går veldig mye opp mot. Det som er standardisert for nødnett bruk. Og og den ser du i den forbindelse er at det er ferdig standardisert, håndsett til håndsett kommunikasjon. Det finnes chipset som støtter, men det er veldig få håndsett leverandører som har tatt seg bryet med å implementere støtte for det i software. Litt av grunnen til det er at det er for lite sendeeffekt. 250 milliwatt sendeeffekt er ubrukelig. Rett og slett det er det vi ser. Dette brukes mye i tetra nettet dag. En veldig viktig funksjon for spesielt Brann. Og og den ser har kommet som løsning på det er at som kommer for neste generasjons nødnett, basert på 4G og forsåvidt 5G fremover. De kommer med tetra radio i håndsett for håndsett til håndsett kommunikasjon. Fordi da kan du sende det på flere watt. Men det det baserer seg på at brukscase i hovedsak da er for eksempel du skal kunne stille deg en tunnelåpning og generere dekning inne i tunnel, i en kjede og ut. Sendeeffekten på moderne telefoner er ikke der. Du har også den mulighet som er standardisert, altså det er jo også ha autonom kommunikasjon under en basestasjon. Det er ingen som har gidde å implementere støtte for. Hmmm konseptuelt. Ganske bra det, men da krevde igjen at du har dekning da, men det er et sånt tilfelle. Kunne du tenkt deg at når du er ute for eksempel da og har et kjøretøy har en drone, så har det også en en liten basestasjon med deg. (!!! Spørre mer om det!)</p>
25	I	<p>Det er alternative løsninger denne alternative løsninger vi har på det er at vi har tatt fram en et konsept som knytter seg opp mot det offentlige nettet vårt. Ved hjelp av pico celle, små radioer som er knyttet opp via starlink, så satellittforbindelse. Til kjernenettet, og det genererer en lokal deknings boble. Som kom kan brukes til den her type formål da. Hmmm da har du muligheten til å dele, men det er klart båndbredden er begrenset i et sånn tilfelle av. Det du får på satellittlink og det vi ser er at det er det er ikke det er ikke det er ikke så sexy enda da. Altså du får noen 100 megabit i beste tilfelle i nedlink. Det er nok til forsåvidt det er også kjøre 1 videostream eller 2. Opp og ned. Det er opp linken som er begrensede da det der du gjerne får minst. Men det har med som en sånn del av konseptet da at du kan strekke makro nettdekningen inn i white spots gjennom en sånn løsning. Sånne picoceller kan for så vidt også bruke en hvilket som helst annet backhaul mekanisme. En ren internettforbindelse rett og slett for å si det sånn da så så så det er en mulighet før det eventuelt så kan sånne, så lenge du kjøretøy basert, så kan du egentlig ha med deg dekning, altså kjernenett, det</p>

		kan du, Men da må du ha forberedt deg litt mer for å si det sånn. Det er ikke sånn adhoc så så ja. !Starlink tilbake til en autonom edge! Til sin egen taktiske server?)
26	T	Jeg tenker jo på sånn størrelsesmessig i du har sånn. Du har jo ofte en sånn sambandsvogn. Hvor du sitter og overvåker som er litt tilbake, så har vi muligheten til å ha noe der, men du snakket om det, holder å ha med en liten basestasjon.
27	I	Ja da trenger du selvfølgelig forbindelse til at kjernenettet et sted. Ja og og og det vi har er nå en av da typisk Satelittforbindelse da for å generere det hvor som helst og da bruk denne makroen nettet. Men det er klart opp og ned linken du har er avhengig av satellitt linken du har. Men på det viset kan du generere ganske god lokal boble. Hmmm man med grunndekning da for å si det sånn.
28	T	Tenkte på at hvis du setter opp en starlink fra den sambands vognen tilbake igjen. Og så har du en basestasjon på den vogna som genererer lokal dekning. Da vil på en måte starlinken gjøre at du kan bruke kjernen for å autentisere deg, koble deg til å få det opp å gå. Og så kan du eventuelt ha en edge computing. For å slippe å sende dataene over satellitten? Og bare og muligheten til å dele data internt. I den bobla.
29	I	Ja det du, du er jo avhengig av da er å ha en utskutt UPF funksjon. Og da trenger du egentlig den samme serveren som du trenger for å kjøre et fullstendig kjernenett?
30	T	Ja da er det like mye plassmessig og. Som et helt kjernenett vil du si eller er det liksom?
31	I	Ja det det det, men men bare for også så er det da en sånn server er en. Vi kjører et fullstendig kjernenett på. En robustifisert server som er 1/2 rackbredde høy og den er 2U høy. Det er det som trengs for å kjøre et fullstendig kjernenett.
32	T	Hva er det som gjør at det tar 24 u totalt da?
33	I	Nei, fordi dem jeg har en vi har bygd inn i et sånt sjokk kasse. I bunnen, der har med batteribackup. Likerettere. Du må ha strøm. Vi har baseband unit for radio. Vi har en ruter for å kunne gjøre reachback til andre nett og og internett.

		<p>Så det er det som som gjør at det tar plass, og vi har ikke fylt opp for å si det sånn, det er luft inni der så så så det er for å kunne ha et ferdig pakketert system. Og så er det selvfølgelig den kassa har. Militær grade connectorer for fiber og strøm men hele kassa så kjører på en 16 amperer sikring. Vi har powered det fra en sånn ionity, bil som gir ut strøm og da kan du da kan du holde deg sånn kjernenett i en uke. Med radio. Så så plassforbruket er ikke enormt men men men du må liksom du kan kan forhåndsinstallere sånn i en bil også, men det er klart da da da er det den bilen som er som er avhengig. Det er flott med pakketert til kasse. Som du kan frakte på en bil. Eller i et kjøretøy da, og det er ingenting i veien for også ha med deg et sånn core i et kjøretøy. Og knyttet til radio da, og da kan du selvfølgelig montere radioen på. På kjøreretøyet, på tak på, eller bak over ja eller ja, da kan du jo hvis du har 2 radioer, så så har du dekket nesten 360. Med looben som går rundt da.</p>
34	T	<p>Gitt at du på en måte har en stridsvogn langt framme da, så er du på en måte avhengig av å ha. Såpass mye med deg? For du er avhengig av å ha den connection bak til et kjernenett per nå.</p>
35	I	<p>Ja, men bare for å si det sånn, men klarer å skyte 5 kilometer da. Fra der vi setter opp antenne og forsåvidt har kjernenett. Så det spørres hvor langt unna kall det frontlinjen et kommandoplass ligge og litt av konseptet. Her er nettopp det at istedenfor å ta med det dekningsbobler på kjøretøyet. Så sender du en sekshjuling eller en firehjuling opp på en nærmest åskam eller høye punkt. Og så om det er et bygning av hva som helst og så etablerer du en dekningsboble, med en inntil 5 kilometers radius. Derifra. For å for å skape dekning i det operasjonsområdet du har da, så det er litt av grunnen til formfaktoren. Robustheten er litt for å kunne settes opp på et skjær og skal kunne stå ute i all slags være. Vi kan kjøre den her tripod antenna med massive mimo antenne i opp til med 2 sektorer, i opptil 10 meter. Med en sektor kan vi kjøre opp til 18 meter. Så du kan også generere ganske høvelig dekning, selv om du ikke er på på en bakketopp så så, så vi har jo mer tro på at det i stedet for å ha en bevegelig kall det boble da. Så etablerer du en en stor boble for et større område fra strategiske punkt før du setter i gang en operasjon da. Det er altså.</p>
36	T	<p>Jeg sambands planleggingsverktøy egentlig da ende sånn lokalt du tar med deg. Ja ja.</p>
37	I	<p>Ja, men du du tar den da er det ut i felt mm ja, men du passer på å ha en enhet på en på på en. Er det om sommeren eller en snøscooter om vinteren som kan ta kjøre rundt omkring og sette opp dekningen der det trengs da? Men da i teorien.</p>

		Så skal du kunne gjøre håndsett til håndsett kommunikasjon hvis du har riktig og håndsett. Og det er noe forsvarer er mulighet til å påvirke, så da har noen gode utviklingsprogram der så chipset støtte finnes. og da kan du du danne små grupper ute i felt med håndsett til håndsett kommunikasjon. Men da blir det veldig mye spesialløsning for forsvarer, og litt av det som er litt av bakgrunnen nå da. hvorfor forsvarer jobbet så tett med både oss og andre er at jeg ønsker å ha mindre skreddersøm på et vis. Så jeg er usikker på om det. Vil materialisere seg men tekniske muligheten der. Og det er klart at forsvarer er mye. Ja.
38	T	Egentlig finne produsentpris produsenten holdt på å si som har muligheten til å lage det her til en billig nok penge.
39	I	Ja.
40	T	For det er jo og sier, det er jo Teknisk mulig å få til mer enn sendeeffekt på 250 milliwatt, men da må du lage det utstyret.
41	I	Ja altså er det ikke lov i henhold til standard
42	T	Ja, men er det noe problem i forhold til standarden at. Kunne man for eksempel gått til mildef og spurt om de kunne lage noe sånn her som gikk opp til 5Watt på en måte?
43	I	Ja du kan det. Men du kan da egentlig ikke bruke enheten II det sivile liv for å si det sånn. Den er ikke typegodkjent. Så så, så det blir litt av utfordringen da, men i en. Militær sammenheng, så er det kanskje ok, altså, jeg tør ikke uttale meg om jussen bak. Men standarden gir egentlig ikke støtte for det. Men men det er klart at hvis vi ser på sendeeffekten som nettet i seg selv gir og som er sender på flere 100 watt, så så så så. Men det er klart, og det ligger an i standarden til en økning nå i sendeeffekt igjen for spesielle device typer. Så det er nok noe som kan komme, vil jeg si. Fordi det er nettopp dette her når du ser at du skal bruke det samme nettet til for eksempel altså nødnett. det her er jo for nødnetts teknologi også i flere og flere land. Så det vil kanskje løse problemet med håndsett, håndsett kommunikasjon?

44	T	Ja det at flere har lyst til å kjøpe det og bruke det, og da starter man å produsere det.
45	I	Ja. det med volum. Det er etterspørselen som er som er utfordringen her og, og det at standarden beveger seg i en retning der du skal få lov å sende med en watt gjør det at det blir mer hensiktsmessig å bruke det rett og slett så så jeg tror nok det er at om noen år så vil man kanskje se at det kommer for spesialiserte håndsett. first responders på godt norsk, blålysetatene først, og da ligger det laglig til for forsvaret å kunne benytte noe av det samme da.
46	T	Da kan en måte være med i oppgaven som en sånn det her er en mulig bruk, men det er ikke støttet per nå, men det kan være. Verdt å se på fremover.
47	I	Ja men kikk gjerne i standarden om den har kommet inn. Fordi jeg har dette fra noen kollegaer med som er med i radio gruppa i 3 GPP. Så ja, det diskuteres at dette er noe som kommer til å komme, men gjerne se etter at det har faktisk vært kommet II den nye draften på på standarden, på sendeeffekt. Da skal jeg lese oppgaven din også får litt tilbake igjen. Men det er faktisk et kjempeinteressant område i forhold til altså Norge har nå bestemt seg for at neste generasjons nødnett skal gå i det kommersielle netter og bruke 4 g 5 g teknologi da, så det det er interesse rundt det.
48	T	Ja ja, jeg føler det flere som tenker at det her er spennende, men det er på en måte som sier det er på en måte ikke så mange som kommer til å ha nytten av det.
49	I	Nei. Nei men. Eirik din din din veileder skulle det altså anna gammel kollega med meg, han jobber nå for for DSB akkurat mot nødnett, så han har gode innsikter.
50	T	Ja ja absolutt. Og så lurte jeg på sånn use case som jeg har tenkt på. Det er det med posisjon. Nå har vi på en måte snakket om at vi skal dele sensordata og video i stor grad å lage taktiske bobler. Men som jeg skjønnte med nye nyeste releasen, så har du på en måte muligheten til å, du vet jo veldig mye informasjon om hvilke retning antennene går i. Og du har også timing advance som du kan lese av og som gjør at du på en måte kan finne ganske nøyaktig hvor enheter er hen ned til typisk meter har skjønt. Nei.
51	I	Ja ikke riktig ikke riktig. Det er akkurat den det du finner er en er en. Ganske kall det da en sektor innenfor sektoren, altså en en slice av sektoren. Der du finner at

		<p>ja innenfor her er en dette er en dette er samme posisjoneringens nøyaktighet som klarer i det i makronettet til vanlig. Men den er egentlig ikke god nok til det, så vi har noen mekanismer som vi bruker for søk og redning. Dette med triangulering. Da kommer vi ned på den her type. Nøyaktighet, men det innebærer å skru av og på sektorer og så videre. Så det er ikke ut av boksen, men det. Men det ligger i 5G standarden, med bedre posisjonering mekanismer. Og da kan du få den ned på under meteren faktisk. Når du bruker høyere frekvenser. Nå har ikke vi støtte for det hos oss enda i hvert fall, men vi skal gjøre et prosjekt noe sammen med med Statens kartverk og Eriksson, nettopp for å teste ut den her type. Åkt posisjoneringensnøyaktighet, men da er det litt i sammenheng med med at du har gps posisjon eller GNSS posisjon som et utgangspunkt på nen av enhetene dine. Eller veldig nøyaktig informasjon om hvor noen faste enheter er. Så den har noen begrensninger der, men det Kommer forbedringer II standarden på på posisjonering, men det er tør ikke å se hvor mye vi klarer. II deknings boblet for å si det sånn ut ifra vårt konsept der vi har ett punkt. Ofte for å få god posisjonering, så må du ha 2 eller 3. Fordi at når vi har ett punkt så som du sa med timing advance osv. men da får du liksom bare et belte i sektoren. Og så kan sektoren være videre eller smalere etter hva sa ja, antennteknologi de bruker, men fortsatt så blir det et belte. Hmmm som timingen advancen gir da så. så den er. Men, i det øyeblikket du har 2 så øker presisjonen betraktelig, og når du har 3, så skal du kunne komme ned på desimeter for å si det sånn da. Så, så det er nok kanskje noe som er mer oppnåelig i et makrobrett med mange basestasjoner, men i en sånn deknings boble der du har bare har ett fast punkt.</p>
52	T	<p>På en måte, i hvert fall avhengig av å vite hvor den. Hvor enhetene er hun tenkt på, skal du den basestasjonen du ser det ut ifra, du må vite hvor de er. Skal du kunne bruke det til å triangulere, så er det på en måte avhengig av at du enten er plassert den veldig nøyaktig i kartet selv, eller at den har en GPS som får det på. Bruksområder, for dette er jo hvis gps nettet ikke fungerer. og det jammes, og du ikke får det til å fungere med kryptering heller. På en måte så kan du lage da lokal situasjonsforståelse over, hvor enhetene er</p>
53	I	<p>Ja, men du du kan du kan alltid du, du du kan vite relativt hvor. Relativt sett fra fra og med hvor den er hen. Uten å vite nøyaktig gps posisjon eller kartposisjoner av den grunn. Men hvis du da har etablert hvor du er hen, så kan du visualisere det godt likevel. I makro nettet så er det ikke et like stort problem. Der har vi nøyaktig gps posisjon eller kartposisjon på basestasjonene allerede. Så der har muligheten til å kunne gjøre den type triangulering uten gps da. Men vi bruker ikke gps infromasjonen til det i utgangspunktet. Så I makrobrettet med flere celler, så vil det være, og siden vi har kjente posisjoner, så vil vi kunne posisjonere nøyaktig i kartreferanse da for å si det sånn. Mens i en dekningsboble, med ett punkt, hovedutfordringen er dette her med ett punkt. Men konseptet gir</p>

		<p>mulighet for selvfølgelig i stedet for å bare ha antennene på på bare ett sted, så kan du sette opp 2 antenner med avstand. Da har du plutselig muligheten for å posisjonere mye bedre. Men her vet jeg jo at forsvaret og Kenneth har gjort en del. En del jobb rundt nettopp posisjonering, så det kan hende. Det er funnet noe triks i ludo som jeg ikke kjenner til. Altså så spør spør Kennet om dette? Så nei, for det er ikke den delen jeg har jobbet mest med da posisjonsdeling. Men jeg vet forsvaret har jobbet en del med det. Men som brukscase så er det definitivt nyttig. Det kan en si. Forsvaret er veldig opptatt av å kunne plassere ting nøyaktig II kartet da for å si det sånn for sin situasjonsforståelse, så absolutt.</p>
54	T	<p>Altså, det er jo veldig, greit å fungerer idag, med MRR og GPS ol. Men da må du måtte ha det inn. Du må jo ha med deg en pc. Du må putte GPS en inn i og så må du ha en pc koblet i MRR og så må du dele og så er det begrenset rekkevidde og alt mulig å oppdateringshastigheten på MRR er jo begrenset.</p>
55	I	<p>Ja, men det er forsvaret har gjort det noen som jeg nevnte blant annet for skudd deteksjon da bruke vanlige telefoner som har gps og og det har sin egen posisjon. For å posisjonere hendelser da som skudd, Så den type triangulering fungerer veldig bra når du har 3 kjente punkt og så kan du jo si det sånn da at det vi ser er at det er aller fleste. Enheten som har GPS støtte har GNSS støtte i tillegg, og forsåvidt GLONASS. Og det skal veldig mye til å kunne jamme flere teknologier samtidig. Fordi du må også nærme. Du må ha så høy effekt. Så hvis du skal prøve å ta ut alt. Da sliter du, men det er klart hvis satellittene tatt ut da da sliter vi. Så det er jo en ting å ta meg da, fordi altså vi ser nå. Jevnlige i nord der vi deler grense med Russland at det jammes innover av grensen, men det er veldig sjelden. Jeg har aldri sett faktisk at du har tatt ut mer enn GPS. Så, og det er litt sånn interessant i forhold til at i normaltilfelle. Når du kjører til TDD i 5G, så kreve radioene og sånn at du har tids og fase synk. For ikke forstyrre noen eller forstyrre andre nett hvis du opererer på nærliggende frekvenser. Så faktisk sånn som det er per i dag, så har altså radio leverandøren lagt inn sperre. Det stenges ned hvis de mister synk. Og da i det konseptet vi bruker i dag, så bruker vi. Gps, glonass, GNSS synk som synkkilde, når vi ser når vi setter opp. Vi kommer rundt det gjennom å distribuere. Master klokke inni kabinettet. Men da er det egentlig i usynk, ikke sant? Sånn i utgangspunktet, hvis det går freerunning, men de kan synes opp da på GPS, så lenge de finnes så er det greit og og hvis gpsen ikke finnes så fortsetter på egenhånd. Hmmm det er litt av det som som ligger bak men. Så det det? I litt usikker på, for å si det sånn, hvor stor sjansen er for et gps slås ut. Ja, eller satellittbasert posisjonering for å kalle det det, for det er flere system. Men det kan likevel være nyttig å kunne posisjonere enheter som ikke har gps i seg. Men som har 5 g moduler da. Så jeg tror absolutt på at det er brukscase er nyttig, og det er noe som vet Forsvaret er opptatt av, så det å finne gode løsninger</p>

		på det.
56	T	Ja, det handler jo det at det skal være enkelt å bruke og enkelt å få ut enkelt og finn ut av liksom også. Jeg ser jeg har noen flere ting. Jeg tror at jeg har fått vært gjennom og tenkt snakket om veldig mye. Vi snakket litt på på antall kjerner. Sånn autonome kjerner. Se meg sånn skal man gjøre det, så må man måtte ha. Å%on eller 2 hvert fall i hvert HVdistrikt. Brigaden bør ha en til hver bataljon, minst kanskje. Og så må du sikkert ha flere som skal ha også, så du er på en måte oppe i sikkert sånn ja 50 kjerner
57	I	Ja, det er det med den størrelsesorden vi snakker om.
58	T	Ja.
59	I	Det er da.
60	T	På at det er. Ja, vi er enig i at det er et høyt antall sånn at det ikke man planlegger for 10 liksom. Ja.
61	I	Ja det ja, men det du er du du har helt rett du har helt rett så så men vi har vært og snakket med brukeren sånn som for eksempel Heimevernet nå. Og de liker forsåvidt konseptet. Det vi ser er at de kanskje mer glad i den her utskutte base stasjonsløsninger vår, den pico løsningen vår der de kan knyttes til hvilket som helst internettforbindelse. Fordi HV de kjenner lokalområdet. De klarer å få tak i, altså internettforbindelsen, kan være fra hvilket som helst internettleverandører privathus, hvor som helst. Få tak i en internettforbindelse den her radioen ringer hjem, knytter seg opp selv. Kommer opp med dekning. De er mer glad i den, enn det lokale kjernenettet, for de ser på det som litt tyngre å etablere, og så er det sånn ja, men med trenger tjenestene som ligger liksom i de sentral systemene da, enn å generere disse lokale boblen, i hvert fall litt sånn, opp til krigstid sånn. Da så de er veldig glad i den. Som er en sånn rask måte å etablere dekning der det ikke er dekning, gitt at du klarer å generere en eller annen form for internettforbindelse. Hmmm.
62	T	Den er jo mye lettere å slippe å ha med kjernen.

63	I	<p>Jepp og Dette her er liksom en en liten enhet på hva er en vei da? Godt 7, 8 kilo om den er så tung. Hmm. bruker vanlig 230 volt og en internettforbindelse. Internettforbindelse kan realiseres, for eksempel gjennom et godt 5 g modell av den typen, for eksempel som jeg bruker som fast trådløst bredbånd, altså med en goddirektiv antenne med god antenne gain, for å bruke makro nettet som reachback. De kan brukes satellitt eller altså. Hvilken som helst internettoperatører sin forbindelse. Så kommer greiene opp umiddelbart, og det kan spres i stort antall i det samme hoveddistrikt. Da for eksempel. De gir en mindre dekningsbobler. Det er typisk sånne du har inntil 5watt og mer ekstern antenne. Men men det er altså klarer nå å lage bobler på en kilometer radius. Så det er ikke, men det er mer begrenset kapasitet. Da kan du si enn enn det du får med en men massiv mimo på 3,3 eller 3,8 ghz med 100 MHz båndbredde. Nei, det gir voldsom kapasitet, men men for type HV sitt kommunikasjonsbehov så er det så ser de at ja, men dette her kan holde i massevis. Det er sånn ja for å generere dekning der de hadde falt ut. Men men da ser de på, ser de på dette her med at joa man, men det er selvfølgelig for kommandoplass nyttig med en sånn 5 g kjerne da med en dekningsboble med god kapasiteter og det er ingenting i veien for å la den her picoen knytte seg til det lokale kjernenettet istedenfor makrobrettet da. Som konsept.</p>
64	T	<p>Hvorfor vil du på en måte ha dårligere dekning, for det kommer jo egentlig kun an på antenna. Eller er det fordi du må ha mer bbu og mer radioutstyr og så på en måte?</p>
65	I	<p>Ja den den den picon den har begrenset med frekvensbånd. Typisk 1800, 2,1 2,6 GHz. Du får også noen som har med 800, 900 Mhz. Mens når vi lager det her for lokale kjernenettet så setter vi på radioen på natoband 3,3 ghz med 100 megahertz båndbredde. Likedan så kan du knytte til med kommersielle frekvenser, enten i vårt 3,7 ghz bånd eller i det private nettbåndet 3,8 til 4,2GHz. Så da har du det så massiv mimo antennen som har 100 watts sendeeffekt. Med sterkt direktivet beamforming. Så det er det. Det er rett og slett det radio effekten, for den picon har maks uteffekt på 5 watt. Den store har på 100 og med massiv mimo så strekker vi dekningen der. Så så det er rett og slett det, men du kan selvfølgelig sette opp sånne pikoer ganske tett bortover da. Ikke sant? Så og Ja så så det det går på, kapasiteten klarer å tilby i dekningsområdet mer begrenset det. For da får du typisk opp en carrier på 20 mhz på hvert frekvensbånd. Så så men du du du du kan betjene hov eller mange på en piko også for å si det sånn.</p>

66	T	Er det noe konseptuelt i veien for at du har en massiv mimo antenne uten kjernenett men kun mer reachback på en måte.
67	I	Nei, i prinsippet kan du gjøre det, men det er klart, hvis du skal nyttiggjøre den kapasiteten massive mimo gir, så må du hvertfall ha 2,5 gb/s backhaul. Så da må du på fiber. Så for hvis ikke, så er det bortkastet, altså den radio kapasiteten.
68	T	Ja det er det jo på kostnad hadde jeg trolig mye dyrere radio å kjøpe inn.
69	I	Ja det er der og mye mer altså. Og de radioene veier nå 40,45 kilo. Mens en sånn piko, og den kan jo ta med i ryggsekken. Som en bøtte vann, skulle til å si. Også denne pikoen er lagd for formålet, så de har alt innebygd i det som ser ut som antenne så det egentlig bare å plugge inn i en ethernetkabel. Og så, lager han sin egen bckhaul. Rikke ipsec tunneller da, det er det det går på. Og har da ferdig config for å komme opp, og så bruker vi automatisk radioplanleggingsverktøy til også korrigere da hvis det. Hvis det kræsjer
70	T	Jeg føler det er jo på en måte en sånn veldig god løsning for veldig mange enheter sannsynligvis.
71	I	Ja, det er det, og det er derfor derfor kanskje spesielt Heimevernet var glad i den for at den er den er så enkel å gir kanskje 80, 85% av nytten veldig lett og enkelt. Og så er det selvfølgelig vesentlig billigere.
72	T	Ja den kan du jo ha i alle biler på en måte. Også.
73	I	Ja altså den den enheten, 10 - 15.000 så har du har du liksom?
74	I	Mens mens etter kjernenett koster mer og mer massiv mimo også koster vesentlig mer. Så.
75	I	Vi ser da jeg har et annet møte som som begynte for 5 minutter siden, men har du noen siste spørsmål?

76	T	Nei, ikke egentlig som jeg kommer på. Jeg føler på en måte jeg har fått svar for mest jeg. Ja.
77	I	Ja og altså hvis du skulle få sitte igjen med et spørsmål som jeg har snakket med den ett og sånn så. Bare ta kontakt igjen.
79	T	Ja ja.
80	I	Men du får nok mye av det samme, kanskje da, men fra en litt annen synsvinkel. Han er mer kommersielt innrettet, selvfølgelig. Men det kan ja, men. Ja.
81	T	Vi kan jo tenke deg se litt an ut fra hvordan det går med Kenneth. Man sitter igjen med noe mer spørsmål også.
82	I	Ja hei. Ene tar veldig mye. Tanker og ideer og er godt innsatt i alt det jeg tenker. Jeg sa ja.
83	T	En absolutt.
84	I	Jepp.
85	T	Ja 1000 takk for møtet.
86	I	Jo bare hyggelig.
87	T	Ja da snakkes vi kanskje ha det bra.
88	I	Ja ha det bra.

Appendix **M**

Interview: PLMN interviewee 4

This appendix contains the transcript from one of the persons working for a PLMN provider. An experienced System Engineer, with a proven track record in the telecommunications field. Possesses robust skills in EPC, IMS, and Mobile Communications. Working towards the system core field of cellular technology

This appendix is written in Norwegian. The letter "I" indicates that the interviewee is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	T	Den fungerer der. Ja. Det er supert.
2	I	Ja.
3	T	Ja. Fortsatt introduksjon, så skriver jeg jo om 5 g hvordan forsvaret kan bruke det. Og har jobbet i forsvaret selv godt cyberingeniørskolen eller? Ja, vi har den heter. Og jobbet i samband og går nå på en ntnu. Så skriver master semesteret her. Så hva er jeg? Blant annet å snakket med litt forskjellige tidligere. Snakket litt med andre leverandører, andre mobiltilbydere. Noen jeg i FMA, snakket med Håkon på fredag og Kenneth nordøst dag tidlig i så faktisk. Så jeg føler på en måte startet som å skjønne litt. OK, hva er det FMA? Har prøvd å jobbe inn mot dere med tanke på autonome celler? Og de løsningene dere har for private nettverk og slicing, blant annet. Så er jo det. Jeg skal prøve å se litt mer på er jo kanskje den. De har jo noen bruksområder, men Kenneth sa er at han jobber med å levere 5 g som en service kan du si, men ikke tenkt så mye på hva. Hvem skal bruke det når, hvordan? Og akkurat det er jo det jeg på en måte ønsker å se litt videre på i oppgaven min egentlig.
4	I	Ja ja kjempebra.
5	T	Men de må jo. Teknologien må jo ligge til rette, så handler jo mest om teknologiske utviklingen også. Men jeg ønsker å ta det som. Visjonære drømme steget hva kan man bruke det til hvis man er litt kreativ og ser fremover da kan du si?
6	I	Ja det er jo. Ja. Du kan jo si at det er jo ikke så mye drømmer, teknologien ligger der for eksempel i dag. Det er bare det at den kommersielle utbyggingen i forhold til timingen som ligger i forhold til det tildelingsbrevet som vi har fått med med forsvaret, er litt i usynk. Sånn at det vi gjør og bygger nå i det kommersielle nettet, så nå er vi jo full gang med å bygge et 5 g kjernenett i det kommersielle nettet vårt. Og så har vi da det prosjektet her med FMA, hvor vi egentlig skal ta fram mye av den teknologien som skal ligge til grunn i det kommersielle nettet etterhvert. Og her er tidshorisonten litt for kjedelig, fordi de vil jo helst ha det i går. Men det er helt riktig som du sier de har. De har vært veldig runde i sin formulering. De ønsker å se på i hovedsak 2 ting. Det ene er jo selvfølgelig en militær slice i et kommersielt nett det som

		<p>håkon og Kenneth. Ofte omtales som arbeidshesten. Og det vil det også være, det vil være, arbeidshesten, fordi at den vil utnytte den arealdekingen som vi som operatør har. Og nå når vi bygger 5 g så bygger vi 2 band. Vi bygger i n35 båndet. altså 3,5 og 3,6 GHz båndet. Det gjør vi i urbant og suburbant. Men også i fra linjen på suburbant og der hvor ingen trudde nokon kunne bo, så så bygger vi også 700 bånd som et anker bånd i 5G. 700 båndet er utrolig viktig i så henseende da. Så det var det ene, og så har du selvfølgelig hva skal vi bruke herligheten til? Og det er jo det som er litt fokus, er jo det at vi har jo i utgangspunktet kun sett det her i en taktisk kontekst, ikke sant? Du kan veldig få tenke deg at 5 g. Med enkelhet kan erstatte tadtom. Det vil si en kan i utgangspunktet foreslå at i stedet for at forsvaret i framtida har punkt-punkt samband, så bruker du taktisk 5 g aktivt eller kommersielt 5 g der hvor vi har dekning for det gjør at du du trenger egentlig bare å skru på utstyret og så er du på nett. Men som vi også har prøvd å å spille opp, så er det jo det er er så utrolig mange andre bruksområder her. Noe av det viktigste er jo for eksempel det som går på IOT i felt. For eksempel det med å bruke intelligente sensorer. Hva om vi kan droppe en mengdesensor med droner i et område hvor vi forventer at fienden kommer inn, for eksempel med med tyngre kjøretøy? Og så kan vi bruke sensor, og så kan dere registrere bevegelse i bakken. Hmmm det kan være andre typisk tegn står da for å for eksempel måle, måle luft, fuktighet, gasser og så videre. Og så har vi selvfølgelig en del prosjekt vi har kjøpt noe II forhold til sensor, og så går på det med å identifisere ild. Altså hvor du har på en måte bli skutt opp, så klarer du faktisk å triangulere ved hjelp av AI. Du er sikkert fått litt innspill fra kennet på en del av de tingene de har testet på rygge. Det her er jo en av de. Men, men det jeg tror er det viktigste er det er det at vi kommer til å se at drift av AS forsvaret. Vil bli endret enda mer med 5G. Og med det så mener jeg at vi har i dag et fokus på det taktiske og hvordan vi skal bruke det taktiske systemet i forhold til å hente video i forhold til tale i forhold til egentlig det vi ikke har kunnet gjort før nå. Men tenk hvilken verdi det vi gir viss for eksempel logistikkbataljonen til enhver tid har kontroll på alle cv 90'ene, alle beltevognene. Altså det er mulighet for et proaktivt vedlikeholdt. Du vil få en systeminformasjon om hvordan alle motorene fungerer. Er det overbelastning? Hvordan kjøres de, hvordan kan vi? Kan vi bruke de dataene og de metadataene som kommer, så det er en form for. Monitorering logistikk slice i framtida tror jeg er veldig viktig, nettopp for å drifte komponentene å være føre var.</p>
7	T	<p>Jeg har ikke tenkt så mye på før den. Altså om du liksom kobler nok sensorer da koblet på et kjøretøy for å se hvordan det brukes og ser</p>

		<p>hvordan det står og. Sånne ting, du kan jo ha et eller annet verktøy som gjør at du kan se hvor mye FR har du mange kasser med FR har du igjen i konteineren, hvor mange liter fuel har du igjen?</p>
8	I	<p>Ja. Det det er slike ting og det er en ting som på en måte aldri har vært tatt hensyn til, fordi at alle vognførere og lagførere skal ha på en måte et ansvar for å passe på at det alltid er tipp, topp og i god state. Men du kan si at når du får når du er en stridssituasjon da ikke på ikke på en eller annen sånn påskeøvelse i SBBN, så er det klart at det er 2 helt forskjellige ting, du bruker utgjør mye, mye kraftigere det med med belastning det hurtigere deployeringen altså ting kan skje, men hvis du da har en monitorering på de dataene og du vil tillegg kan lage smarte algoritmer for å finne ut at det her er det noe virkelig ille på gang, så kan det plutselig tagge det her, ikke sant? At du kan gi det? En oppmerksomhet. Så det er jo det ene det med å holde på maskinparken oppe. Det er veldig viktig for forsvaret, og nå snakker vi om primært om land domene. Men det er kanskje enda viktigere når vi kommer til sjødomenet når vi kommer til fregattene våre, minesveiperne våre osv. Det neste er jo spesialenheter i forsvaret. De vil nok også ønske å ha sitt egen, sin egen slice. For de skal ha helt andre tilkoblingspunkter enn det tradisjonelle taktiske enheter har. Hmmm. Og da er vi inne på litt av kjernen her og mulighetene fordi at når vi når vi tenker arkitektur nå, så tenker vi 3, 4, 5 mål framover sånn at. Noe av det viktigste som skjer i nato akkurat nå. Det er jo Sverige og Finland. Med sine medlemskap i Nato. Det å samøve med med med Sverige og Finland framover i en nordisk og skandinavisk kontekst. Det kommer til å bli utrolig aktuelt og viktig. Vi vil ha en slice og det det vi har gjort og det vi har gjort tester på, da det er at vi på IDA 1 på Fornebu. Så viste vi hvordan du kan bruke en mobiltelefon, skanne en qr kode og få tilgang til en militær slice. Det vil være måten vi vil dra inn allierte på, og hvis du tenker hvordan det vil fungere i framtida, så kan du tenke deg at når svenskene eller finnene står på grensa. Jeg kommer til et samlingspunkt. Og så scanner de sånn kode. Og så vil da de offiserene og de som skal ha tilgang de vil få tilgang til en svensk eller en finsk slice i det kommersielle nettet, men som også gir de tilgang til en svensk eller finsk slice i det taktiske nettet. Fordi at vi vil. Vi vil prøve så godt vi kan og ha et felles UDM/UDR, altså data management og data repository for simkort og IMEI. Og. På den måten så er det naturlig for meg at at alle koblingene som vi gjør så når hvis du husker når vi var på jørstadmoen nå så så så løste jo vi veldig mye gjennom våre systemer. Altså vi klarer å knytte sammen det som skjer i kommersielle nett med det taktiske nett, fordi at vi har et ruting overlay som ligger hos oss. forsvaret på sin</p>

		<p>side har jo bygd opp det de kaller FIP, forsvars internettportal, som egentlig er en security gateway. Og det vil være veldig naturlig at vi terminerer de enkelte slicene inn mot fip, og så kan forsaret selv derifra si, hvor skal jeg route det her? Så for svenskene, så har jo de sine BMS system, finnerne har sine BMS system. De har sine løsninger som de ønsker å ha. De ønsker å ha tilgjengelighet for det som er i vårt nett, så på den måten, så vil fremtidens taktiske og kommersielle 5 g for forsaret vil på en måte være en bærer av de tjenestene, og ved å bruke da. QR kode og. Og på en måte esim. Så klarer vi å løse det, for da har du ruter vi det inn til FIP, og i fra FIP så har de etablert vil sannsynligvis etablere en eller annen overbygning hvor de koblet inn Finland, Sverige, Danmark, hvem som helst som skal være på øvelsen. Så det. Det er jo på en måte litt litt det større bildet som vi som vi ser da. Og så tror vi, at det det. Forsvaret må ta innover seg ny teknologi for å klare det.</p>
9	T	<p>Vi snakket litt om det med udm og de databasen og management holdt på å si, og du nevnte at du dere ser for deg at det skal være en link, altså synkronisering mellom det som ligger i det kommersielle og i taktisk boble, slik at man. Poenget er at det skal være et sim kort som sømløst skal kunne fungerer i begge 2. Ja.</p>
10	I	<p>Stemmer, og du kan si at det er at taktisk 5 g utfordrer oss enormt og og fordi at når vi bygger et kommersielt nett, så bygger vi master og de mastene, de flytter seg ikke en meter. De står alltid stille. Og derfor så når du setter deg i bilen i Oslo og kjører til Trondheim. Så roamer du mellom disse mastene. Fordi at vi har definert det vi kaller nabo forhold. Så når jeg vet at du kommer sørfra og du følger E6 og vet at den er neste masta du da skal møte. Det er den som er nord for der du har koblet på. Da klarer du å gjøre roamin, fordi det forutsigbart. I taktisk 5G så flytter alt seg. Så masta flytter seg. Brukerne flytter seg. Det er ikke noe E6 her, er her er du midt ute på fjellet og inn i en dal et eller annet og bevegelse fram og tilbake. Så vi tar på en måte opp en ny problemstilling som 3GPP aldri har sett for seg. Og det er de er mobile mastene da som gjør det, så gjør det umulig å definere naboforhold ut av det blå.</p>
11	T	<p>Hvordan ja, hvordan fungerer det til vanlig? Med naboforhold.</p>
12	I	<p>Nei til vanlig, så er det sånn at du når når du er koblet på en mobilmast da så har du autentisert deg og du har en forbindelse. Du har en kobling</p>

		<p>tilbake til kjernen. Men du har inne i telefonen din, så har du jo i utgangspunktet 2 radioer. En du bruker på og en du lytter på, så kjenner hvor sterkt signal du har, så jo lenger vekk du kommer så vil systemet, det vil si en baseband enhet i en mast, han vil skjønne det videre, at nå er du på vei inn til mitt område, og så vil han begynne en handover. Og da er det et eget X-2 grensesnitt som vi kaller det i 4G som ivaretar at du blir flyttet over på den nye. Og det å flytte deg i fra en mast til en annen. Der bruker vi det naboforholdet, så det er på måte en egen database som sier at du kan flytte deg ifra den til den, men du kan ikke flytte deg fra den til en som er lenger bak, for de er ikke definert som naboceller.</p>
13	T	<p>OK, så du må definere dem som naboceller for å flytte via X2 egentlig.</p>
14	I	<p>Stemmer stemmer så.</p>
15	T	<p>Ok ja men da da er det egentlig på at den. Ja da skjønner jeg litt mer teorien vi har hatt også, hvorfor finnes ikke x2 interfacet mellom ulike, men hvis du må definere at det skal være et x2 interface mellom hver enkelt så gir jo det litt mening.</p>
16	I	<p>Ja, så det er den måten vi vi angriper det på er jo å sier at det er i utgangspunktet så ønsker vi å si at. Vi gikk med den tanken her. Ja, men har du noe å si hvor mange taktiske noder koblet på? Hvis vi tar vekk? Tar vekk det her med at du skal ha ett sim. Så kunne vi bare hatt et flust av flere simkortprofiler, så kunne du bare koblet deg til der du er, der du har dekning. Men med en gang du skal dra inn sim, så må vi se litt på at OK, men da må vi kanskje gjøre det aktivt valg da, på hvilken bærer vi skal bruke? Og det er jo litt av det som vi må jobbe fram med nå og sjekke på håndsettet og sånn at du ser, på håndsettet så setter du hva er minste signalnivå jeg skal bruke for å kunne koble meg på den bæreren. Og så skal han på en måte svitsje over til en annen. Da må du ha minimum 2 radioer da eller 2 modem, litt avhengig av hvordan en setter opp. Men, men det klarer vi å få til og rutingmessig av trafikk og alt sånn, så legger jo vi SDWAN på toppen, sånn at jeg bryr meg egentlig ikke hvilken node jeg er koblet på så lenge jeg vet hvor jeg skal hente tjenesten. Det her er jo det mest utfordrende, men samtidig. Det er spennende i det prosjektet her. Det er nettopp det at vi gjør ting som aldri har blitt gjort før. Og så har vi jo selvfølgelig det her med at. Det vil være situasjoner hvor, vi snakket jo litt om reachback når vi va på</p>

		<p>jørstadmoen. Det her med den tilbakekoblingen. Den handler jo like mye om, det handler om to ting i utgangspunktet. Du skal gi en tilbakekobling til bakenliggende systemer som beslutningstakerne får tilgang til dine data til din video til din sensorinformasjon og så videre. Men så har jo vi også vårt management. Hvis jeg skal klare å oppdatere en lokal UDM/UDR der ute, med sin simkort informasjon. Og fortelle hvor er det jeg har vært, hvor er det jeg skal, så må den egentlig være oppe 24/7 Ikke sant? Det kan være problematisk fordi at om du kjører i Dividalen eller Kirkesdalen, for eksempe i indre Troms. Så er det ikke sikkert at du har dekning der. Vi har ikke full 5 g dekning ned kirkesdalen eller dividalen i dag, fordi at det bor 4 mennesker der. Ja så vi ser nå på alternativ da. Vi ser på alternativet for nettopp å kunne gjøre den her UDR/UDM utvekslingen sømløst. Så sømløs som mulig. Og vi ser på alternativet, som hvis de testene vi skal gjøre nå fungerer da. Så kan vi gi en nasjonal løsning på det. Og da tar vi også med oss sjødomener i det her. Så det her det er jo nå i alle fall det vi ser, og det som vi jobber med, så er det veldig viktig da. Så er det jo. Ja, så nå har vi snakket litt om de tjenestene. Jeg tror vi får veldig mange sånn spesialtilpasset skiver. Det tror jeg. Det tror jeg er helt nødvendig. For å kunne skille på trafikk og kunne gjøre ting så enkelt som mulig. Og så er det det med å utvikle teknologien og den speccen som kommer fra 3 GPP, og å få det til å fungere i en taktisk kontekst. Det er viktig, og så er det det her med hvordan, hvordan sammenkobler vi da alle de ulike nettene på lik linje. Og derfor så jobber jo vi for eksempel veldig tett med Forsvarets forskningsinstitutt. Vi bygger en digital grunnmur for de nå basert på SDWAN. Fordi at de skal ha noen lokasjoner, skal ha 5 lokasjoner etter hvert hvor du egentlig skal kunne nå tjenestene uansett hvor du er, og om de er koblet på en fiber eller på min mobil bærer eller en starlink eller en oneweb, spiller ingen rolle. De skal fortsatt nå de tjenestene. Og det er på en måte det vi må. Det er tankesettet vi må ha da når vi når vi går inn i det her og det er jo og en av grunnene til at når vi presenterte det her på jørstadmoen. At vi hadde såpass fokus på hvorfor vi på en måte setter opp det datasenteret at vi setter opp de rutinginstansene også. Det er jo nettopp fordi at det er ingen kommersielle tjenester i dag som ivaretar det sømløst. Så vi må gjøre den tilpasningen og forsvaret har ikke den teknologien i dag til å gjøre de i sine egne nett.</p>
17	T	<p>Du sa det med UDM og UDR trenger synkronisering iblant. For sånn som jeg tenker da, så ville jeg tenkt at jeg skjønner jo at du hvis du kommer med nytt simkort i en taktisk boble som er du nødt til å vite at det simkortet har tillatelser og at det ligger inne og såne ting. Hvis det er</p>

		<p>må da synke opp når man er inne i leir, for det står på nett. Opp mot den taktiske, og så drar man ut, så vil det ikke være på en måte så mye oppdateringer som vil komme. Så gitt at man da er inne i kirkesdalen eller dividalen setter opp sine taktiske boble med sin autonome kjerne, så står den der i et døgn. Da ser jeg på en måte sånn er det noe som gjør at man må ha noe tilkobling tilbake igjen fordi den kjernen med si 4 basestasjoner som etableres av SBBN eller CYFOR. Og så vil man forsterkes med en operatør og kanskje og få en reachback tilbake igjen i løpet av døgn, 2,3 eller 4. Er det på en måte noe viktig som gjør at man må ha reachback tidligere, eller at man må ha det iløpet av en kortere periode eller noe.</p>
18	I	<p>Nei, altså du du er inne på noe i utgangspunktet da når du har kjørt klar til strid i Heggelia over 2 dager, så har du i utgangspunktet hatt påkoblet de enhetene som skal være en del av systemet. Og derfor så skal det også fungere autonomt. Det er jo, men det som er utfordringen eller det som må ivareta. Det er jo det at du vil etter hvert gjennom en øvelse, så kanskje du får nye simkort? Kanskje blir provisjonert opp noen nye simkort, som skal inn. Vanligvis så vil den selvfølgelig, og det er jo det, vi sitter jo også å jobber med det her forvaltning og driftsdokument for taktisk 5 g. Der har vi jo på en måte tatt høyde for at hver avdelings må ha så så mange simkort, men du må kanskje ha et. Et xx antall ekstra simkort, som ligger i systemet ikke sant? Sånn at du, skulle skje noe at en har glemt noe, at en telefonen bli ødelagt. Du får en ny telefon og noe forsvinner så har du på en måte en viss fleksibilitet i det. Og så vi jo det selvfølgelig det med esim sant, at når vi da får. Nato allierte, som skal vi inn i nettet. Så har vi jo selvfølgelig det esim repository som ligger der. Og spørsmålet er, må vi re-konfigurere de? Hmm, hva om vi får inn noen nye? Hvordan? Hvordan gjør vi det? Men samtidig det vi fikk testet under øvelsen nå da, og i alle fall så som vi gjorde. Det var jo det at. I den beltevognen så hadde vi 2 5 g modem. Som sto på under forflytning. I tillegg så har vi eksisterende SSD-disker i det kjernenettet. Sånn at serveren kan også stå på under forflytning fordi den tåler vibrasjoner. Sånn at når vi når de var ute og kjørte, så var det oppe hele tiden, så de hadde alltid en ridgeback også under forflytning som er noe nytt i en militær kontekst ikke sant. For vanligvis så tar du ned UHF'en og SHF'en når du pakker alt ned og sånt. Men med å bruke den militære slicen er mobilnettet som bærer, så har du mye mer fleksibilitet. Og det her er egentlig nødvendig, og fordi at. Sånn som ting skjer altså fram til nå, så det husker du sikkert fra sambandsbataljonen, men når du tar ned og flytter til ny lokasjon, så er sambandsmidler ditt. Det er MRR. Og det er analogt. Det er tale ikke</p>

		sant? Men her kan du altså under forflytning, så har du faktisk samband opp fram i vognen. Altså har han som er lagføreren som er på knutepunktet, han har sannsynligvis en tablet i en mildef boks. Og så vil han få kontinuerlig overvåking og oppdatering. Så hvis han er under forflytning og plutselig finner ut at nei, kanskje vi heller skal reise dit, så kan han faktisk få melding om det under forflytning da. Det er jo litt av det det åpner opp for framover da.
19	T	Ja vi prøvde jo på slutten (I SBBN), så prøvde jo på en måte å bruke 4 g. I en del sånne innledende faser? Før man har etablert noe reachback eller det er noe sted å, man kan skyte tadtom, men man må skyte tadtom mot et eller annet. Men da prøvde vi også etter hvert å prøve å få 4 g til å stå på mens vi kjørte. Og så bruker det å koble det inn mot krypton og så inn mot. Ja, det var myem en del opplegg og ting vi prøvde der. Men det var veldig sånn ustøttet, og det var jo ikke ting som fungerte egentlig.
20	I	Nei det altså det. Det har rent mye vann under brua, siden jeg slutta i 2006. Men det var jo mye av de samme tankene da, ikke sant? At du har en sømløs overgang og eg tror jo jeg tror jo Kennet og Håkon har mye rett, og Trond for den saks skyld og. Tenker jo veldig mye rett i forhold til det de ser, og så har de. Andre har jo også tatt fram også en sånn ad hoc løsning. Det her er noe vi har hatt på festivalbånd i femogtjue år. Det er jo ikke noe nytt konsept å bruke satellitt som det er, for backhaul og så gi et område samband. Hmmm. Problemet med å bruke de løsningene er at det stilles. Det stiller relativt store krav til forsvaret på det her fordi at da har du plutselig et ekom regulert nett som forsvaret skal sette opp som adhoc dekning på bånd som vi faktisk har lisensiert, og hvis de gjør det feil. Og antennene står inn mot et annet område, som vi dekker så plutselig så. Er ikke det, at du ikke nødvendigvis får den dekningen du skal ha, men du kan påvirke de sivile brukerne. At vi er veldig sånn, altså vi, og nå, reiser jo vi til Bardufoss nå i natt, og begynner å montere opp, i vedlikeholden på Heggelia i morgen. Men da skal vi vise en tilsvarende løsning, som vi kan kan gjøre med med med vårt oppsett og. Hmmm men. Vi ser de at når vi bygger arealdekning nå. Og vi plutselig, så skal en kanskje ha en en ad-hoc løsning løsning, som egentlig gir deg den militære slicen i et område, så må vi være veldig. Vi må ha en veldig god dialog med forsvaret, sånn at de ikke fucker opp det øvrige nettet vårt da for å bruke, pardon my french. Fordi at det har så store konsekvenser, ikke sant. Og det er på en måte det som er grunnen til at vi ikke har vist det fram som en ting fordi litt av kravet, og det slår tilbake igjen til

		<p>kravet som Forsvaret har stilt, og det er at det skal være as-a-service. Men når du har da, og as-a-service, så har de også da sagt at de ikke nødvendigvis har ingeniører ute på hvert enkelt knutepunkt, ikke sant? Vi skal egentlig ha en diger svart boks med en grønn knapp, og så skal vi skru på den, og så skal det bare funke helt magisk. Det betyr ikke at det ikke kan gjøres feil, ikke sant. Så det er mange. Det er det som er realitetene vi må vi må ta høyde for, men jeg tror nok det at det å gi et adhoc område, der hvor vi ikke har noen kommersiell dekning, det har noe for seg. Ulempen er at du får ikke, du får ikke konsumert. De lokale tjenestene. For eksempel. du setter deg opp, hvis ikke du har reachback. Du er 100% avhengig av reachback på en sånn løsning. Så den vil da ikke være autonom. Den vil kun fungere når du har en reachback, altså satellittforbindelse, så ville en sånn ad-hoc løsning fungere. Men har vi en taktisk 5 g så er han autonom og gir det dekning på de båndene forsvaret selv har. Og så kom jo Nkom ut her forrige uke, det var vel. Torsdag. At det vil bli auksjon i 2023, iallfall på millimeter bånd, men at de også vurderer da de siste blokkene i 700 mhz båndet. Jeg forventer jo egentlig at Kenneth og Håkon og Trond at de. Nå på en måte ber om audiens til forsvarsstaben for å få kjøpt Spektrum lisenser, men at de kanskje går gjennom en del departement sånn at de istedenfor at du forsvarer du skal bruke penger også betaler det sånn horisontal samhandling og sånn at de får tildelt blokker i det spektrumet da. Jeg tror det egentlig er nødvendig, at de har sine frekvenser, og at de får mer eller mindre fribruk på de sånn som de har på 2,3 og 3,3 i dag.</p>
21	T	<p>Du nevnte det med esim, mtp simkort kan du jo alltid konfigurere og legge opp, men kan du også legge opp sånn at du kan hente ut esim profiler fra autonomt kjernenett eller ville det kun fungere inn mot deres kjerne?</p>
22	I	<p>Du kan si at det vi tenker er jo å ha det. Det er litt sånn som gjør at det blir litt sånn master-slave type kobling, ikke sant at? UDM/UDR har en på en måte en sånn. Hvis vi tar det fra starten. Vi har et kommersielt nett. Vi gir forsvaret en slice i det nettet. Og den slicen er i utgangspunktet en slice i et 5G nett, i utgangspunktet sitt eget mobilnett med de komponentene der ikke sant. Det betyr at, da har Forsvaret i utgangspunktet sin egen UDM/UDR. Så vil hver enkelt taktiske node, er jo autonom men det er også et eget kjernenett, ikke sant? Så de ser jo for seg sånn i 25/26 at de har 10 av de installasjonene. Da har de i utgangspunktet 10 egne mobilnett, pluss en slice. Men det vi kan gjøre er at vi kan legge en kobling mellom UDM'ene i hver enkelt taktiske</p>

		<p>node og si at du skal abonnere på data ifra main UDM. Og når vi ser for oss hvordan det her skal skje i praksis da så ser de for seg at i sambandsbataljonen så har de kanskje 10 noder. Ta 5 noder nå da inne i vedlikeholdshallen. De vil være koblet på strøm. De vil egentlig være oppe. Fordi vi bruker bærer og, og her kommer vi inn på en del ting som ikke ligger under mandatet til tildelingsbrevet. Det er klart det, at når du skal begynne å bruke det her mer og mer aktivt, så er det logisk at logistikkbataljonen i Rusta skal klare å få oversikt, så trenger de kanskje innendørsdekning i alle vedlikeholdshaller, verksted og sånn de har. Sånn at de ser at de får alt på nett. Sånn at de nodene inne i vedlikeholdshallen, de er da egentlig tilkoblet 24/7. Og hver gang vi gjør en patch, når vi gjør en release, så får vi en go ifra FMA på at det ehr har vi nå testet. Vi vet at den fungerer da kan vi distribuere den ut. Det er det vi jobber med nå. Det er jo den her distribusjonen av nettverksfunksjoner og oppdatering. Så når vi hadde, var på Jørstadmoen nå, så vi jo det, de 2 kassene der. Det som gikk over reachbacken der det var jo da kobling selvfølgelig tilbake igjen til oss, der vi hadde noen server og vi hadde en speedtest og vi har noe sammenkobling, men vi hadde også dedikerte vpn for management der. Så management er også en veldig viktig av den backhaul delen der, og det gjør at vi har muligheten faktisk til å integrere esim som en del av UDM løsningen. Så med gang du genererer nye esim profiler. Da legges de inn i UDM også replikerer vi de ned. Og da må vi bare vite. Vi må ha en god måte for å visualisere når det er synk mellom de her UDM'ene, ikke sant, rett og slett. Men det er jo bare API'et, så det er jo ikke noe hokus pokus uansett.</p>
23	T	Så kan jeg måtte legge klare esim profiler på de ulike autonome kjernene egentlig da.
24	I	Rett og slett rett og slett.
25	T	<p>Vi ser jo det er jo spennende sånn hvis man starter å bruke de samme esimene forskjellige steder, så man må kanskje ha noe sånn, du får lov til å gi ut de her 100 og den her kjernen får lov til å gi ut de her 100. Og noen koordinering på det, men det ja, det tenker jeg er mer sånn. Praktiske løsninger og lure tanker mer enn at teknologien stopper det sånn uansett. .</p>

26	I	<p>Nei, ikke sant, det blir veldig vanskelig for oss å pålegge forsvaret, for eksempel å ha en egen MDM som er knyttet mot det her. Men det vi kan gjøre er jo selvfølgelig si det at vi går ut ifra at forsvaret har stålkontroll på utstyret, og de har stort sett det. Sånn at så lenge så lenge de har en egen intern database, som viser hvilken mac adresse eller hvilken IMEI som er på den enkelte telefonen, så kan vi ta å koble en esim profil mot et IMEI, ikke sant. Så det er jo unikt for hver telefon og hvert hvert modem, på den måten så klarer vi å ivareta det og da vil jo vi sannsynligvis det. Vi vil jo sannsynligvis tilby de en portal, med alt som har med taktisk 5 g hvor de går inn også der kan de for eksempel komme med hvis de har noe, alt av tekniske behov, feilmelding, provisjonering av nytt utstyr de får inn. At det er en plass de går inn der og der får de. Okei, har de fått en lot med med 10 nye telefoner i SBBN, så legger du IMEI inn der, også er de predefinert, også vet jeg at når vi allokere et sim-kort, så gjør vi et oppsjekk på at den IMEI, den får lov å bruke det simkortet. Det ligger en ekstra sikkerhet i forhold til det. Det er jo ting vi må gå opp med med forsvaret da selvfølgelig, så da skulle vi være heldige at vi får på en måte den leveransen, så kan vi jo selvfølgelig automatisere mye av det så når de bestiller en ny telefon, et nytt modem eller en ny reuter så blir automatisk det IMEI nummeret flyttet over i den UDM'en. Så her er det jo mye muligheter.</p>
27	T	<p>Ja ja, det er det. Jeg føler på en måte 5G gir, veldig mye muligheter.</p>
28	I	<p>Ja helt klart. Fikk du vært med på øvelsen når du var der oppe og og sett hvordan de brukte det i praktisk, eller fikk du kunne vært med på de demo runden, som var siste dagen?</p>
29	T	<p>Jeg var kun med på den demo dagen</p>
30	I	<p>Ja.</p>
31	T	<p>Vet ikke om det var noe mye forskjell, om bruken er noe man ikke fikk innsikt i der oppe å si?</p>
32	I	<p>Nei altså. Vi, gjør jo utrolig mange gode erfaringer der oppe, både i forhold til det praktiske installasjon og det med master for eksempel, ikke sant? Vi hadde jo tatt med oss noe sånn sivilt crap. Det fungerer hvis det er helt flatt og asfalt, men ikke i stort sett annet sånn at når vi fikk</p>

		<p>satt av en 175 mast mast så funket alt mye bedre, ikke sant? Det er mer tilpasset. Og nå når vi kommer til Bardufoss, så skal vi vise en annen, en annen tilpasning og men, men vårt fokus, bruke så mye som mulig av eksisterende materiell som forsvaret har, for det her har de brukt i mange år, ikke sant? Jeg brukte jo 175 masta da jeg kom til sambandsbataljonen i 1999. Det er jo de samme mastene de bruker i dag. Men så er det jo klart at formfaktoren og plattformen, som vi har fokus på akkurat nå. Det er jo beltevogn, fordi at det er det de bruker i dag, det er veldig lett å bare flytte ting over på den. Og den gjør nytta si. Men ambisjonsnivået mitt i forhold til. Når vi kommer ut på høsten da. Det er jo at jeg skal kunne levere en taktisk 5G til forsvaret på en snøscooter. Og en hardtopp. Jeg fant en sånn skidoo henger, han heter link doo fra ski-doo. Det er hardplast henger hvor du har inndelte lokasjoner, og der har du på en måte mulighet til å bare ha batterier. Du kan ha alt mulig, og så har du 2 av de hvor den ene har alt det trenger for å overleve i felt og med aggregat og alt sånt. Og så har du den ene som en sånn kommunikasjonsløsning. Og da er vi, da kan du jo tenke deg selv. Det å bruke beltevogn altså 206, da kommer du deg opp til Mauken for eksempel. Det er jo en halv dagsreise ifra Heggelia ikke sant. Hadde jeg hivd det her på en scooter, så kunne jeg frakte det opp på noe lett materiell og hadde vært der oppe på en halvtimes tid. Operativt. Og jeg kommer høyere opp i terrenget. Jeg har mindre signatur, fysisk. Også er det jo klart, at du så sikkert de kablene vi brukte på antennene. Den tjukkeste kabelen er jo 48 volt DC-kabel. Fordi alt telco-utstyr er mer eller mindre 48 volt DC. Men vi ser jo nå på og heller fjerne oss i fra den 48 Volt'en ifra vognen og ut og bare si, nei jeg bruker 220 volt, men jeg bruker 220 til 48 volt converter er der hvor antenna skal stå. Det gir oss mye mer fleksibilitet i forhold til å få måte. Ja, da kan jeg dra det lenger ut. Ja, ikke sant? Du mer fleksibilitet, lettere. Du skal ikke bakse med en sånn der halv tonns coax kabel ikke sant? Det er småting men vi får jo bestilt nå, du kjenner sikkert den der feltfiberen vi bruker i forsvaret? De har jo sånn de bruker i kommandoplass, så har de feltfiber som egentlig har militæret tilkoblinger. Men det er fiber på den ikke sant?</p>
33	T	Jaja,
34	I	<p>Så vi har bestilt opp nå en sånn nå som har flere funksjoner, som har både fiber, men også strøm. Sånn at du har alt på en trommel ikke sant. Og det er den type ting du du trenger da hvis det skal være effektivt og ikke minst funke. Vi så jo det på starlink, Den var jo ikke akkurat. Den er jo laget for utendørsbruk, men han er jo laget for å sette han sammen</p>

		inne, og så tar du den ut. Du skal ikke herje for mye med de pluggene der før det ikke funke.
35	T	Nei.
36	I	<p>Så så det er det er det konseptet og kan jeg få, hvis jeg får til det nå til høsten. Så kan jeg bruke det sammen på på en ATV, ikke sant? Da har du fleksibiliteten som en egentlig ute etter da. Men han Espen, han sa jo noe. Vi har fått laget noen videoer på Jørstadmoen, hvor vi hadde med oss et filmetam den ene dagen. Tatt mye kule dronebilder og litt sånn av installasjon og slikt. Og så hadde vi jo intervju, hva er taktisk 5G for CISK, ikke sant? Da sier han Espen noe som egentlig er veldig viktig. Det er det at "Vi må i utgangspunktet. Anse at all sivil infrastruktur er nede." Og det kommer fra den operative delen av forsvaret. Men går du til innkjøpsorganisasjonen, altså FMA og til Kenneth og håkon og Trond. Så er de sannsynligvis i en litt annen oppfatning, fordi det de gjør er at de ser på Ukraina. Hva som skjer i Ukraina, og der har du på en måte, de har brukt det kommersielle nettet eller starlink, i hele perioden. Og så legger en det som en på en måte basis på hvordan ting vil vil være. Så kan en jo ut ifra en sånn militær taktisk kontekst da si det at Russerne har vel egentlig visst, at de ikke er spesielt god på krigføring. Det er veldig lite strategisk krigføring, og jeg mener de hadde jo en kolonne på 30 kilometer. Og hadde det vært et nato land så hadde jo alt det blitt tatt ut på en halvtimes tid, ikke sant? Det har ikke vært noe rettet, eller styrt beskytning av mobilmaster i større grad. Eller det å ta ut det som er det stridende sambandsmiddelet de har idag. Og det stridende sambandsmiddelet er jo mobildekning, ikke sant? Sånn at? Ja, det viser hvordan det er i Ukraina nå, men jeg er litt usikker på om det ville vært. Om vi ville sett det tilsvarende i en annen kontekst, ikke sant? Vi vil nok, hvis vi hadde vært involvert i en sånn type, altså hadde Herjedalen blusset opp igjen. For eksempel, så hadde vi tatt ut alle svenskene master ASAP. Men ja, så det er vel litt der hvor vi går. Fordi at det kan bli veldig fokus fremover på at ad-hoc dekningsdelen er god nok, og at det ikke er behov for en taktisk 5G. Men jeg vil argumentere heller imot fordi at spesielt i vårt Land, da vi må forholde oss til vårt land og kongeriket her. Vi har jo verdens beste mobildekning i utgangspunktet, og hvis du ser på hvordan landet vårt er bygd opp. Vi bruker 5 milliarder i året på å bygge opp og vedlikeholde den dekningen vi har, men til tross for det, så er det jo veldig store deler av vårt areal som ikke har mobildekning. Og så har vi selvfølgelig elefanten i rommet, som vil forbedre det her, og det er jo at innen 2026. Så skal jo nødnett over i kommersielt mobilnett. Og DSB har jo på en måte ansvaret for det. Og</p>

		jeg tror ikke de har tatt innover seg at hvis de skal ha den samme arealdekning på neste generasjons mobilnett, nei neste generasjon nødnett. Så må de faktisk bygge en god del master for å gi den tilsvarende arealdekningen som tetra gir i dag. Det er helt klart, det blir ikke billig med neste generasjons nødnett. Hvis direktoratet for sikkerhet og beredskap tror det. Men nå har jo, nå er jo også gamlesjefen i nødnett, er inne i forsvarsstaben, Sigurd Heier, sånn at de er nok veldig klare over det. Så får vi se hvordan det, hvordan det utvikler seg da.
37	T	Ja skal bli spennende å se. Ja, det er jo også prøve å man kan jo si så mye om ville måtte alt er oppe. Tenker på sånne datasenter og fiberforbindelser også. Det er jo ikke nødvendigvis masse fiberforbindelser og robusthet i Norge.
38	I	Nei på ingen måte, og det er jeg tror det at. Se her.
39	T	Tenker jeg på sånn type som brigaden opererer, så i brigaden, så er det jo på en måte veldig sånn. Alltid en fot i bakken når man flytter. Og mtp. at det med 1 eller 2 autonome kjernenett så vil man jo i prinsippet kunne understøtte alt det som skjer i Nord Norge. Hvis det er forbinde internt i nord da.
40	I	Du er inne på noe veldig viktig. Ekstremt viktig faktisk. Ser du skjermen min?
41	T	Jeg ser den.
42	I	Det her er jo det. Det her er du jo godt kjent med, ikke sant? Det er arbeidsflatene hvor det er det vi beveger oss. Og så begynner vi å se litt på. Hvordan er det vi skal bruke de nettet her i framtida? Vi har jo på en måte arbeidshesten som vil være militær 5G slice som vil være koblet også mot en del av hovedprogrammet MIME programmet for eksempel. Som ser på de plattform nære sambandet, ikke sant? For det ulike våpenene. Så har vi taktisk 5G her ute. Hvor du på en måte gir dekning der du ikke har en kommersielle dekningen. Du kan ha flere av de her. Du kan kjede de og, og når vi snakker om om reachback for eksempel, så kan det være at den her kan henge på en reachback til et kommersielt nett, og da gir meg den IP-konnektiviteten tilbake igjen til

		<p>beslutningstakere og så videre. Eller det kan være andre systemer som vi også brukler i felt. Og da ser du at du kan kjede de her taktiske 5G'ene. så på en måte så kan du si at du kan bygge et taktisk 5G mesh veldig raskt. Og det vil være mer eller mindre sømløst. Og så har du ulike reachback typer, ikke sant? Du har det og satellitt. Og.</p>
43	T	<p>For å kjede de uliek teaktiske 5G nettene så må du ha en kjerne i hver enkelt?</p>
44	I	<p>Yes stemmer.</p>
45	I	<p>Ja ja så så i hver av de vognene, så har du da det taktiske kjernenettet, mobilnettet. Og. I forhold til basestasjonene våre, så er jo de alle de koblet inn i ip transportnettet. og hvis vi leverer fiber. Men alt det endte jo til slutt inn i det samme ip transportnettet. Og så har du jo de ulike enhetene som vi skal bruke her ute i det enkelte nettene, drone for eksempel. Kanskje den skal kunne gå sømløst ifra militær slice inn i Dividalen på et taktisk 5 g og videre nedover. At en ønsker å se på hvordan det er. Det vil stille krav til drone, for eksempel. De har minimum 2 radio. Og at de kan sømløst switche mellom nett da. Da begynner det å se på, nå er vi inne på litt der du hadde tankesettet ditt og. Den reach backen som gir ip konduktivitet skal jo da kunne gi deg også muligheten til å nå ulike applikasjoner og tjenester av taktisk strategisk, eller administrativ grad. Logistikken skal fortsatt fungere i felt. Det her er jo mye av det de kanskje prøvde å få til med Mast, som nettopp ble lagt ned. Mastrprogrammet. Du kjenner sikkert litt til det. Men nå kommer vi inn på kjernen her. Det er det med 5G. Hvorfor i all verden skal vi ha 5G. Jo,når brigaden opererer her oppe. Og de ønsker å ha taktisk eller lett tilgang til taktiske og strategiske tjenester. Uavhengig av hva som skjer sørpå. Så ønsker du gjerne å ha regionale datasentre i nord. Og 5G gir oss muligheten til å lokal breakout. Det betyr at jeg kan bryte ut trafikken i indre Troms, i et eller annet regionalt datasenter som er der oppe. Det er litt av det vi jobber med nå. Det er jo å bygge, vi bygger nå noe vi kaller CNX, Customer next generation data center. Det er en distribuert datasenter arkitektur for å understøtte behov som vi kan levere på, fordi vi nå bygger 5G. Så vi ser jo veldig fort for oss, og det vi så når vi var på øvelsen nå da. Det er jo det at. Og det her kjenner jo du godt til. I kommandoplass, så har vi gjerne TYR, vi har tilgang til NORCCIs, vi har NORBMS, vi har på en måte applikasjonsmiljøet vårt. Det ligger nede i kommandoplass. Men når vi drev og testet nå, så gjorde vi en ting. Vi flytta en del av de opp i den</p>

		<p>taktiske noden. Fordi at 5G, vi hadde 978 megabit downlink og rundt hundreogtredve megabit uplink når vi har samband. Da fjerner du utgangspunkt i behovet for å flytte datasenter eller har datasenter nede i kommandoplass. Du kan flytte TYR-noden opp hit, du har mer effekt for brukerne, etter hvert. Og da kan du jo også si at, ja men kanskje vi av sikkerhetsskyld skal flytte en TYR-node inn i et regionalt datasenter sånn at jeg kan nå den både i fra det militære og kommersielle nettet. Det er en annen tilnærming da på hvordan vi distribuerer applikasjoner og last i forhold til det vi skal løse.</p>
46	T	<p>Ja, det er jo spennende å se litt hvordan CYFOR sin oppgave kan være holdt på å si inn mot sånne type ting.</p>
47	I	<p>Ja vi har en del prosjekt rundt mye av det samme nå, og det vi egentlig gjør er at vi har en forespørsel fra en vertikal. Det kan være oppdrettsbransjen, for eksempel spesielt rundt hardangerfjorden nedi her. Altså de oppdrettsnæringen i dag, de tjener jo penger så det holder. Det de gjør nå er at de bruker AI og ML og videostrøm ifra mærene for å undersøke fiskevelferd. De bruker video for å å identifisere fisk og finne ut om det er lakselus. Så det vi nå ser det er at hver enkelt mere har behov for minimum mellom 20 og 40 megabit per sekund, datastrøm, kontinuerlig hele døgnet. Og da ser vi det at ja, vi kan vi kan levere en 5 g bærer da til et kamera eller flere kameraer på hver mære også kan vi strømmen denne dataen til et regionalt datasenter, og der kan vi prosesserer den. Og det de trenger da, det er 80-20 prinsippet fungerer fortsatt, så 20% av de dataene kan gi utslag til å bygge nye modeller. Så da kan eventuelt, da trenger du litt mer guffe. Vi har ikke tenkt å lage noe sånn supercomputer der ute, men da kan de ta det 20% av dataene, flytte de opp i azure amazon eller Google og så knekke videre på de og lage nye modeller. Da kan du pushe modellen ned, og så har du på en måte en slags livssyklus på det. Men det her tror vi er veldig aktuelt på for forsvaret å gjøre. Det er det å se 5g også i kontekst med edge compute og hvordan regional edge compute eller enterprise edge helt ute på kant faktisk vil understøtte det her. Så det er litt sånn.</p>
48	T	<p>Snakker litt med Kenneth om at du ved å få det er veldig mye data etterhvert. Det var veldig mye datastrømmer, og da må du starte å koble på maskinlæring. Og ai langt ute. For å i det hele tatt se. Du kan ikke sende alt videre og overbelaste han som sitter et sted sentralt og får 1000 datastrømmer fra veldig mange kommandoplasser. Men det må jo</p>

		<p>ha noe system som gjør at alle som er i nærheten av hverandre kan koble seg på datastrømmen til hverandre. Det må være noe varslingsystem eller være noen alarmer. Det må være noe applikasjonen her som ikke har lagd ennå. For å få det her til å funke best mulig, sannsynligvis.</p>
49	I	<p>Ja helt klart og og det det? Det er vel kanskje det som har gjort at FFI Ice worx nå har veldig god traction på mange av de prosjektene som de kjører fordi at de er litt i det tankesettet her. De jobber litt med å bruke akkurat den her type, ja AI og ML tilpasninger da sånn som når drone gjengen på kjeller, når de lager sverm, dronersverm ganske heftig arbeid de har gjort der. Så vi håper jo å starte et prosjekt der hvor vi faktisk kan flytte kontrollplaner over i 5G. I dag så bruker vi jo en kontroller som er koblet på WIFI mellom kontrolleren og dronen, ikke sant? Men det gir jo 3, 4 kilometer dekning, men hvis vi kan hive det på sjuhundre båndet. Da har du jo 15 kilometer, ikke sant?</p>
50	T	<p>Ja det pluss bytter også liksom mot andre basestasjoner.</p>
51	I	<p>Stemmer stemmer. Det det det det det er et faktisk et prosjekt vi kjører nå med St.Olav i Trondheim. Og så går det drone med medisiner, og det var egentlig covid i utgangspunktet da. Helt til svenskegrensa. Det er ganske heftig.</p>
52	T	<p>Ja har hørt om det firmaet, kjenner som er med og jobber med det, det er aviant er det ikke det? For det styres over 5G?</p>
53	I	<p>Det går over 4/5G. Så nå har vi gjort noen tester da? Det er jo mellom Trondheim og Røros. Så det er klart at. Det sier litt om om om hvor viktig det her blir, men samtidig også hvorvidt det er også regulere det her da. Ikke sant? Fordi at det er jo. Mulighetene er jo enorme her i forhold til hva vi kan, hva vi kan få til. Så det vi gjør nå det vi gjør på de her IDA'ene. Det er jo egentlig å innovere, se på mulighetene. Vi som har jobbet i forsvaret vi ser jo litt sånn, hva kan det her være eliminere, for eksempel av hva vi har idag? Hvordan kan vi forenkle rutiner og prosesser og sånt? Vi hadde en rekkevidde test, som vi kjørte når vi var oppe på Jørstadmoen og i Gausdalen og nedover. Det var med på å se litt på de begrensningene som ligger på rammestruktur, for eksempel i 5G. Det det egentlig la opp til, det var jo at vi kan faktisk, tror jeg veldig. At jeg trenger egentlig ikke TADKOM. Jeg trenger ikke det punktet til punkt</p>

		<p>sambandet. Men hvis jeg setter opp på en riktig måte, så vil jeg gi en form for punkt til punkt dekning. Men jeg har også et manøver samband samtidig. Så det vil fungere for å levere kommunikasjon til kommandoplass og ivareta tjenestene som skal gå i kommandoplass. Men jeg har også et manøver samband på veien til og fra. Og det er jo noe unikt fordi det har jo alltid vært todelt. Du bruker tادكوم for å gå tjenesten i kommandoplass, og så bruker vi MRR på veien til. Og begge deler har på en måte noen begrensninger, i og med at det er ikke. TADKOM er ikke veldig mobilt. MRR er mobilt, men har ikke datakapasitet. Og nå har vi en løsning som har begge deler. Men det er jo. Det gir, hvertfall meg fall meg veldig mange nye tanker, mtp. hva vi kan få til da.</p>
54	T	<p>Apropos nye tanker og hva man kan få til fordi jeg ser du snakker litt om det i starten. Hmm rundt det at man kan se på at han dropper masse sensorer som registrerer forskjellige bevegelser. Ristninger i bakken. Og jeg har sett litt på, oppgaven min handler litt om å. Når da har funnet ut hvordan ting fungerer og beskrevet det, så ønsker jeg å på en måte, hva kan man bruke det til? Og det her er jo veldig inne på det jeg ønsker å beskrive min oppgave egentlig. Og det er en av de tingene jeg har tenkt på, også er jo det som det å registrere om det kommer en stridsvogn. Eller hvor mange lastebiler som kommer? Sånne type ting, jeg vet ikke om dere gjort noen flere tanker. Har du noen du tanker? Du har jo litt forskjellig bakgrunn fra både forsvaret og andre, har du på en måte noe som du tror blir relevant?</p>
55	I	<p>Altså alt med video som du da også kan på en måte legge en form for analyse bak vil helt klart komme. Hvis forsvaret velger å fortsette løpet rundt taktisk 5 g og klarer å forstå hvor viktig det er, så vil det jo etter hvert få. Muligheten til å kunne etablere form for 5 g mesh under fart. Altså tror du har et et konstant oppe nettverk. En kan fort se for seg at du har 5 bitte små 5G noder. Det her kommer litt til de senere iterasjonene. Du kan si; Hvorfor har vi den kassa vi har i dag? Jo, fordi at vi har dimensjonert hvor mange brukere vi skal ha på den. Men hvis jeg sier at en en stridsvogn for eksempel skal være en form for 5 g node, hvor mange brukere trenger være koblet på den? Bør det være 200? tvilsomt, 100 tvilsomt en plass mellom 5 til 100. Ja, kanskje med sensor og sånt. Da når du begynner dimensjonere og så får du mindre og mindre og mindre og mindre behov i forhold til compute, og da får vi ned størrelsen på det. Samme med manpac, ikke sant? At en soldat, en tropp, et lag kan også ha et internt 5G nett og så skjer det veldig mye i forhold til 3GPP release 18 i forhold til det vi å få en UE, mobiltelefon, til</p>

		<p>å fungere som en form for repeater. Sånn at du kan videre videresende fra en mobil til en annen til en annen og bak i kjeden så det det skjer mye på nå. Men så er det jo klart at. Sensor det må inn, det er veldig viktig i ulike kontekst. Det med for eksempel å ha en slags passiv. Passive sensorer som bare er ute i ut II felt. Kanskje for å passe på sannsynlige områder hvor det vil komme med fi. Selvfølgelig er det mye vi kan gjøre med satellitt, men det koster jo skjorta baklengs, men vi kan på en måte bruke det for å registrere endringer i naturen. Det kan være hva som skjer. Kommer det 50 stridsvogner over der så vil de gi et vesentlig CO 2 utslag, ikke sant? Det er en ting. Vi har jo snakket om det med preventivt vedlikehold. Det å monitorere maskiner og utstyr. Så det blir viktig. En ting som jeg tror kan være aktuelt framover. Det er det her med, signaletterretning. Og det vi legger i signaletterretning? Det går litt på det at de som bor på andre siden da. Russerne er jo fryktelig glad i de GPS jammene sine. Så har vi selvfølgelig en del yrkesgrupper i Norge som omtrent det akkurat det samme da, så de kjører jo rundt med egne GPS jammere selv, og det er jo interessant. Men så med signal etterretning, så tror jeg at det det kan være veldig aktuelt for forsvaret å ha der hvor de har installasjoner. Sambands installasjoner, knutepunkt, taktiske noder og sånn at de kanskje har en infrastruktur der også for å undersøke, hva skjer med spektrumet rundt meg. Hvilke frekvenser er det som er i bruk i området her og kan jeg. Når jeg finner ut hvilke frekvenser det som er i området, så kan jeg kanskje kjøre en analyse på det, og så si noe om å ja, fordi den her Spektrum signaturen her er veldig likt den og den type sambandsmidler. At du nesten kan danne deg et kart over hva er det som beveger seg i området mitt nå. Så det, det tror jeg kan være kan være av interesse. Og så tror jeg, vi vil se. At helt ned til ola nordmann, altså gutta på på bakken. De vil bli mer påkoblet etter hvert. Så den der serien som gikk for mange år siden med 24, hvor du har masse ting og, kan vi få det? Blåprikk fremover vil være mye mer enn det det er i dag. I dag så er det en blå prikk på en NORBMS skjerm. Også kan det gå inn på den, men den viktigste sensoren i fremtiden tror jeg er soldaten. Fordi du kan utfstyre en soldat. Han har en sekk. Han har en hjelm han har. Den soldaten i seg selv kan være en sensor. Det handler bare om hvor du legger prosesseringa. Så når når når den var på Rygge og testet det her med å triangulære inn og nå husker ikke hva det heter.</p>
56	T	Skudd.
57	I	Skudd deteksjon, ikke sant? Og den skudd deteksjonen var jo sånn at de kunne si hvor skuddet kom fra, men også hva slags våpen som som ble

		brukt. En kan jo se for seg innad i en 5G boble, at hver soldat eller en stridsvogn eller et kjøretøy, eller hva som helst at du utstyret personell og utstyr med sensorer for å være proaktiv i forhold til å gjøre den type analyser da. Ikke sant? Og så kan du si hvorfor det? Nei, hva med sniper. Snipere er ute i felt og hvis du har skudddeteksjon på en sensor og så en soldat hvor data blir først lokalprosessert også overført til et knutepunkt så klarer du faktisk å si. Vi har potensielt en sniper i sone 14B. Kan vi kjøre en analyse på det her klarer vi å bruke den type sensor da, aktivt. Det er veldig farfetched da, men teknologien ligger der.
58	T	Vi snakket om det en passiv enheter også for er det tanken da bruker på en måte. Snakket med en om at i release 19 så skulle det komme inn passive IOT enheter. Eller er det mer at du tenker at det er? Enheter som har en eller annen sensor, som trekker veldig lite strøm, også kobler den seg kun på 5 g når den faktisk har noe som sender.
59	I	Stemme stemme. Ja, det er litt sånn som vi bruker en del narrowband IOT på 4G nettet i dag, ikke sant. Hvor ulike kommuner har jo sensorer som måler vannstand, måle rtemperatur, fuktighet og så videre for å monitorere spesielt spesielt. Det er sånn kraftkommuner da, hvor det er liksom greit å vite hvor mye vann det er i bekken og så de tar jo bruk en del sånn sånn type sensor da. Jeg jobber jo også veldig mye med med Forsvarets sanitet og hvordan saniteten kan bruke 5G framover. Og det er jo på en måte også en annen dimensjon her. Det at saniteten kan vel ikke sies å være i front når det gjelder å ta i bruk ny teknologi. De har lite ressurser, lite leger. De er avhengig, de er 100% avhengig av statlige helsetjeneste, altså de regionale helseforetakene. Og vi jobber jo nå med prosjekter for å se hvordan kan de kan jobbe bedre sammen? Hvordan kan de utveksle informasjon bedre? Når en soldat blir skadet på øvelse, så er det en papirmølle i forsvaret i dag for å få vedkommende overført. Ingenting er sømløst, og da jobber vi spesielt med telemedisin. Det er en sak, vi viste ikke det på Jørstadmoen nå, men vi skal vise det på Bardufoss nå denne uka her. Da skal vi vise hvordan vi kan bruke for eksempel head cam i ulike kontekster og en av de kontekstene som Sykehuset Innlandet gjør. Det er at de bruker det her aktivt for ambulanspersonell. Hvor de da kan ringe tilbake igjen til spesialister, når de er ute på oppdrag. Å... få overføre streaming data, Og å få hjelp av spesialistene. Det er en ting, og så er de selvfølgelig også avhengig av å kunne ha telemedisin, så vi har jo brukt veldig mye tid på å få opp en sånn EKG elektrokardiogram som er bitteliten. Du får han på armen. Og så bruker den mobilnettet, og så gir han en strøm tilbake

		<p>igjen. Du kan også kjøre AI og ML på nett. Og så kan du monitorere pasienter. Det er klart sånne ting, forenkler jo ekstremt mye for for helsevesenet, altså det sivile helsevesenet. Men det vil også være mye til hjelp til forsvaret og til en langt, langt lavere pris enn det de i dag har av egne system.</p>
60	T	<p>Ja det å generelt kunne monitorere helsedata på en person, også er det koblet på et 5G nett. Kan jo være aktuell typisk sånn jeg tenker sånn spesialstyrker og sånne type ting også hvor du ser på. Sånn skal vi se på serier da hvor du har en pulsmåler på alle sammen og så plutselig blir jeg borte og så. Da har du en god status på hva som skjer med helsen deres og situasjonen.</p>
61	I	<p>Det og det, det er jo det. Det er jo det har jo vi det har vi gjort. Det er jo litt av det prosjektet vi har gjort sammen med HEMMIT St Olva. Du får den strømmen, det ser ikke like fancy ut som på på tv da, men det det er det samme. Og der har du også den her videokomponenten. Den videokomponenten er jo er jo noe av det vi skal vise nå når vi skal til Bardufoss denne uka her. Det tror jeg kan bli veldig kult fordi på tirsdag, så skal vi teste det her. Vi skal ha en fyr med på snøscooter der. Og så se hva vi klarer å overføre under forflytning med snøscooter på taktisk 5 g der ute. Og se om vi klarer å få de dataene i sanntid, også under forflytning. Det er sånn spesialkamera, sånn at det er talestyrt. Så det er tanken at vi skal følge han opp på ett plattå. Så ser vi han egentlig fra evla også får vi videofeeden nedover, og så kan han bare gi en kommando, zoom, og så vil han zoome inn på oss som er på andre siden, da ser vi at det her er i sanntid, at du får på en måte de de videokildene da. Vi har også kamera, standard kamera, som vi skal bruke som CCTV funksjon. Hvor vi egentlig får satt alt sammen. Og det er jo klart at det gir det. Det gir jo mye mer direkte og tilbake igjen til troppsko eller hva det skal være. Da har du faktisk mer innsikt i hva som skjer ute da.</p>
62	T	<p>Med et type sånn cctv kameraer. Hva har dere tenkt på med strøm og sånne ting? Da har du tenkt at du må koble opp strøm, eller er det at man har store nok powerbanks slik at de har strøm i en viss periode?</p>
63	I	<p>Hva tenker du nå på å CCTV generelt? Eller tenker du bare sånn?</p>

64	T	Sånn ja, sånn kameraovervåkning eller kamera på headcam og sånne ting da. Det er jo se på kamera på headcam er jo sikkert da må du ha en batteri og så må du fungere så mange timer.
65	I	<p>Ja. Det er du kan si at. FFI hadde ja, du så sikkert ikke det. Nei, vi hadde et arbeidsrom på Jørstadmoen, så FFI testet ut en sånn her profesjonell powerbank hvor du kan ha 20 kraftige powerbanks også lader du alt på en gang. Fremtidens soldat vil være mer eller mindre fullstendig batteridreven, men moderne batterier og så du slipper de her slepbare MRR batteriene, helt klart. Og, det vil jo kreve sitt og det vil jo kreve en infrastruktur rundt det helt klart, men vi har jo på en måte en del gode rutiner i forsvaret på det i dag. CCTV kamera for eksempel. Det er jo. Nå begynner jo kameraene i de her og bli så bra nå at de holder. Altså det vi skal gjøre nå er at vi skal ta en sånn her også ta en valcro og bare smekke den i bakvogna. Også bruker jeg bare funksjonaliteten som er på den. Kan si at det er et jævlig dyrt kamera, men det på en måte funker da. Vi har andre måter og kameraer også. Men det jeg tror kommer til å bli mer eller mindre standard framover er jo for eksempel at på alt av kjøretøy. Så vil du kanskje ha en sånn her kamera montert i front som du kan egentlig bare hente inn feeden ifra direkte over 5G. Ja og de kameraene der, de de vil også være kunne være fjernstyrt sånn at du kan ha folk som kan bare koble seg på, de kan styre, du kan vri de 360 grader, Ikke sant? Du får enda mer situasjonsforståelse da når du har det som en en aktiv komponent i et nettverk. Så det tror jeg helt klart vil komme. Og så i forhold til 5G og det å bruke 5G. All radio vi bruker ønsker jo på en måte å holde det elektromagnetiske komponenten nede. Nå har ikke vi kjøpt inn det. men du får noen antenner i dag, som kan være sånne kjøretøy monterte antenner som egentlig er multi mimo antenne. En sånn antenne koster 196.000. Så det er på måte ikke noe sånn du kjøper i en håndvending. Men du kan si at i dag så er jo de antennene vi setter på taket. Det er runde firkantet sant, men de er rundstrålende, ikke sant? Mens de antennene som kommer nå da, du får litt høyere kuppel, men det er 5 flater på de. Så den flaten som mottar et aktivt signal, det er den du bruker. Da er det her mimo antenner innebygd og da sender du kun ut mot den masta. Det fungerer og endrer seg under fart, så den fungerer akkurat som mobilannene som vi monterer i mastene nå, så har de aktive mimo element. Og det er klart, at det i seg selv vil senke den elektromagnetiske signaturen da enormt. Ikke det at jeg tror det er fryktelig viktig, men det er en komponent som vi fant ut nå på øvelsen på Jørstadmoen, for eksempel. Det å bruke FVA antenne, Fixed wireless access antenne i kommandoplass er veldig lurt. For de er jo redd for å stå sånne juletrær</p>

		i det elektromagnetiske spektrumet. Så bruker vi direktive antenner i kommandoplass. Så er det veldig hensiktsmessig på på alle mulige måter. Du får mer throughput, høyere kapasitet, lavere signatur. Og hvis du kan kombinere det med at det er mer eller mindre, er automatisk da at det søker selv opp og stille seg inn selv, så har du fjernet den menneskelige komponenten i forhold til feil. Det er også en viktig del her. Så jo mer vi kan automatisere, jo bedre fordi at da hindrer du på en måte, menneskelige feil eller svikt oppå hvordan vi gjør ting.
66	T	Men hvordan er det på 4G og bruk av sånne direktive antenner. Det er jo litt tungvint å bruke direktive antenner istedet for rundstråle antenner. Sånn praktisk så krever det at du krever bedre kontroll, kart ol for å finne basestasjoner.
67	I	Ja. Ja, det er akkurat det og. Jeg vet ikke om jeg har husket det. Tror jeg har. Ikke. Yes der har vi han. Legger han bare i chatten her. Det her er jo et eksempel på en sånn antenne Så der ser du de antennene elementene. På den her. Den har jo da 12. 12 retningsstyrte antenner. Ja har gått opp i pris nå er den bare 206.000 kroner. Men men det du ser det er der en går ikke sant. Det er jo på en måte en del industrier hvor du ønsker å få maksimalt ut av mobildekningen, og det er klart det at med rundstråle så taper du jo en god del, ikke minst rekkevidde. Og rekkevidde er likom, key her da så. Men ja så det der er jo, vi har jo godt samarbeid med Nkom og Selaway, så så det her er litt noen av de tingene som jeg tror kanskje vi vil ønske å få til et prosjekt med de og se. Hvor mye større rekkevidde vil jeg oppnå, for eksempel med den her type utstyr? Det er litt interessant. Utover det altså vi har jo snakket nå om de taktiske nodene vi har snakket litt om. Ad-hoc dekkning. Ad-hoc handler jo om det at du egentlig bare etablerer backhaul over en satellitt. Og så gir du tilgang til et kommersielt mobilnett. Og så er det en annen dimensjon som vi som vi har på tegnebrettet. Det er kun konseptuelt, vi har kjøpt inn utstyr. Og har utstyr, og vi skal begynne å teste neste veke når vi er tilbake igjen i fra ida 3. Og det er konseptet rundt å bruke repeater. Så en taktisk 5G repeater. Du kjenner jo til konseptet med repeter. Det er jo mye brukt på tunneller og sånt. Og her handler jo egentlig om å kunne bruke det aktivt for å si det at. Hvis du tenker tilbake igjen til? Når du var i bataljonen da? Så, SBBN har jo ingen påvirkning for å si hvor sanitetsbataljonen eller de andre kommando plassene skal plassere seg. De er veldig flinke til å plassere seg selv der de føler det er hensiktsmessig, ikke sant? Om det er en gymsal for main, eller om det er nede i en dal inn i en bjørkeskog for noen andre. Det varierer veldig mye, men jeg sitter og leker med tanken

		<p>på at enhver kommandoplass har også en sambandstropp eller et sambands lag med seg. I dag så er det jo knutepunkt. Du kan godt se for deg at det vil også være behovet i framtiden, selv om jeg tror vi vil flytte mer opp i den taktiske noden. Og at mye av TYR ligger i den taktiske noden for å få full effekt på på kapasiteten. Men jeg ser jo også for meg at du kan si det at. Når sanitetsbataljonen eller en annen kommandoplass skal ut og de plasserer seg nede i, bak et fjell. Vi skal si at når vi bruker de båndene vi har i dag 2,3, 3,3, så er det veldig liten diffraksjon på det båndet. Det smyger seg ikke over den fjellknausen, det er mørkt nedi der, så tanken er å ha et lett oppsatt repeater på snøskuter og så har du utstyr som da er til en brøkdel av kostnaden av for eksempel en sånn ad-hoc løsning med satellitt og alt sånn. Den har en pickup antenne, og han har en retningsstyrt antenne. Og det er det. Utfordringene vi ser da med det. Det er det at de båndene som forsvaret har fått. De er TDD. De er tidsstyrt. Tidsdelt multipleksing. Det vil si at du har veldig definerte tidsluker for når du kan sende og når du kan motta, ikke sant? Så skal du klare å sette opp en TDD repeater, så må du være sikker på at du har så liten prosesseringstid i den repeateren at du faktisk kan gjøre det på TDD. Så hadde det vært FDD, så har vi jo løsninger idag, som fungerer på det. Fordi at det går kun på frekvensspekteret du benytter. Men på TDD så er det en utfordring vi ser så det. Nå skal vi teste litt, men jeg tror at det er en sånn, another tool, som gjør at vi kan levere en tjeneste litt bredt, og så kan det være en del av verktøykassen til sambandslaget til en kommandoplass eller et eller annet. Men da kan du, da trenger du egentlig bare å ta tak i signalet, og så lenge du sender en plass hvor du ikke forringer mot noe annet så får du det du har da. Det veier ingenting, lav kost, men vil gi en effekt da. Det er jo et av de tøffeste oppsettene vi hadde på Jørstadmoen, det var jo lett kommandoplass oppsettet hvor du egt. bare hadde et 5G modem, også hadde du et MRR-betjeningspanel i bakgrunnen på den også hadde du NORBMS pcen. Ja, ikke sant, det er nesten ikke utstyr og krever veldig lite strøm, og det gir deg fortsatt hundre gangen kapasitet i forhold til det du har på TADKOM i dag. Og det vil være usedvanlig lett å sette opp.</p>
68	T	<p>Det ville være så mye lettere enn å tenke at det er en egen. Hva var forskjellen? Vet du IAB, sånn backhaul via 5G. Forskjellen mellom repeater når vi er inne på det og å sette ut en egen basestasjon og ha backhaul via 5G fra en annen basestasjon er at det vil være enda billigere og en enda lettere løsning?</p>

69	I	<p>Ja. Du kan si at. 5G New radio IAB, internal acces and backhaul er definert av 3GPP. Men det vi hører fra alle leverandører, alle våre leverandører er, at teoretisk er prinsippet prinsippet bra. Men det er fryktelig vanskelig å få det til å funke i virkeligheten. Og det er en rett og slett på det at det handler om å bruke teknologien på en måte. Det du egentlig gjør, er at du du bruker på en måte kontrollplanet i 5G på å etablere en intern backhaul. Du spiser av kapasiteten du har i det frekvensspekteret for å gi den annen instans? Jeg tror fortsatt vi vi er noen år unna, før det kan realiseres på en fornuftig måte. Fordi at sånn som det sånn som jeg tenkt, så skal du egentlig kunne bare koble deg opp mot en hvilken som helst mast, og så skal de bruke en dedikert kanal der for å gi deg den her IAB-bæreren, ikke sant? Men, men vinningen går litt opp i spinninga. Det er ikke så stor forskjell på det, kontra det faktum at du kan bruke en repeater løsning i dag. Fordi at en repeat løsninger dag. Hvis vi reiser på en annen fabrikk der ingen kunne tru at nokon kunne bu, så har de kanskje en pickup antenne på taket, og så har de kanskje et innendørs anlegg som de har satt opp. Alle enhetene som er koblet på der de tar jo egentlig kapasitet i fra donor siten, altså den du henter signalet ifra. Så jo flere enheter du kobler på der, jo mindre kapasitet får du i nettet rundt? Det samme kan du si at IAB også vil være om en da ikke sier at jo vi etablerer en egen carrier for IAB. Med egen backhaul. Sånn at du sier at her har jeg båndbreddene jeg skal bruke til basestasjonen, og så her har jeg en båndbredden jeg potensielt skal bruke for IAB kobling. Da kan du klare å gjøre på en effektiv måte å uten at du forringer. For oss, en operatør, er det veldig viktig å kunne levere på SLA'er og KPI'er og sånt. Og hvis du ser det at du har en konsumer her ute som bare kobler på nye ting, nye ting, nye ting og de bruker kapasitet. Hvis det da forringer at du ikke får brukt den øvrige kapasiteten kommersielt, så er ikke det bra. Det er absolutt noe som kommer, og den skissen jeg viste deg. Den hadde vi i utgangspunktet IAB som en potensiell bærer og, og det vil være det i fremtiden, men. Per nå, så er ikke det en teknologi som er på en måte. Teknologien er ikke tilgjengelig. Vi har kun det som 3GPP har definert i release 17 da i dag. Det er jo litt der der vi er nå da. Men det er.</p>
70	T	<p>Inntil IAB kommer og blir på en måte forberedt og forbedret i praksis bruk så vil det i praksis være lettere og bedre å bruke repeater, men at IAB kan bli et bedre alternativ på sikt.</p>
71	I	<p>Ja ja, jeg tror det ja fordi at det det det vil kreve en det vil kreve en mer styrt utbygging av IAB enn det en kanskje har sett for seg i utgangspunktet. Så men det er jo litt av den. Vi har jo våre Spektrum i</p>

		<p>dag, og noen av de er jo allokert til 4G og så skal vi jo nå, nå er jo 3G slukket, så vi har brukt en del av det spektrumet til 4G og 5G. Nå skal 2G slukkes, jeg lurer på om det er utgang av det året her, det huker jeg ikke helt. Men 2G skal hvertfall ned, og da får vi brukt en del av de lavere båndene til 5G som er gunstige i forhold til arealdekning. Så det er jo også en viktig komponent oppi det her både med tanke på forsvaret, men også i forhold til i forhold til nødnett da. De har jo egentlig mye av det samme behovet og der kan det jo hende at det kan være kurant for dere og kanskje ta kontakt med DSB hvis ikke du allerede har gjort det. Og få noe innsikt fra de på hvordan eller hvordan de ser for seg at 5G kan brukes, ikke sant? Vi har en drøss av use-caser der, som vi på en måte ikke har tatt med inn i taktisk 5G. En av de viktigste use-casene er om vi ser på brannen i Lærdal, jordraset på Jølster. Hva skjedde der? Jo, alt av sivilt infrastruktur gikk ned. Vi hadde ingenting, ikke sant? Når brant jo både Telenor og Telia ned i Jølster. De hadde ingenting. De hadde en iridium telefon ingen kunne pin koden på. Og og så gikk det 3 dager før entreprenørene våre og tjenestene på en måte fått opp noe samband her. Men de var egentlig helt lost. Nødnett funkete og det var jo bra på en måte for for nødnettdelen og totalforsvaretvaret, men alt annet var jo nede, så de sivile fikk ikke kontakt med utenverdenen. Du kunne ikke ha noe kommunikasjon mellom kommunen og øvrige i statsapparatet. Og da er det klart, at da må du ha noe som kan settes opp veldig kjapt. Så nødnett vil sannsynligvis ha behov for de samme fysiske nodene som forsvaret for å kunne kjapt deployere. Også ser vi det som er mest, kanskje veldig aktuelt. Det er jo for eksempel når det går et snøskred en plass hvor du ikke har mobildekning. For å sikre ressursene dine så kanskje du ønsker å sette opp et mobilnett adhoc, sende inn noe droner som kanskje har lider for å sjekke skredsonene, sånn at det er trygt å sende inn røde kors. ikke sant? Du kan bruke infrarødt for å se om du finner mennesker i snølaget. Forsvaret kan bruke infrarødt droner for å se om du har bevegelse av fi styrke i området, ikke sant? Og så da har du nok en sensor, ikke sant? Og da blir en viktig del av taktisk 5g. Det blir jo å, og vi var litt inne på det før, hvordan kan jeg øke rekkevidden på drone og de tjenestene? Hvilke sensorer kan jeg hekte på en drone for å gjøre den så multifunksjonell som mulig? Der gjør jo hvertfall FFI veldig mye der. Da så det. Det er jo og en god plass å gå til når det gjelder å få innspill på på på deres tankesett. Jeg kan holde på i dagesvis, det er mange ting å snakke om.</p>
72	T	<p>Det er vel det er mye. Det har så mye. Tanker selv og på en måte, ja, det er så mye man kan gjøre. Det er bare det å finne ut hva som er kost</p>

		nytte da. Hva som gir noe tilbake, hva som faktisk er lett å ta i bruk, for jeg føler sånn man snakker om så mye, men det er det at man må på en måte ha det. Man må ha det overalt, og man vet ikke hvor du skal bruke det på at man klarer å få ned prisen og brukervennligheten på en måte som gjør at det er lett å bruke og skjønne.
73	I	Ja altså, og det var jo litt av de tingene som vi registrerte på Jørstadmon, på øvelse finale. Det var jo spesielt det her med. Det er så forskjell og hvor modne det er leverandørene er når det gjelder 5G standalone. Vi har jo et stort Teknisk verksted og lager på Fåberg, ikke sant? Og der har vi 4 karer som utelukkende jobber med å teste håndsett. Vi har eget EMP bur hvor vi tester alt av funksjonalitet på enhetene. Og det var derfor vi hadde med de one plus, one plus telefonene fordi at de er usedvanlig stabile. De har allerede blitt brukt i 5 G standalonenet i Asia i mange år. Så hadde FFI med seg et 20 talls S20 telefoner. De var ikke på nærheten så stabil, så de datt plutselig av nett. Og det er klart at da blir jo inntrykket til studentene at det her er ustabil. Mens vi går rundt og tester kontinuerlig i 2 uker og var alltid på. Og det, det er litt det er og noe som ligger i det prosjektet her, og som vi har fokus på med drift, vedlikehold og utvikling. Det er at vi ser for oss at vi må ha en, vi må etablere en testmøte plass. Mellom forsvaret og oss hvor vi validerer utstyr. Ikke validerer utstyr, men at vi validerer kravspekken som forsvaret setter til nytt utstyr som skal brukes i nettet. Fordi at det er kritisk at at de på en måte gjør de rette valgene og beslutningene når det her er. Og det, det er jo på en måte litt av det vi gjør i dag, når vi for eksempel skal ta inn noe nytt. Vi tar inn noe nytt kundeutstyr, for eksempel, så skal jo det testes ihjel før det skal sendes ut. Så har vi en, vi hadde jo den suksielle retningsbestemte antennen som vi bruker i privatmarkedet i dag. Den er jo testet i hjel på Jørstadmoen. Nei på Fåberg, før det ble sagt at den her tilfredsstiller de kravene vi har til en sånn type boks da. Så det og er ekstremt stor del av den verdikjeden som som ligger rundt taktisk 5G.
74	T	Jeg hørte jo litt samme at de sa det at det var noen som hadde opplevd det litt ustabil og TMB på en måte hadde vært opplevd mer stabilt, uten at jeg skjønnte helt hvorfor det hadde vært sånn, men det gir jo veldig mening å si at det egentlig ikke er 5G sin skyld, men at det mer sannsynligvis er på brukerutstyret.
75	I	Det er todelt. Jeg tror hovedgrunnen til det vi opplevde og det som var litt sånn frustrerende for meg da som kommer med et kommer frem

		taktisk 5 g så gir deg. Hmmm. Ja, det går ikke an å sammenligne, ikke sant? TMB out of the box gir han deg 15 megabit uplink/dowlink
76	T	Ja, det er jo mye mindre kapasitet, liksom. Det er jo ikke i nærheten.
77	I	Ja, ikke sant? Men største problemet. Til forsvaret og største painen som jeg registrerte på øvelse i finale. Det er hermod. For problemet lå ikke nødvendigvis i taktisk 5G. Det lå i hermod. Hermod valgte automatisk å bruke TMB istedetfor taktisk 5G. Og jeg ble litt sånn småfrustrert på kvelden der når jeg ser ja, men. Da er det jo noe feil her, Hvis den såkalte automatiske systemet som hermod skal være da, presterer å velge en bærer med langt høyere forsinkelse, langt mindre kapasitet enn det du har på port 2. Og erfaringene som Robert tar med seg i. Fra de oppe på Heggelia, han sier at når vi er på øvelse så plugges vi han ut. Sånn det er jo uheldig da, at du må plugge ut TMB fordi de skal bruke 4G eller 5G og de har satt opp med VPN tilbake igjen til FIP. Det, det er en sånn kombinasjon rundt akkurat det her da. Nå er det jo ute en, nå har jo Forsvaret, FMA ute en RFI på taktisk ruting nå. Og det er som jeg forstår, nettopp for å adressere en del av det de ikke får til med hermod. Og det er jo sikkert innafor det, gitt at den er jo basert på en del eldre protokoller, som har blitt erstattet av ny teknologi i senere tid. Sånn at, og han har et GUI som er veldig spesialbygd for den. Men skal du bruke ny teknologi, så ønsker du kanskje å gå der hvor du har Singel pen og glass. Du har netconf/yang. Du har muligheten til å konfigurere veldig mange enheter på veldig kort tid med et gitt sett med policyer og så videre. Men vi får jo se hva som kommer ut av det her da? Jeg tror jo det blir en avtaker der relativt kjapt da, for de må se på fordi. Det var ikke. Jeg, trodde det var ihvertfall litt mer fleksibel enn det det var, men det virket som det ligger en del hardkodet i bunnen her da som de ikke, som forsvaret selv ikke har mulighet til å påvirke på valg av bærerne, så. Det var jo mye annet, men det er jo sånn som vi tar med Espen og CISK. Når vi tar en gjennomgang da på hvordan vi skal gjøre det neste gang og hvilket fokus vi bør sette på utdanningen. Da må jeg inn i et annet møte jeg. Dessverre.
78	T	Ja ja absolutt Tusen takk for hjelpen og intervjuet.
79	I	Bare hyggelig at skulle være noe, så bare send meg en epost eller ring så.

80	T	Ja, jeg sier det.
81	I	Selv om jeg se om jeg får svart tekst. Denne går.
82	T	Takk ha det.
83	I	Nei.

Appendix **N**

Interview: Equipment provider interviewee 1

This appendix contains the transcript from one of the persons working for an Equipment provider. Initially trained as an engineer, but transitioned more into Telecom and IT with great success. He has led numerous significant projects such as the development and launch of the world's first 4G network and Norway's initial iPhone release. He possesses a unique combination of technical and commercial understanding, along with years of experience in product development and technical leadership.

This appendix is written in Norwegian. The letter "I" indicates that the interviewee is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	T	<p>Ja da tror jeg den funker. Det oppgaven min handler om er jo egentlig 5G og hvilke muligheter som ligger i 5G. Og hvordan forsvaret kan bruke det på en. Lurest mulig må te. Og for å avgrense littegrann, så la oss si en sikker må te å skape et bedre situasjonbilde over hva som skjer rundt deg, vha. på 5 g og gjerne da knyttet inn sensorer eller deling av data typ, device-device eller edge computing. De tingene som er der. Og så snakket jeg litt med ICE istad blant annet. Det var med Anders og Espen. Espen hmmm. Som jobber mye med radio. Så har vært litt sånn på frekvenser og mulighetene der, og. Mye av det. Som fins. Så snakket jeg litt med Anders, og da var vi litt inne på det med blant annet edge computing. Og snakke om mulighetene, men vi kan komme tilbake til senere. Jeg lurte på om du har lyst til å starte litt sånn. Har du/dere noen tanker om hvordan 5 g kan benyttes typ i forsvarsrelaterte stan?</p>
2	I	<p>Nå har jo ikke vi et fokus som er direkte relatert/fokusert mot forsvaret s ledes. Men vi jobber jo mye med forsvaret her i Norge. Har du pratet med Kenneth nomeland?</p>
3	T	<p>Han er på lista.</p>
4	I	<p>Ja han må du prate med. I oppgaven din så er han kar nummer en du skal prate. Med, det er Kennet, enkelt og greit. Han er vel en av de som har, han er vel den ene eller den beste Når det gjelder hands on experience på Forsvarets bruk av 5 g. Det er også han har ansvaret for å teste og utvikle det som de forsvaret har som ambisjoner og tanker. Ja ja og det kjenner vi veldig godt til fordi stort sett alt utstyret han bruker i dag det kommer fra meg. Ja ja, så vi har et tett. Samarbeid med kennet of forsvaret. Så jeg kjenner. Jo godt til det forsvaret driver med. Kjenner godt til det som nrk og tv 2 har drevet med, som er så det er sammenlignbart, bare det er at de skal bruke det til broadcastings for noe. Men løsningene er det samme. Vi har også , hvis du skal kalle dette for det forsvaret jobbet er jo det som ofte definerer som private network. Ja det er. Betegnelsen som ofte blir brukt. og vi har jo jobbet med private network i mange år allerede. Ja, fordi at OK Norge er ikke så veldig tidlig ute på 5G, men det finnes mange andre land i verden som har kommet mye lenger enn Norge. Og de operatørene jobber vi med, for det er jo Asia som var tidligst ute i 5G verden. Og nå kommer Midtøsten også , og begynner å komme langt fremover, så vi er vel helt</p>

		klart den leverandøren som har mest erfaring med bruk av private 5G nett. Vi har så langt lansert i overkant av 2500 reelle prosjekter, globalt. Det er ikke så mange som har den erfaringen enda. De brukes til masse forskjellig. Ja, masse forskjellige typer industrier og mange forskjellige use- caser. Men det er mange av. De som man enkelt kan se for seg å kopiere over til forsvaret. Liksom har samme interesse for forsvaret. Og det kan være alt fra autonomi, altså selvkjøring. Det er jo en åpenbar sak for forsvaret, og Når jeg sier selvkjøring kan det være alt fra kjøretøy til droner, til fly til og så videre. Ikke sant? Skal du være selvkjøring eller fjernstyring?
5	T	Ja, og det er jo på en måte. Connection til noe annet og utnytter 5G nettet for å få konnektivitet da tilbake?
6	I	Da er du over på konnektivitet? Ja, men du har også på edge computing? For du vil ikke ha muligheten til å få en lav nok latency. hvis ikke du har edge computing. Så de 2 spiller da sammen, at du må ha. Du må jo ikke ha et privat nett. Du kan jo bruke makro nettet til operatørene også . Men for å utfordre at da kan du få noen forsinkelses utfordringer på konnektiviteten.
7	T	Som forutsetter egentlig at du har edge computing med UPF og sånne ting da langt ute, ja, også få det i din slice?
8	I	Yes, ikke sant? Da må du få det helt ut, for eksempel realisert i din egen slice, sånn at du har litt mer kontroll over det, men det er ikke en forutsetning, men det er nok ønskelig, så liksom man må skille mellom det som er det kommersielle makronettet til operatørene. Med edge computing, gjerne en slice i det. Det er en måte å se det på . En annen måte, å se det for seg er at du rett og slett har et privat nettverk. Du bygger selv med din egen? MSE, altså en mobile edge computing egentlig som er en light versjon av kcore som ligger ute. Det vil bringe deg en del av det. Også vil du ha ytterligere edge computing på applikasjonsnivå , kanskje enda lenger ut. Ja enda nærmere brukeren. Ja det er jo flere steg, ikke sant? Så det er egentlig 3, så vi snakker om 3 måter da 1. operatørene med coren sin helt sentralt, med slice. Eller du har en private network det går det an å gjøre. Også har du edge computing i tillegg for å få applikasjonen du ønsker å jobbe med helt ut mot brukeren. Og så det kommer jo helt an på hvilket use-case du har til hvordan du skal realisere det. Hvilke krav har du til infrastrukturen du

		<p>skal bygge, ikke sant? Hvilke krav skal du ha, og avhengig av de kravene du setter opp, så tar du den løsningen som er mest hensiktsmessig? Så jo mere du går helt ut, jo dyrere og mer komplekst er det å sette opp, ikke sant? Det enkleste er jo bare å bruke Telenor sitt nett. Da er det bare å kjøre, men det vil jo i mange tilfeller ikke fungere godt nok hvis du har litt spesielle krav. For forsvaret har en del krav, noe av det som går, mye av det går på sikkerhet. Det er en ting. Forsvaret vil jo løse det med ende til ende kryptering? Ja. Og det som er spesielt med forsvaret, er at de ofte har sine egne sluttbrukerutstyr også . Veldig mange, ikke sant? Har du? Og det er det jo mange i private nettverk sammenhengen som har. Hvis du driver en Hærøya industripark da, ikke sant der er det masse forskjellige næringer. Der skal man jo deplotye et privat 5G nett. Det er allerede på trappene Når du jobber med. Det og diskuterer det. Da er det litt avhengig av hva er det du skal gjøre for noe? Jeg har en produksjonsfasilitet. Jeg lager produkt x. I dag så har du produksjonslinjen din og alt utstyret ditt? Og så er det kablet på ett eller annet vis. Og så har du kanskje noen sensorer og du har noe overvåkningskameraer, du har noe aksesskontroll og så videre og så videre, som er forskjellige løsninger alt sammen. Det blir vanskelig å sy det sammen til en. Så hvis de setter da alt på 5G, som jo flere og flere gjør, alle våre egne produksjonsfasiliteter. Alt det utstyret du ser her som vi produserer, er helautomatisert. Den eneste bæreren er 5G.</p>
9	T	Ikke sant? Ja.
10	I	Med privat 5G nett på fabrikken? Ja. Og så syr du alt sammen? Alt fra overvåkningskameraer til aksesskontroll til robot styring, til konnektiviteten for selve produksjonsapparatet som gjør at du blir mye mer fleksibel. Og det er jo det forsvaret er ute etter også , de ønsker jo mobiliteten og fleksibiliteten i å være trådløse. Vi kan ikke fly rundt med kabler ikke sant? Det går ikke? Når det skjer en hendelse, så må forsvaret. Kunne være på sånn.
11	T	Ja, det er veldig mye planlegging som ligger bak Når man skal dra sett, og man må ha en kobling bakover og det. Vi gjør det jo i dag, men det er jo veldig store begrensninger og lang nedetid. Ja, det er noe med det.
12	I	Derfor har vi sammen med forsvaret laget denne. Noe de kaller for Cell on wheel

13	T	Ja, det er et tilhengeren ligger på . Ja ja der.
14	I	Den er det vi som har laget sammen med forsvaret. For å kunne realisere noe av det vi snakker om her. Tv 2 gjør akkurat det samme. Nrk har et prosjekt med akkurat det samme hvor de kjører broadcast på sportseventer via en sånn samme type vogn. Ja, det er akkurat same casen, men forskjellen er at de bruker det til noe annet.
15	I	Men det er derfor jeg sier at det det er vel sånn at alle de erfaringene vi har fra alle mulige industrier. Vi har ikke noe spesifikke løsninger for forsvaret? Nei, den støtter ikke for noen spesifikke industrier i det hele tatt egt. Egentlig det er bra at du bruker de forskjellige løsningene som er der for å realisere det behovet og den use-casen du har.
16	T	Ja jeg ser på som en ting er jo det byttet mellom private og kommersielle nettverk. Ja, du har på en måte simkort som er koblet til den cell on wheels, men så mister den dekningen fra den og havner i en kommersiell boble istedet for. For da må du synkronisere 2 forskjellige steder, du må bytte AMF og UDM. Så snakket jeg med ICE og hvordan ville det her fungere i praksis, hvordan er sømløsheten?
17	I	Sømløs handover. Det kommer litt an på hva slags tjeneste du driver og bærer. For det er ikke sikkert at alle Forsvarets tjenester kan tillate det.
18	T	Det kan hende. Ja det kommer. Hva som skal.
19	I	Det kommer jo hvilken tjeneste det er. Ja kan godt hende de vil si at den tjenesten her sånn, den er så pass kritisk at den kan vi bare bære inne i vårt eget nett. Av sikkerhetsmessige, og andre årsaker. Den kan du ikke flytte opp til kommersielle nettet. Så kan det være andre caser som du gjør det, ikke sant.
20	T	Si at du har en videostream da.
21	I	Ja men en videostream så kan du antagelig gjøre det, også få r forsvaret gjøre. For det de har mulighet til å gjøre, er å kjøre ende til ende kryptering gjennom det kommersielle nettet. Fordi de kontrollerer hå

		ndsettene sine selv, ja så da kan de kjøre ende til ende kryptering på det kommersielle nettet. Så det er en fordel med det, sånn at sikkerhetsperspektivet så kan du klare. Så kan det godt være andre parametere i tjenestene, som ikke hvor det vil fungere.
22	T	Ja vi snakker om den iforhold til UDM og sånne ting? Er det satt opp noen mulighet for å synkronisere private UDM'er opp mot kommersielle eller det på en må te sånn avtale man må inngå , er det en forutsetning som må løses må te for å få det til å funke.
23	I	Nei, det vet jeg. Det har ikke noe svar på . Da må tte jeg hente igjen noen av teknikerne hvis de skal kunne svare på det det, det vet jeg ikke. Hvordan om det med deg? Jeg kan ikke se for meg at. Det skulle. Være umulig hvis du skjønner hva jeg mener. Men jeg er ikke sikker på , hvordan man ville sette opp det? Nei, det er ikke.
24	T	Det er jo ja. Det er jo det at det byttet må på en må te skjer sømløst nok til at tjenesten ikke blir avbrutt i mellomtiden, og da er det jo mye, holdt på å si, det er viktig å tenke på sikkerhetsperspektivet på det, men også det at går det fort nok også .
25	I	Ja det det er sikkerhetsperspektivet er en ting som forsvaret er på en må te veldig, for de er veldig viktig å ivareta, men dersom, det er akkurat som det jeg sa, at det kommer littegrann på hvilke krav du har til den tjenesten du skal være på dette, om det kan realiseres i det kommersielle nettet, for i mange tilfeller kan det det? Men du kan antageligvis ikke drive fjernstyring, for eksempel av veldig sensitivt utstyr. Sånn med tanke på hvis du skjønner du kan ikke fjernstyring via det kommersielle nettet på noe som skal treffe nå la gjennom et nå løye, det blir vanskelig.
26	T	Ja, jeg ser for meg ja, hvilke usecase er det man trenger så nøyaktighet og da?
27	I	Det kommer litt an på å drive med. Vi har jo use-caser der du for eksempel, hvis du sitter og fjernstyrer en gravemaskin. Ja, så trenger du det?

28	T	Ja det kan jo være en case ja på forsvaret. Vi har jo gravemaskiner ute som kjører.
29	I	Det det det det det. Og, ikke sant? Så det finnes mange caser hvor du er avhengig av den lave latencyen, spesielt på fjernstyring. Når det gjelder overvåking og monitorering og sensor og så videre, så trenger det ikke det. Nei ikke i det hele tatt. Nei har ikke noe behov for det, så det er bare noen spesifikke use-caser som krever den lave latencyen, Hvor det blir aktuelt.
30	T	Den mest egentlig kontroll av kjøretøy eller lignende. Du skal styre litt, kanskje da?
31	I	Ja, det er vel mest nærliggende ja, mest nærliggende det altså . Ja, hvis du skal drive å fjernstyre en tanks midt blant troppene dine, så er det greit at ikke den går plutselig drar 3 meter til siden. Det kan gjøre litt vondt for han stakkarsen ved siden av. Når det kommer 50 tonn, eller er det 70 tonn, ikke sant? Det er sånne ting hvor du må ha den lave latencyen på . Men det er ikke dermed sagt at forsvaret med sitt private nett realiserer det fordi at de skal fjernstyre tanksen sin. Jeg tror ikke det er det som er hoved. Skal vi si for noe use-casen idag. Hoved usecasen idag er mer sånn operasjonelt, og situasjonsbasert at du ønsker å ha oversikt. Over situasjonen med forskjellige sensorer, kameraer, droner og så videre. Og robotkjøring av den forstand. La oss si du skal sende fram en eller annen sånn? Minerydde device. Også ganske fint krevende Når du skal begynne å holde på med skruer og kabler nedpå og kutte kabler for å kalle det da. Liksom for å være litt Olsenbanden her. Ja. Så trenger du den lave latencyen. Da kan du ikke, for ellers så funker det ikke. Men det de er veldig ute etter er jo å få dette oversiktsbilde og situasjonsbilde inn til kommandosentralen for å gjøre beslutninger og sende ut sine ordre. Og så er det også å få fordelt denne informasjonen ut til brukerne. Sånn at en soldat han har en skjerm på armen, ikke sant? Hvordan han har all informasjonen sin? Og det er den type ting, de leker med å se på . Og da er en del av de casene krever privat nettverk og noen av de kan du klare deg uten.
32	T	Jeg vil se for meg at sånn skjerm på armen opplegg, det var jo snakk om for lenge siden sånn nordmann tror jeg det het. Hvor alle hadde sånn egen tracker og opplegg, men det gikk man bort fra, men jeg ser på en måte med 5 g, så er det en måte muligheter for å se på . Fordi det er jo

		<p>kjempelett å få til en liten 5 g sender som du putter på hver enkelt mann på privat nettverk og så samles det inn i kommandoplassen og så legges det opp i et eller annet BMS system, også sendes det ut igjen på skjerm til. Lagførere. troppssjefer.</p>
33	I	<p>Og da kan du kombinere det med, ikke? Sant, har du lokasjon? Og nå får jo i neste releasen og så i release 19, så . Får jo 5 g. Meget god lokasjon i nettet. At du liksom, tidligere så har du vært veldig avhengig av GPS for å få en noenlunde god posisjon for mobilnettet har ikke klart å posisjonere godt nok. Men med 5G release 19.1 så får du den ned til godt under meteren. Ja og da tenker jeg at i en sånn situasjon, så holder nok, da er det greit nok.</p>
34	T	<p>Ja absolutt. Hvordan, er det basert på triangulering med de aktive antennene i en basestasjon?</p>
35	I	<p>Ikke nødvendigvis triangulering, Går rett på at antenne klarer å se vinklene og avstand. Det er mer ut på det det går på . Så du gjør det rett på radio grensesnittet. Så klarer du å pinpointe hvor brukeren er. For da har du aktive antenner som følger brukeren på en helt annen måte, så kan man da kalkulere ut i fra det. Er det er det får du til med release 19, da kommer du under meteren. Ja og da begynner å bli interessant.</p>
36	T	<p>Ja ja absolutt.</p>
37	I	<p>Og så har man også det. Som nå vet jeg ikke hvor aktuelt det er for forsvaret tror jeg, men nå kommer det også , nå i neste release. Så får man også muligheten for passiv IOT. Nå er jeg usikker på om det er noe for Forsvaret altså . Jeg har ikke helt tenkt så mye på det om det er noe case, men tidligere så har man jo hatt en utfordring med med devicer da, eller IoT. At batterilevetiden er jo noget begrenset, men det kan jo være hvis den er veldig dum den IOT devicen du har, så kan du kanskje klare deg i 10 år på et batteri. Og det er jo bra. Det går ikke. Men det er fortsatt en aktiv IOT device. Som for eksempel det har vært case med parkeringssensorer da? Ja. At du graver ned noe under bakken? Som sensorer, har sensor på , om det står. En bil over eller ikke? Og Når du først grave ned den så ønsker du ikke å grave opp den for å bytte batteri en gang i året. Det går ikke an. I dag har man devicer, det har man hatt i flere år allerede som klarer å stå under bakken der i over 10 år og kommuniserer med mobildata. Men nå har det også kommet passiv IOT.</p>

		Som gjør at du får bitte bitte små chipper som du kan putte inn i en kopp for den saks skyld. Som faktisk ikke har noe batteri i det hele tatt. Litt sånn som all RFID. Kjenner du til RFID. Det er en passiv sensor som du da må ha en, skal vi si en må leinstrument for å se at den passerer forbi. La oss si at du har et lager da, og så putter du den lille chippen inn i alt du har, og hvis den kommer inn døra, så du registrert at den kommer inn og så går ut døra, så får du registrert at den går ut igjen.
38	T	OK ja så du sporer chippen egentlig?
39	I	Og du kan ha det på en kontainer for å si det sånn, så kan du tracke containeren fra den går fra Sør Afrika til den kommer til Norge. ikke sant? Fordi den vil jo passere visse punkter underveis, men da må du ha en. Skal vi si et må leinstrument for å fange opp det. Ja, som gjør at RFID egentlig aldri har tatt helt av. Jeg vet at sånn som Walmart for eksempel. De kjørte et kjempeprosjekt for mange år siden. Det er mange år siden, hvor de skulle spare liksom 100 milliarder dollar bare i logistikk på RFID. Og det amerikanske forsvaret er også med i det prosjektet. Forsvaret har til enhver tid. 30 tanks de ikke vet hvor er. Hvis ikke du vet hvor taksene dine er. Da er det et par andre ting du ikke har kontroll på under der tror jeg. Så de har millioner på millioner av ting de ikke vet hvor er engang. Så de var også med i det prosjektet. Men det funket aldri det. Det ble aldri realisert. Og en av grunnene til det er rekkevidden. Hvis nå på passiv IOTI 5 g nettet så snakker vi om en rekkevidde på 280 meter. Da begynner det å bli interessant. Det vil si at mobilnettet ditt klarer å kommunisere og detektere en passiv IOT element opptil 280 meter unna. Ja, det blir interessant. Men om det er noe for forsvaret? Kanskje, kanskje ikke, jeg vet.
40	T	Men forskjellen på passive IOT device og det her da er at levetiden blir mye mer?
41	I	Det er uendelig. Ja ja. Fordi det er ikke noe batteri i den, men det som også er fordelene med det er at Når du kan gjøre de passive. Så kan du få de bitte, bitte små . Chippen din er så stor. Så kan du jo sy den inn i hva som helst. En IOT device idag er jo hvert fall så stor da ikke sant? Og det er ikke noe du kan putte inn i utstyr uten videre. Mens her kan du si at det teoretisk sett, så kunne det jo hvert eneste vå pen, hver eneste patronhylse. For den sags skyld, vet ikke om det er hensiktsmessig, men du skjønner hva jeg mener. Som gjør at du til enhver tid har full oversikt

		<p>over alt utstyret de. Har i områ det. Om det er en case for de det vet jeg ikke. Nå bare fabelerer jeg. Jeg tror hvertfall ikke det er hovedfokuset i dag, men det kan godt hende, det er det, men det er for felten eller for lageret, det får jo fremtiden vise da.</p>
42	T 1	<p>For kan jo se for meg en sånn løsning da hvor? Si stridsvester blir sydd inn med en sånn her IOT, passiv IOT. Så har du en basestasjon i en kommandoplass. Og så har du den basestasjonen som skaper da 280 meter med full kontroll over alle soldatene sine, men. Ja, er det så viktig at den er passiv IOT kontra aktiv for på en måte aktiv. For aktiv IOT i en rekkevidde på 500 meter.</p>
43	I	<p>Ja aktiv IOT vil ha lenger rekkevidden, men ulempen er at det er en fysisk størrelse her. Det kommer litt an på hva du ønsker å tracke. Det også sy inn en aktiv IOT device i alle vestene kan jo være et problem. De ønsker jo å selge plass da, de skal jo bruke all plass på denne vesten, og all vekten til noe fornuftig. Og det er klart dette vil nok ta noen prosent. Det er nok gjennomførbart, men jeg tror det kan være en del annet utstyr som er mindre som det kanskje ikke vil fungere å bruke aktive IOT.</p>
44	T	<p>Så utgangspunkt, så kan du si at det er aktive. Med litt mer rekkevidde. Du har batteri som må byttes ut.</p>
45	I	<p>Ja, er det ikke det et forsvaret kommer til å satse mest på . Og hvor ofte kommer an på hvor aktiv den er? Og hvor mye informasjon. En IOT device kan jo ha ganske mye sensorer i seg. Så det finnes det ikke et svar på . For det kommer an på hvordan jobb den IOT devicen gjør. Ja, hva slags sensor har den? Tror jeg du kan få en fryktelig dum IOT device som kan registrere temperatur og fuktighet og luftforurensning for den sags skyld, men det er ikke sikkert om det er aktuelt. Det vet jeg ikke, bortsett fra. Kanskje du er ute etter å se for eksempel i kjemisk krigføring. nsker du å ha kontroll på sånne ting, og da kan du ha en sensor som går. Da kan du ha sensor som går på det. Og den kan jo være ganske dum den sensoren. Den skal liksom ha en oppgave</p>
46	T	<p>ja og det er å si fra at her er det noe</p>

47	I	<p>Ja den kan si fra Når den registrerer noe galt med lufta. Det kan en si ifra, og den kan være god og den vil ha langt batterilevetid. Så det er ikke et issue. Så du er ikke ute i krig i 10 år i strekk uten at du har fått forsyning. Det er ikke en problemstilling. Men det kan være, jeg tror nok så det med passive IOT går mer på, Når du går ned på mye mindre komponenter du ønsker å ha kontroll på, samtidig store volum. Der er det nok mer aktuelt, tror jeg. Men det er ikke det viktigste med 5G og det, tror jeg. Men det er bare en sidegreie. Ja, men hovedgreien for forsvaret er jo det å ha et situasjonsbilde. Dele informasjon. Ja, det er jo hovedgreia dems. Og så har du alle disse casene med fjernstyring og og automasjon og så videre. Også skal du ha automasjon så må det også kommunisere med noe ja, ikke sant? Og derfor så ser jo forsvaret også på om de skal lage et bakke til luft mobilnett. NATO ser på det. I dag så har vi et radionett som peker nedover.</p>
48	T	<p>Ja sånn ja, for å kunne kommunisere med jagerfly, helikopter, droner el?</p>
49	I	<p>Ja egentlig alt der oppe, Det er jo noe nato ser på.</p>
50	T	<p>Ja for å bruke 5 g som en egentlig ja forbindelse mellom luft og bakke da i dag. For idag så er det jo det eget spesialfelt med radio og opplegg.</p>
51	I	<p>Ja, hva med å realisere det på 5G nettet slik at du får den samme bæreren. Kan du bruke det samme utstyret. Så er bare spørsmålet, hvilke frekvenser skal man bruke til det. Og kan man. Må man ha dedikerte frekvenser for bakke til luft? Eller kan det ko-eksistere med frekvenser som brukes nede på bakken? Det er en av de tingene Kennet driver og tester nå. Han driver og skal jobbe og teste på det nå ja, for at et radionett som vi bygger. Radionett i Norge i dag, hvis vi tar hele Norge da. Så er jo det, da trenger du, Telenor har cirka 9000 basestasjoner. Telia har 8000. Da dekker du stort sett Norge sånn, det er noen fjellområder du ikke har dekning på, langt inne i Jotunheimen, men i utgangspunktet så dekker du Norge med det. Men den er jo med vilje pekt nedover for å ha kontroll på interference, ikke sant? Det blir bare kaos hvis du setter alt opp på en fjelltopp og bare peker ut da. Da tryner jo nettet. Men bakkenettet, spørsmålet er om den basestasjonen som beamer skrått nedover. Vil den by på noe interference med en basestasjon som står der og peker sånn, (Oppover). Ja, da kan du kanskje til og med bruke samme frekvens på de 2. Ja det er et</p>

		<p>spørsmålstegn som ikke noen egentlig har fått testet fullt ut ennå ? og det er noe forsvaret kommer til å se på . Så vi driver akkurat nå , så ser på hvilke antenner som kunne være aktuelle å bruke. Til å beame oppover? Og hvilke som er mest optimale til det. For det som er fordelen med det er at. Hvis du da sier at det nettet i lufta, det skal fungere over en viss høyde. Og den kommer til å være litt sånn høyde. Da kan du antageligvis dekke hele Norge med relativt få basestasjoner. Du trenger ikke 9000 basestasjoner for å dekke Norge da, for de basestasjonene idag de er plassert tett av den grunn at vi ønsker kapasitet fordi du har mange brukere. Det skal jo ikke plutselig være tusentalls opp i lufta der. Så da er det mer ønskelig å få arealdekning så stor som mulig. Og da kan du, hvis du da bestemmer deg for at OK. Vi har en viss vinkel. Vi sender ut det, og så sier du at vi skal ha over en viss høyde. Da kan du setten basestasjoner langt fra. For radiosignalet går langt. Det er bare at man ønsker ikke at det går så langt ofte for du må ha kontroll på det. Og så har vi topografi på bakken som gjør at det blir vanskelig. Men i lufta, så får du ikke det problemet.</p>
52	T	<p>Da er du plutselig, så har du veldig lite interferens også da siden det er så få basestasjoner.</p>
53	I	<p>Ja, da er spørsmålet om man må ha dedikert frekvens på det, eller man kan bruke de frekvensene som man faktisk har brukt nede på bakken. For frekvens er jo en begrenset naturressurs. Å... ha et eget frekvens, dedikert bare til luft til bakkenett som jo har totalt sett relativt lite bruk. Skal vi kalle det? Er det samfunnsmessig fornuftig? Ja, det er jo et annet spørsmål, og der har jeg sagt. Det er 2,3 ghz på det man snakker om i den konteksten der fra nato perspektiv. Det er 2,3 giga man snakker om. Det 2,3 giga den har vi også planer for på bakken her i Norge? Så da kommer forsvaret mest sannsynlig til å bruke den for sine private nett, på bakken. Samme som tv 2 og disse bruker det som broadcast.</p>
54	T	<p>Ja, du snakket litt om situasjonsforståelse og sånn tidligere. Er det noe spesielle use case eller eksempler du på en måte ved 5 g vil trekke fram som viktig eller use-caser dere har sett på løsninger dere tror blir viktige?</p>
55	I	<p>Nå har ikke vi jobbet sånn veldig masse med alle de use-casene som er spesifikke for forsvaret. Jeg tror nok Kenneth kan svare mye bedre. På mye av det. Vi på en måte har mye erfaring fra Andre use-cases. Og så</p>

		<p>kan vi basert på det. Før det over til ideer for forsvaret. Vi har vært innom noen av de nå . Og det som er målsetning for forsvaret idag. Det er klart de målsetning kan endre seg om 10 år, men idag så er målsetningen å få et situasjonsforståelse og kommunikasjon, sikkert. Det er det som er litt av hovedgreia. Med store båndbredder sånn at du kan overføre gode data. Både video og så videre. Ja, og hvis du begynner å ha mange. Både video og du kan si kilder i et geografisk område, så vil vi ikke klare det på noen annen måte enn med 5G. 5G har jo også begrensninger på opplasting/lasting. Men innenfor et privat nettverksperspektiv, så skal du, du får til ganske mye, pluss at i. Den neste releasen av 5 g altså det som kalles for 5,5G har det blitt omtalt som. Så vil opplastingskapasiteten også øke. Og har jo også muligheten, hvis man har dedikerte frekvenser. Kan man jo i teorien også endre tidslukene på TDD.</p>
56	I	<p>Da kan du endre den allokeringen som man bruker på det kommersielle nettet som jo er veldig sånn nedlastnings fokusert. Den er jo det. Men det er bare fordi man har bestemt at det vil man. Det er ingenting teknisk kunne sagt at den kunne hatt større kapasitet på opplasting enn nedlasting. Det er bare at de tidslukene må synkroniseres, som gjør at man kan ikke la forskjellige brukere ha forskjellige tidsluker, for da vil det ikke fungere. Du må harmonisere det, men sånn teoretisk så kunne vi endret det. Men det er altså det er å ha god for situasjonsforståelsen. Store data som skal flytte fram og tilbake. Og det å få en uniform bærer for det at i dag så er det jo veldig ofte at man har mange forskjellige teknologier man bruker i kommunikasjon, og det er vanskelig å sy sammen i Ån plattform. Det er litt av utfordringen. Så det er vel en av hovedgrunnen til at man ønsker dette.</p>
57	T	<p>Lurte på en annen ting som jeg snakker litt med ICE om som ikke de var så gode på . Var det med device til device funksjonaliteten og mesh funksjonaliteten som ligger i. 5 g. Og da snakker vi om at man må tenker på frekvenser Når du planlegger sånne ting, men hva vet du om device til device og mulighetene til å overføre typisk høy kapasiteter utenfor et privat nettverk, og så fungerer som et rele inn mot det private nettet.</p>
58	I	<p>Igjen er. De kjenner ikke noe særlig godt. Så jeg kan ikke skryte på meg, for det er sånn at. Du ikke har satt meg litt inn?</p>

59	T	Vet du om det er mange som ser på device-device eller mesh på en måte?
60	I	Nei, de har ikke det meste. Det er ikke sett så mye, det eneste vi har jobbet. Men det som jeg kjenner til er at de bruker 5G som en bærer i stedet for microwave for neste basestasjon, backhaul. At du bruker 5G som backhaul, det er det gode muligheter for. Slik at du, for du må jo ha en eller annen form for kollektivitet inn til den basestasjonen du skal ha hvis du skal gå utenfor utenfor den private boblen du lager. Og da kan man bruke 5 g som backhaul også . Og det har ikke vært mulig før.
61	T	Nei, OK ja, hva er det som gjør at 5 g er mulig å bruke som det?
62	I	Det er måten den er implementert på , og kapasiteten. Det er de 2 tingene som gjør at. Det har ikke vært mulig å realisere tidligere. Så man kan bruke 5 g som backhaul. Det vil si at hvis du har konnektivitet ett eller annet sted altså til resten av verden. Så kan du. Kjøre det videre.
63	T	Så blir du i stor grad som man i. Dag, så bruker vi jo. FKI eller andre tilkoblinger i nettet til en annen kommandoplass, og så skyter man jo de inn ved hjelp av sånn radiolinje skudd, så blir egentlig det samme da bare at istedet for at det er radiolinje så er det nå 5G.
64	I	Ja istedet for radiolinje så bruker du 5G nettet til det. Det er forskjellen, noe som forenkler en del ting. Radiolinje har veldig bra kapasitet. Men den krever jo en del ting. Blant annet så er fungerer veldig dårlig i bevegelse, for eksempel. Ja veldig dårlig i bevegelse, så du må på en måte det å sette det opp. Den må jo treffe eksakt Og det skal veldig lite vibrasjoner til at før du får forstyrrelse i signalet. Ja, det er problemet, vil du ikke få samme på 5g.
65	T	For du har litt mer aktive antenner. Bedre funksjonalitet egentlig?
66	I	Ja ja, det er som at. Altså du har konnektivitet Når du beveger deg med den (mobiltelefonen). Ja, ikke sant?

67	T	Men det er egentlig er det noen grunn av forsvaret ikke bytter ut alle sine radiolinje vogner da? Med 5 g vogner i stedet for?
68	I	Du kan. I dag klare å få bedre kapasitet på en radiolinje enn du klarer med 5G, totalt sett. Du må ha ganske mye av spektrum på 5G. I mikrowave så bruker du ganske mye spektrum. Ja det er det det går på . Ja, det er båndbredden det går på her. Og i dag så har man per i dag på 5G i Norge, så bruker vi jo bare opp til. 3,6 ikke sant? Da er det da 3,4 til 3,8 da gigahertz. Så har myndighetene lagt ut 3,8 til 4,2 for private nett i kommersiell bruk. Det har de allerede sluppet. Fra 1. Januar. Så nå er det tilgjengelig for de som ønsker. på et avgrenset geografisk område. Men vi har jo frekvenser oppover som er planlagt å bruke fremover. Hvis du for eksempel går på millimeterwave da, som vel kanskje er det nesten naturlig å gå på . Altså 26 til 28 ghz. Der har du. Da 2000 mhz tilgjengelig. på C-båndet på 5G så har vi 400 ikke sant. Fordelt på 4 operatører, eller 3 da i Norge. Det blir jo bare 100 på hver. I millimeterwave, så har du mye mer. Vi har testet millimeterwave borte på Fornebu bort til telenorbygget. Og da kjørte vi det ut i havet mot nesoddtangen? Og på en 8,900 meters avstand da. Så hadde vi langt over. 10gbit/s. Ikke sant? Så da kommer det an på hvilke frekvenser man snakker om. Ja liksom hva. Hvor stort kapasitetsbehov har du der ute? Om du kan ønske å bruke 5 g som en backhaul istedet for microwave. med det fordelne det gir. Har du nok båndbredde?
69	T	Ja for sånn som det er idag så er det jo veldig begrensning på utstyret vi har som SHF og UHF. Det er jo radiolinjeskuddene våre. Men de er jo en helt annen frekvens igjen også .
70	I	Det er helt andre frekvenser du har. Det er god båndbredde der, men det sitter en del begrensninger der, spesielt på mobilitet. Og jeg tror, at hvis du har høye krav. Da til båndbredde og den. Den cellen du skal lage der ute, så er det ikke sikkert at de frekvensene vi i dag bruker vil være gode nok. De kan være det, men det kommer an på hvilke krav er det du har? Hvor hvor store krav har du? Klarer du deg med de kapasitetene som ligger i 5 g nett i dag? Ja kanskje, men vi ser jo peakhastigheter idag på sånn kanskje 1,61- 1,7 gigabit, i 5G nettet idag. Det vil jo bli bedre etter hvert. På Dagens frekvenser, men skal du har nevneverdig store, mye mer hastighet enn det, så må du ha andre frekvenser. Eller du må ha mer båndbredde? Det er det det går på . Du må ha mer båndbredde i

		frekvensene.
71	T	For idag så bruker forsvaret ekstremt mye mindre enn det. Det vi bruker idag er jo tilpasset det vi har tilgjengelig i dag, så det er på en måte, vi streamer jo ikke video idag.
72	I	Men det la oss si et privat nett. på 2,3 ghz for eksempel, da. Hvis du har 40 megahertz der da for å ta et eksempel. Så vil du på de 40 megahertzene der kunne levere hastigheter på over 500 Mbit/s. Det er klart. Hvis du eier den frekvensen selv og har kontroll på den frekvensen så kan du fint overføre. 500 megabit på den. Da 40 mhz til 2,3
73	T	For hva er det det går mest på da, mtp. begrensninger, blir det da på rekkevidden?
74	I	Ja og 2,3 er jo fin i den sammenheng da, så jeg nevner den spesifikk for den er reell i Norge. Ja 2,3 har en veldig god rekkevidde. Og så har du en ganske grei tilgjengelig båndbredde. Som i dette casen kan gjøre at forsvaret kommer til. få ganske. Dedikert for det. Det er ikke besluttet hva som skal skje med 2,3 i Norge. Det er tilgjengelig. De tidligere lisensene operatørene hadde gikk ut nå 1. Januar. For et kvartal siden. Og myndighet har ikke bestemt seg hva de skal gjøre med 2,3. Og de sier at det er nok frekvenser tilgjengelig for industrien i dag i Norge, så vi kan vente litt og bruke litt tid på å bestemme sss, hva vi skal bruke den frekvensen til. Og en av de hotteste kandidatene for den frekvensen det er forsvaret. De har test lisens på den i dag. Og det er et bra band. Hvis det holder for deg?
75	T	Ja ja.
76	I	Hvis det holder, har du et større kapasitetsbehov enn det, så må du bruke. Andre frekvenser.
77	T	Det er så vanskelig å si, så det er så vanskelig å legge oss opp mot det, fordi jeg vil tenke at det er i stor grad, så skal jeg tro det holder. Fordi vi bruker jo ikke i nærheten av det i dag. Men med en gang du starter å

		putte 5G kameraet på hver eneste, 10 stykker på hver kommandoplass.
78	I	Ja, det kan være mange flere enn det og skal alle disse ha et HD-kamera på seg.
79	T	Ja ikke sant også skal 15, 30, 50 kommandoplasser. Da har du plutselig veldig mange kameraer.
80	I	Ja begynner å bli litt ja. Begynner å bli mye data. Ja og da holder det ikke nei og da? Må du opp i frekvens og litt sånn i 5G. Vi snakker jo om og bruke helt opp til mellom 60 og 80 GHz. Og da begynner rekkevidden å bli kort.
81	T	Ja tenker du på det? Hva vil du anta?
82	I	60 til 80 GHz. Nei, det har vi ikke testet noe særlig enda så det vet jeg ikke. Nei, vi snakker om. Ja kanskje 100-200 meter. Hvis du har free line of sight så vil du kanskje klare et par 100 meter? Så bare det er litt mer sånn, nå snakker jeg av litt ren så n fysikk. Så er det, det kommer litt an på det et par andre parametre som også spiller inn, og det er hvilken utgangseffekt du. Kjører på antennene dine? Men det finnes jo lover og regler for det. Du skal ikke grille de som står ute der.
83	T	Det er et godt poeng. Men jeg ser for meg at hvis du bruker typisk og sier OK. Men vi bruker de frekvensene her lokalt. Og de får du kun bruke den effekten her på . Og så klarer man å avgrense det slik at på en måte hver kommandoplass har, kan igjen bruke frekvenser.
84	I	Da ja det er det er fordelene med det er, at du Når du har. La oss si at hvis du har høyere frekvenser, hvor du har kortere rekkevidde? Så er det lettere å kontrollere interferensen. På den og du? Kan ha flere celler relativt nær hverandre da.
85	T	Så det er jo ganske viktig poeng å bruke egentlig da, sannsynligvis. For det vil jo, og så kan du bruke.

86	I	Men det begrenser litt mobiliteten da. På områ det du kan bevege deg på , før du kommer utenfor, så den begrenser mobiliteten littegrann Når det begynner å bli kortere rekkevidder. Ja, så det vil nok være, jeg vil ha antatt at det vil være helt forskjellige scenarier.
87	T	Jafor jeg tenker jo sånn korte bølgelender og rekkevidder vil jo da typisk være kommandoplasser. Stedet er statisk, men så bruker du en høyere frekvens.
88	I	Men du vil bare bruke den. Du vil antagelig bare bruke de høyere frekvensene. Hvis du har enorme behov for kapasitet.
89	T	Ja, det er sant ja.
90	I	Du trenger ikke gjøre det, bare fordi at dette er nære, Det bare kompliserer bildet. Det er for høy kapasitetsbehov, og det er ikke sikkert denne kommandosentralen har behov for. Den enorme kapasiteten. Innad for den lille geografiske områ det
91	T	Ja da er det bare justere ned effekt egentlig,
92	I	Du trenger ikke gjøre det engang heller. Du bare setter opp også bruker du, da har du litt mer standardisert infrastruktur. Det har en mye fordeler i å harmonisere det også . Og så blir jo utstyret mindre og mindre. Det er en fordel, sånn generelt sett. Huawei er jo ligger vel en 2 å r foran alle leverandører på det, sånn at vi klarer å få mye mer ut av antennene, samtidig som de blir mindre. Ja, det er jo en av grunnene til at Kennet bruker vårt utstyr nå også . Fordi han vil bruke det beste utstyret. Fordi du ønsker å ha det så kompakt som mulig. Med maks mulig effekt ja, ikke sant? Og da må du ha gode antenner ja som er små .
93	T	Ja, jeg føler det er veldig viktig, og det er enkelt å bruke og. At du ja få r mye ut av det.
94	I	I dag har jo vi antenner. Vi har jo aktive antenner og 32trx'er som veier under under 20 kilo. I dag så er det jo standard å bruke, standarden er definert opp til 64, 64. 64 sendere og 64 mottakere. Også kalt 64

		transcievers og 64 recievers. Det er der T og R kommer inn da. Og det vanlige mobilnettet på de passive antenne i dag bruker jo opp. Til kanskje 2 eller 4? Det er egentlig ikke noe særlig mer. Men på 5 g Når vi begynte med aktive antenner, så bruker vi, 16 brukes ikke. Det er omtrent ingen som bruker fordi det er ikke noe særlig verdi i forhold. Kan bruke 8, men det gjør man som regel ikke til på aktive antenner. På aktive antenner idag så bruker man 32 eller 64. Og forskjellen er bare det at du skal ha inn dobbelt så mange sender og mottaker i antenna. Da blir den fysisk litt større, men vi har klart å shrinke det litt ned igjen. Så de. Har ikke blitt. Så jævla store allikevel. Og vi ser jo på , vi har en prototype på en millimeter wave antenne nå , altså 26. Til 28 GHz. og det er litt større enn et A4 ark
95	T	Hva er vekt og sånn på den da?
96	I	Ja den veier ikke mer enn. ja den er godt under 10 kg på den. Det var 26- 28 antenne ja.
97	I	Det er ja. Det er millimeterwave antenne, altså , det kalles millimeter wave. Det er 26 til 28 ghz. Akkurat som det 5 g nettet vi bruker i dag, som er 3,4 til 3,8 GHz. Det kalles for c båndet.
98	T	Det er bare inndelingen på det, betegnelser. Så skal se om det er noe ikke har snakket om. Vi har snakket om det med overvåking og type koble kameraer på sensorer da trådløst tilbake igjen. Snakket litt om levetid på IOT. Både passive muligheter som kommer med neste generasjon.
99	I	Og de aktive levetiden der det går bare på hvor mye du, hvor aktive ønsker du at de er. I forsvaret så vet ikke jeg om de har scenarioer hvor de har tenkt til å , grave ned eller utstasjonere, IOT devicer. Det har jeg ikke helt sett for meg hva skal være.
100	T	Ja det kan jo være muligheter, at man på enkelte veier ønsker å ha en n sensor som kun logger Når en viss type kjøretøy, altså basert på vekt passerer, hvilken retning den kjører i el.

101	I	Spørsmålet da, hvor lenge? Om den devicen du putter ut. Hvor ofte er det hensiktsmessig for deg å besøke den for eksempel og eventuelt bytte et batteri da? Og hvis du kan godta at det er inne så , så mange å r. Så er det greit. Og hvis ikke, så må du tenke annerledes.
102	T	Det virker veldig aktuelt å bruke 5G for da har du jo mye muligheter. Det kommer egentlig an på devicen, hvor ofte den slå r inn da i større grad. Fordi rekkevidden på en sånn type device, den vil jo potensielt være. God, for den vil ikke aktiveres med mindre egentlig.
103	I	En IOT device. Ja, den er veldig avhengig av den nettet du bruker. Den antenna du bruker og hvilken effekt den har. Ja det har en på virkning på hvor langt unna du klarer å sette en IOT device.
104	T	Men du kan jo sette en god antenne på den. Med god effekt. Så lenge den ikke er på , fordi hvis du har en IOT device som trigger. Også skrur den kun se på og sender noe hvis den trigger.
105	I	Ja, men da blir den jo litt større som regel da. For det blir jo det samme som, ikke sant et mobilnett og en antenne i nettet, enten det er privat eller et kommersielt makronett. De er jo store. Svære antenner. Grunnen til at vi også har en Begrensning på opplastning. Det jeg sa istad om at hvis du endrer tidslukene på opp og nedlink så vil du bedre opplinken, men du vil aldri få linken like bra som nedlink. For det har med at den her (telefonen) har sender antenner som er kraftige nok. Men det er ingenting i veien for at du kan ha sluttbrukerutstyr som er bedre enn en telefon. Ikke sant? Det er ingen ting i veien for, og det ser man jo allerede i dag på vanlige sånne hjemmerutere sånn CPE som det kalles for da, så liksom altså stasjonære trå dløs rutere hjemme. De har jo eksterne antenner. Som er mye kraftigere og bedre enn de antenne som er i telefonen. Og da få r du mye bedre resultat ut av den og, og i en sånn militært setting, så kan du jo si at de devicene der ute, enten det er IOT device eller en. En vanlig eller annen 5 g modem. Hvis den har gode antenner, så forbedrer du opplastningshastighet. Spesielt opplasting.
106	T	Ja sporing har vi snakket litt om. Kommunikasjonen rundt kommandoplasser hatr vi snakket litt om. Ja, jeg føler egentlig vi har vært gjennom ganske mange av spørsmålene, ganske mange av

		temaene jeg har. Satt opp ja.
107	I	I tillegg pratet med Telenor og Telia.
108	I	Nei det er liksom det. Er bare forskjellige bruk av det samme, at du på en må te går på fjernstyring, autonomi deling av data, videooverføring. IOT, det er bare hvordan du pakketerer det. Det er egentlig det alt går på . Og så er det egne smarte folk som kommer opp med på en må te selve use casene for hvert enkelt. Skal vi si områ de eller industri? Har vært innom noen av de på . Forsvaret nå , men jeg. Tenker nok Kennet har flere ideer enn det tillegg har. Jo diskutert dette mye med han, men. Men det er de som har hovedcasene i dag. Det er nok. Fremtidplaner utover det også . Det er nok. Bedre, vi diskuterer vi driver vi har jo allerede begynte å jobbe med 6G. Og det har vi jobbet med i 3 å r allerede. Og liksom hva, hva er det, det skal hva, hva? Hva blir 6G? Det driver vi og definerer nå .
109	T	Men er det et arbeid dere gjør som en del av 3GPP arbeidet? og samarbeid mellom flere operatører og flere som jeg vært på en må te OK, hva? Vil vi at neste steg skal være?
110	I	Det er Når det er. Sånn Når det? Er tidlig fase, så er det mye litt mer sånn der, så er det en kombinasjon av. Det som skjer i 3GPP sammenheng. 3GPP kommer enda litt mer inn på bildet Når du begynner å komme litt lenger ut i det og begynner å standardisere ting. Ja det er der 3GPP egentlig har en funksjon.
111	T	
112	I	En en funksjon. Og der sitter vi i styret, ja, men det er ikke sant. Det er for at det skal være sikkert. For jo det er jo bare et sammenkobling. Av industrien, ikke sant? Du har 1000 aktører.
113	T	ja ja.
114	I	Kan komme med innspill, og så må man enes om standarder og hvordan man skal gjøre ting. Men på en sånn som man ser? Så må man gjøre. En

		del forarbeid, før det må man man. Må gjøre en. Del tanker vyer ideer tester littegrann og så se. Hva man kan, hva, hva som er mulig.
115	T	Og skal komme med forslag inn i 3GPP.
116	I	Du må gjøre mye arbeid på forhånd. Det er sånn at hvis du ser på sånn 3GPP er jo bare en sammenkobling av masse standarder. Men noen må jo foreslå de standardene? Noen må komme med Forslag. Det er det industrien som gjør kom med forslag og driver med sin forskning. Og så kommer man opp med noen gode ideer, og så finner man ut hvordan man kan gjøre. Og så spiller man innretter som et ide, og så bestemmer man i fellesskap om dette. Her er må ten de skal realisere det på , for da kan du komme mange ideer som. Løser omtrent det samme på forskjellige må ter. Hva med det eneste for. Hvem man skal velge? Hvis ikke så vil. Det ikke fungere globalt? Og der er jo Huawei den desidert største bidragsyteren i verden. Ja, men det har jo noe med at som jeg nevnte istad med antallet ansatte
117	T	Ja la meg da si kanskje takk for. Møtet hyggelig ja.
118	I	Lykke til Når er det du skal?
119	T	21. Juni.
120	I	Ja, det er ikke så lenge til.

Appendix **O**

Interview: Equipment provider interviewee 2

This appendix contains the interview performed with two persons from an equipment provider

The interviewees have many years of experience with cellular radio systems. They have worked in diverse fields and with tasks ranging from working on RAN, to project lead and solution leads.

This appendix is written in Norwegian. The "I1" indicates that interviewee 1 is speaking. The "I2" indicates that interviewee 2 is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comments
1	I1	Nå står det at jeg har startet transcript, ja, nå funker det så jeg kan sende filer til det etterpå da Torbjørn.
2	I2	Men det er et spørsmål til det du sa at du vurderte å gjøre noe praktisk der. Da vil jeg tenke kanskje en samtale med det Kennet vil være være nyttig for han og de 5 g aktivitetene han har jobbet sammen med blant annet oss om har jo vært praktisk implementasjoner og som blant annet er oppe på Elverum og kanskje har hørt om dette som kalles for COW, Cell on Wheel. For der er det satt opp en radiosender og core nettverk inn i denne inn i den tilhengeren hvor de gjør tester.
3	I1	Ja, nei, for du må ha tilgang til lag 3 meldinger slik at du får sett på. Og timing advance så terminaler, for du kan bare bruke vanlige mobiltelefoner som attacher til nettet ditt. Og så ser du på nett. Hva er meldingen fra deg på så? Men er det ericsson eller nokia utstyr på den cell on wheel
4	I2	Det er radioutstyr fra Nokia.
5	I1	Ja for det der du må se på lag 3 meldingene.
6	T	Ja, så vet jo vi har en lab opp i Trondheim også. Som jeg tror skal være mulig å bruke, så det er litt sånn. Det kommer litt an på tiden om det er lett å sjekke eller om det tar lang tid. Egentlig tenker jeg.
7	I1	Det som i praksis viser det seg at du kan bruke veldig mye tid på å få ting til å funke, så igjen legge mest vekt på rapporten din oppgaveskrivingen. Så hvis du får tid til det, så så gjør det. Men det er mange som havner i knipe, og at de har brukt veldig mye tid på å få ting til å funke. Og så får du ikke tid til å skrive rapporten. Så det det, ja, mitt råd til deg hvis du vil gjøre å teste flott og supert. Men det kan gå utover andre ting. Ja.
8	T	Vi har litt spørsmål til de tingene jeg har jobbet gjennom nå. Hmmm. Så kanskje lurte på om dere vet litt om før vi har snakket litt det om å

		ha simkort. Som er typisk satt til forsvaret. Og at spørsmålet, men kommet opp som ikke har fått så godt svar på er egentlig det om ett simkort kan tilhøre to kundedatabaser, så kan du med et simkort fleksibelt bytte mellom å bruke forsvaret sine egne nett og kommersielle nett.
9	I1	Ja, jeg tror faktisk det er mulig å være med i flere brukerdata-baser på et simkort, men den mest vanlige måten å gjøre det på at det er 2 ulike ulike simkort. Telefonene støtter det, og det de har vanligvis 2 (?)
10	I2	Ja det er jo sant.
11	I1	For du kan ha. Jeg mener du kan ha en sekundær PLMNID også på kortet. men jeg ville heller ha satsset på 2 simkort. For det tar litt tid å programmere disse simkortene, og litt. Og ellers så har du en annen annen fremgangsmåte da. Det er jo å hvis vi snakker 5 g og og med 5 g så snakker vi jo om slices så at du fra den samme PLMN kan velge ulike slices.
12	I1	Ja, men det er vel her er vel Torbjørn sitt ønske om å være totalt isolert mellom Forsvarets og sivilt nett? For det er vel har jeg forstått ofte et krav at har du et forsvar et simkort, det skal du nødvendigvis ikke kunne komme deg på et. Sivilt nett med det.
13	T	Ja, og så blir det litt at hvis du har de taktiske nettene. Så er det om du kan bruke typisk Telenor sin PLMN eller forsvarets PLMN da på de taktiske nettene. Forsvaret stiller selv. Eller om det blir en egen PLMN?
14	I1	Ja for du vil gjøre det hvis du har et Telenor simkort, så vil du gjøre en attach mot et Telenor nett og henge på det, for det har som regel veldig bra dekning, stort sett overalt. Så så det kan være litt vanskelig å ha kontroll på disse, så er veldig brukt et eget PLMN-ID. Jeg mener forsvaret har fått egne PLMN'IDer også fra NKOM. Og til testing så er det relativt greit å få en egen PLMN id. Forøvrig har NKOM også foreslått at PLMN id 65 og 66 skal brukes til testing og

		forsøk.
15	T	Ja, vi kan høre litt med Telenor.
16	I2	så har vi også hatt en egne den egne frekvensbåndet som forsvaret har benyttet da. Det har vært dedikert for deres bruk.
17	I1	Ja, men igjen, så må du ha egen plmn id, men ja du kan hoppe inn på en frekvens også. Men en terminal skal støtte fra 3300 som er nato band opp til 3800. Mens nettverket skal støtte sitt band.
18	T	Ja, jeg har tenkt på det med edge computing. Fordi jeg har tankene, som jeg føler er viktige. Forsvaret er jo det med full autonomitet. Og det at man tar med seg nok av edger rundt omkring. Men jeg leser om tidligere masteroppgave og en av de største utfordringene de hadde på en måte sett på. Det er jo det med tanken på synkronisering mellom ulike edger. Fordi du må jo da ligge i flere UDM'er og ha sømløse bytter og mange av Forsvarets edger vil jo gå opp og ned. Vøre taktiske og da ikke ha tilkobling i perioder. Hvor lett er det å få til synkronisering i slike tilfeller? med mange UDM'er?
19	I2	Men først et punkt når når du snakker om edge, så forsvaret bruker. Jo har jo gjerne hatt fokusert på såkalt autonome edge siter slik at. Hmmm hvis transportnettet brytes fra den sentrale edgesiten så kan de fortsette å ha sin egen kommunikasjon. Og dekningsområdet, hvor den edgen er tilstede. Det er jo det som har vært del av et forskningsprosjektet 5 g vinni i hvor hvor det var et var et tema, så autonome edge sites i forsvaret er har vært et aktuell tema.
20	I1	Ja, en av utfordringene er typiske HSS, som er delt inn, og dette gjaldt enn å huske det vil. Ja. På i 5 g standalone heter det no noe annet. UDM, ja. Et av problemene, der er jo at det har du krypteringsnøkler og alt og du vil jo ikke at det skal komme på avveie eller kunne avlyttes. Det er den mest kritiske delen i nettet ditt i mange tilfeller og så lenge du har forbindelse til en sentral UDM, så er det jo greit. Når forbindelsen går ned, så vil jo alle som er er attached vil jo kunne fortsette for du har en kopi av deres data i den lokale edgen din eller kan ha det. Men det du ser på nå er vel mer spør spørsmålet ditt er jo mer. Hva skjer hvis du har koblet flere edge i sammen i et nettverk

		og du mister noen av de? Hvordan skal du oppdatere de andre? Var det ikke det som var problemstillingen du tenkte mest på?
21	T	Jo eller litt det du svar på også for du sier jo at du må ha en kopi da av krypteringsnøkklene ute på edge sidene hvis du mister kontakten til det sentrale.
22	I1	Ja, og det er og ulike måter å håndtere. Hvis noen kaprer en fysisk edge, en måte å gjøre det på er at du bare slettee alt som har med autentisering og kryptering å gjøre. Og hvis noen prøver å åpne boksen fysisk, så sletter de. For det er katastrofe hvis noen stjeler de sentrale nøkkelen dine og. Sentral data for da har du jo. Har du jo data som du kan dekryptere alle abonnentene dine i prinsippet, hvis du klarer å bryte inn på det sentrale.
23	T	Så løsningen bygger i stor grad på at du har en krypteringsnøkkel i kommunikasjonen til hver enhet og ute på edgene, så vil du ha kopier da av det du har sentralt. Det vil ikke være noe eget der ute, egentlig.
24	I1	Ja, etter min mening burde ofte unngå det ganske dyre store systemet og og fordi alle fall de kommersielle kommer jo typisk minimum på en million abonnenter, men det er vel kanskje mindre de vi lager nå for enterprise markedet men. Men det det kan være vanskelig å sikre de hvis du har har dette ute på på en site. Det ligger jo ofte en fysisk enhetssett som genererer krypteringsnøkler, og. Dette kan du mer om t***, men det.
25	I2	Og jeg tenker på er når du har en autonom edge, så vil det også UDM'en da så. SDM dataene, vil også være som en del av elementene som må være der ute på den ene siden, så du har et fullstendig autonomitet.
26	I1	Men hva gjør du da med med autentisering og kryptering? Har du en liten enhet av. Eller kobler du det mot noe sentralt som du laster ned? Du har den ja.

27	I2	Nei, så da har du også den AUSF'en e ja ja også der ute.
28	I1	Men der er det da en hardware som genererer krypterings data.
29	I2	Ja.
30	I1	Slik at du kan ikke få ut noe algoritme eller noe ut av det, men. Ja, men har du da fått et subsett av sin kortene dine?
31	I2	Nå gjetter jeg litt, men det vil jeg anta hmmm. Men mens vi nå snakket så så bare tok jeg opp. Torbjørn en link til deg om noe som du kanskje kunne tittle på. Gjennom et prosjekt som som vi kaller for 5 g vinni hvor hvor forsvaret har vært inne med Kenneth, her ser du bilde av han med med solbriller og. Hvis du går inn på på på youtube så så har vi faktisk gjort noen forskjellige forsøk og som er lagret på youtube i dette programmet som heter 5G vinni. Det er et forskningsprogram som er avsluttet, men hvor vi gjorde en del av en del, forsøk å jeg bare tenkte at det et par av de som kunne kanskje være interessant for deg og så ta en titt på. Ja jeg skal ikke.
32	T	Ja absolutt hadde hatt mulighet til å ligge linken inn i chatten. Kanskje jeg tror jeg får lov til å trykke på den. Ja altså du som du snakket om så er det en måte krav om å ha det med synkronisering da. Mellom edgene. Er det på en måte det er støttet at man har synkronisering av veldig mange UDM'er på tvers av veldig mange siter. Eller må man finne opp en annen løsning på det. Hvordan er det er ment å fungere i 5 g?
33	I2	Normalt i 5 g så har det jo en. Har du en sentral udm. Det er jo det som hvis vi skal snakke om hva som er normalt i 5 g, ikke sant? Og hvor edgen er det jo en en utskutt enhet og hvor edge'en typisk og først og fremst representerer UPF'en. Det er jo gjerne UPF'Å©n som du skyter ut. Så det å ha et autonomt system ute på en edge. Det da lager jo egentlig et et litt sånn eget nett for deg og som ikke er det tradisjonelle 5 g oppsettet bare for å liksom ha enighet der der.
34	I1	Men det det skjer mye der også i kommersielt på grunn av vertikaler som trenger en lokal boble, i bilindustrien for eksempel. De vil ikke

		være avhengig av en operatør. De er veldig strikt på at de skal ha full kontroll over all alt i sin verdikjede.
35	I2	Ja og nettopp, når du sier bilindustrien og for eksempel dette med selvkjørende biler eller så, så er det jo egentlig avhengig av også. Da er det veldig avhengig av edge sites som ligger langs ruten din og og da må du jo kunne gjøre de hoppene fra. Fra den ene edge siden til den til den til den neste.
36	I1	Men det der er det UPF du har ute attachen er vel stort sett alltid der mot den sentrale enhet. Ja.
37	I2	Ja det er nok det er nok UPF ja sånn at du bare at du hopper egentlig bare fra den ene til den andre.
38	I1	For der er jo mobilitet, vanlig handover. Allocation update eller tracking area update. Men du tenker på la si at nå flytter seg fra ett område, fra en taktisk bobla til en annen. så tenker du på hvordan synkroniserer udm data, for eksempel mellom de?
39	T	Jeg tenker at. Ja, jeg tenker jo at forsvaret, så vil det være mange bobler for hver kommandoplass må ha hver sin site for å funke med sine sensorer, og så flytter jeg fra ett sted til et annet sted. Så må de her. De er jo tilkoblet. Men hvordan synkroniserer man de? Og hvor ofte må man egentlig synkronisere? Det er kanskje spørsmålet?
40	I1	Ja for det. Det er jo litt hvordan du setter opp ting for det på enkelte områder, så gjør du reautentisering for hver gang du gjør et call, eller datasession. andre ganger, så gjør du det Når du gjør en tracking area update. for her vil du jo få en tracking area update hver gang når du går fra ei boble til en annen. og da gjør du om du ikke gjør full reautentisering, så gjør det ofte det. Så får du tildelt nye nye krypteringsnøkler nye TIMSI koder. så du må iallfall gjøre det hver gang du flytter mellom 2 bobler. Så, og så er det jo litt avhengig av hvor mye mobilitet du har blant brukerne. Så, avhengig av hvor mye folk flytter seg mellom disse, så du må jo synke for hver gang en person flytter seg fra en boble til en annen. Det er minimum. Så det er vel egentlig en prosess som nesten må gå kontinuerlig. Det er jo avhengig av hvordan disse boblene er geografisk. Selvfølgelig hvor

		<p>mye mobilitet du har mellom mellom boblene, men er det boble som ligger ved siden av hverandre at folk flytter seg mellom boblene som må den gå kontinuerlig? Men det er lite data da.</p>
41	T	<p>Ja OK, ja, det er ikke noe sånn problem at hvis du har veldig. Si, du har 20 siter oppe i brigade området. Så driver noen og flytter seg frem og tilbake, så er ikke det så ofte, og det blir ikke så mye data at det har noe å si på egentlig.</p>
42	I1	<p>Nei ikke sånn i forhold til alle de andre dataene som går der, så så det er vel bare noen kilobiter som autentisstrenger trenger. Så jeg vet ikke jeg bare. Har du noe å kommentere til det, tom Christian? Det er jo lite data du skal flytte over.</p>
43	I2	<p>Ja det er jo det. Det er jo det.</p>
44	I1	<p>Men trenger du er bare dumt spørsmål trenger vi gjera. For du har jo det samme i et vanlig nett, og når du har delt kjernenettet ditt i forskjellige som gjør det samme, men da har du koblet mot en sentralt UDM og så har du distribuerte kjernenett. For hver server må, Ikke UPF function, men hver AUF. Sitter jo med med kopi av krypteringsnøkklene. Og da gjør det og en Reuters fisering (?) når du hopper. For en AUF til en annen? Ja.</p>
45	I2	<p>Så en et bilde som jeg tar opp her, vi. Vi vi. La meg kanskje starte opp med at det det foregående bildet her. Vi har Torbjørn en del forskningsprosjekt pågående, hvor vi samarbeidet med forsvaret. Og her ser du jo denne. Denne Cell on wheels som vi snakket om, eller cell on wheels, network on wheels. Så det, jeg nevnte dette prosjektet som heter 5G Vinni, og det er nå blitt etterfulgt av oppfølger som kalles for imagin beyond 5G. Dette er også et prosjekt som er som er støttet av eu, og dette her viser den aktiviteten som vi har i Norge. Så her under her, så ser det først selve nettverket når du har en sentral site og et annet tall edge side, så ser du at ligger bortover er et antall edge sites, ikke sant? Blant annet en på ntnu. Og i disse dager, så driver de og tester ut en autonom site på Svalbard.</p>

46	I1	Her har vi jo en boble med autonome nett. Så vil du ikke ikke bare gjøre en ny reattach mot det nettet. Du vil jo ha. Du vil jo ha.
47	I2	Ja, så her ser vi faktisk flere av disse som autonome, så her står jo indikert at AUSF ol
48	I1	Men, men du vil jo ha handover, så det vil jo ha full mobilitet og forwarding av data. Men det er standard at du har forwarding av user-plane data, for det er jo det som de store dataene når det gjelder autentiserings data, så må du jo reautentisere, så jeg vet ikke om du trenger egentlig. Du trenger synke UDM i hele tatt. For, du kan bare tenke du kjører til Sverige. Så gjør du et attach mot en av operatørene der du nødvendigvis så har du ikke call dropp Du kan få sømløse handover der, og det må jo reattach så du får en brudd i en kort periode. Men overliggende protokoller TCP for eksempel sørge for at du har forbindelsen oppe.
49	T	Så eneste som er viktig er egt. at alle brukerne og simkortene er registrert i alle databaser som den skal kunne bruke
50	I2	Ja det det der sier du et viktig poeng. De må jo være la oss si hvis jeg er på Svalbard da da må jo være registrert her.
51	I1	Det den der Svalbard er veldig enkelt, for det er ikke noe mobilitet.
52	I2	Nei, nei, ikke sant? Og og den og den. Denne skal snart opp og demonstreres faktisk.
53	I1	Men det er interessant det vi diskuterer nå? Har du tenkt på det t*** at la oss si du har en bobla. To nabo boblene hva gjør du med mobilitet mellom de? Fordi du har kanskje mulighet til å forwarde trippletter, altså krypteringsinformasjon slik at du ikke reautentiserer. Men jeg vet ikke om det er støttet Av 3GPP. For normalt, så har du en sentralt, og så har du disse andre som er tilkoblet den sentrale UPF'en.

54	T	Jeg ser for meg at du må ha. Er kanskje det at alle nodene er synkronisert og alle simkortene på en måte allerede lagt inn. Og da må man eventuelt måtte legge inn flere simkort da enn det man egentlig har behov for. Så hvis man får noen nye simkort man skulle ta i bruk. Så ligger de allerede inne.
55	I1	Ja, ellers må du roame. Men da må de, men da må de det. Det tilfellet du da med at du må ha udm synkronisering? Ellers så sånn som jeg ser det, så trenger du, den eneste synkronisering det det at du alle kjenner alle simkortene som er lov å bruke. Hvis ikke du bryr deg om det, så kan du ha roaming, men da må da må de snakke seg imellom fordi da da vil jo den ene taktiske bobla som du hører til være ditt hjemmenett og da er det jo litt av den hensikten med uavhengige bobler borte, for du vil ikke komme inn på de andre hvis hvis ikke du har forbindelse mellom de. Så det er kanskje bedre og mer robust at alle har. Har alle simkort ja og så har du synkronisering på UDM'en, men idet du mister forbindelse mellom de, så vil du og miste UPF forbindelsen. Så da vil du ikke ha sømløs handover, men det er kanskje ikke så kritisk, for du vil jo være mer sammen med de i den nye bobla, enn den boblen du forlater.
56	T	Ja, jeg tenker det.
57	I2	Jeg skal ta også Torbjørn jeg skal ta og så bare dobbeltsjekke siden vi nå er i installasjon av den Svalbard, så skal jeg ta også dobbeltsjekke om de abonnentdataene som som ligger der er også duplisert på sentral sites. Det er synkronisering mellom de. Ja, det er en med det, men ja.
58	I1	Jeg vil tippe det er jo den enkleste måten å gjøre det på og sikreste.
59	I2	Skal bare sjekke hva det er vi gjør. Det her ser du hvert fall en del siter som har vært, de grønne er i funksjon og nye pågående. Og der for eksempel en som har vært ute på Rygge. Ja så har vi altså denne networks on wheels, så er det en på Fornebu. Ja og altså den i Trondheim som er det er det en du har sjekket, Torbjørn.

60	T	Ja ja ja. Tror det er den som er på instituttet vårt.
61	I2	Ja, det vil jeg jo gjettet.
62	T	Hvis ikke det finnes noen flere, så jeg snakket med det er T***** som har ansvar for den hos oss, tror jeg. Så jeg snakket med han om at de jeg kunne få tilgang til å teste på den. Det er posisjonsdeling, så jeg egentlig bare tiden det kommer an på tror jeg
63	I1	Det er der vi har levert noe smal cell eller en sånn. Nei for det er ***** som har den.
64	I2	Ikke på den i Trondheim. Der ser du det er ***** som er den men. Vi har for eksempel på Rikshospitalet, men vi leverte jo, men vi har levert noe utstyr til instituttet i Trondheim, men det er kanskje ikke levert enda det.
65	I2	Ja, jeg kjenner ikke til. Det kan jo være at, det er flere prosjekter.
66	I1	en N77 radio som er for sånn vertikal testing
67	I2	Ta gjerne hvis du hvis du ønsker så tar bare å gjøre et par kopier av disse bildene her. Torbjørn, hvis det er nyttig for deg.
68	T	Ja. Ja supert takk.Så lurte jeg litt på om dere hadde jobbet mye med device to device?
69	I1	Ja, det er et spørsmål som har godt, muligens det hender på 5 G. Det skjedde aldri på 4 g. Det er det som er utfordringen med device til device Det er rett og slett å få det som lager terminal og lager chipset som støtter det. Det heter jo side link i standardiseringen du bruker en del av uiplink spekteret til terminalen og så. Sender du direkte til naboterminalen. Det eneste nettverket der vet det er er brukt mye. Det er faktisk tetra i tillegg til andre analoge nettverk da. Muligens det kommer til på 5 g, så langt som har har disse chipset leverandørene Fokusert på håndholdte terminaler og det. Og vanlig telefoni og mobilt internett funksjonalitet, og de har ikke tatt seg tid

		<p>eller råd til å lage den sidelenken som trengs. Det kan bli forskjell på det på 5 g fordi at i 5 g så. Kommer det nye funksjonaliteter som. Vil ha større glede av device til device. For eksempel ***** nevnte autonom kjøring. Så vi har jobbet litt med det i forbindelse med det sånn nødnett applikasjoner, men det har jo aldri blitt realisert. så vi har utviklet en feature for det i radionettverket, blant annet men ingenting å teste det mot. Og det er og en veldig nyttig funksjonalitet for forsvaret. Og ja, alle de som driver med nødnett og til kommuner, e-verket Kan ha glede av det.</p>
70	T	<p>Jeg tenker på device, så har du på en måte utfordringer med, altså auto autorisering av enheter.</p>
71	I1	<p>Det har du og ja.</p>
72	T	<p>Fordi hvis du har på en måte en forlengelse. Av nettverket, og det fungerer som en repeater. Så vil du jo kunne videresende autentiserings dataen.</p>
73	I1	<p>I tetra så har du sånn at terminaler kan opptre som repeater, og de kan faktisk og de gjenopprette eller repeterer timing advance sånn at du får riktig timing advance mot kjernenettet, men. Eller mot basestasjon, eller de kan jobbe i walkie talkie modus, men autentisering er en stor utfordring der hvem eier de triplettene som kommer?</p>
74	T	<p>Vet du hvordan du løser 5 g eller hvordan det er tenkte å løse det hvis de hvordan er det løses hvis de har En kjerne, hvordan er det tenkt å løses, hvis de ikke har en kjerne?</p>
75	I1	<p>Ja si det altså. Du har jo flere muligheter. Det ene er jo at du. Hvis du har terminal til terminal kommunikasjon i fleste tilfeller, så har du det fordi du ikke har tilkobling til et kjernenett. At du kan snakke med hverandre direkte eller kommunisere direkte, og da kan du jo egentlig bruke autentiseringen til. Til den som. Du bestemmer at en av de er master rett og slett, og så bruker du så den autentisering og krypterer begge veier med det kryptering etter den. Det er en måten å gjøre det på. Andre måter som noen bruker. I sånne spesielle tilfeller at de har kjørt clear og ikke autentisering hele tatt, men det</p>

		<p>tror jeg ikke kommer til å skje noe framover. Det kommer nok til å være en eller annen form for at et kryptering & autentisering. Men i de fleste tilfeller vil, det er de tilfellene der den ene. Du, hvis du skal bruke den i repeat modus, så vil jo en av de ha forbindelse med kjernenettet, og da kan du jo. Laget akkurat som i bru mellom eller sånne non-stratum access der terminalen er en enkel simpel repeater og går transparent gjennom terminal Til naboen som han skal snakke med, som man skal være repeter for. Og da kan du jo gjøre det på den måten eller så. Så må du ha i alle fall sånn at du får kryptert det over luft grensesnittet ditt med krypterings nøklene til en av de. Eller at du utveksler? Ja.</p>
76	T	<p>Så er det egentlig. Det er egentlig det er veldig lett å hijacke sånne typer sesjoner egentlig da.</p>
77	I1	<p>Det er det. Så det brukes kun i spesielle tilfeller. Hvis du ser på nødnett, så har jo brannbilene og terminaler eller planlegger å ha terminaler som de. Kunne det være repeter for å bedre dekningen når de gikk inn i bygget eller tunnel eller hva som helst? Men du får jo litt. Men der har de, og at alle er på samme. Samme talegruppe så. På det og en utfordring hvis du skal lytte på flere talegrupper samtidig. Det er litt lettere med med pakke data, men. Men. Det er. På nødnett, så bruker du? Krypteringen til. Skal vi se hvordan jo da er vel den som operer som Repeater som er tilkoblet kjernenettet og har krypteringsnøkler som sender videre til neste. Så han er ikke lett å knekke den til nødnett heller, men. Går du inn for det så muligens du kan klare det de har. De har gode robuste krypteringsnøkler. Men du kan hijacke sånn at du kan opptre, prøve å opptre som en annen. Prøve å stjele identiteten til en annen. Og så opptre som den senere, men nå bytter du jo nøkler ganske ofte, så jeg vet ikke om det er så enkelt egentlig. Men etter det vanskeligste er det kommersielle. Får du chipset. Som støtter det. Det har vært begrensninger i så langt og. Og.</p>
78	I2	<p>Og det har vi jo sett også generelt i innføringen av 5 g standalone. Og hvor ligger? Hvor ligger brukerstyret i løypa? Se operatøren også henger igjen litt med å kanskje bygge ut 5 g standalone, fordi at vi ser at det er ikke det er ikke markedsmessig riktig å gjøre det før brukerstyret også er å plass. Så de.</p>

79	I1	Nei, jeg husker jo det. Det er for 20 år siden vi holdt på med gsm-r innføring i Norge. Eller på denne tiden var det vel rfq fase, men. De har også et sterkt ønske om å ha direkte modus. Mellom terminaler der, men det kommer jo aldri, på andre siden, så er jo den talegruppe Løsning med egentlig veldig bra, da kan du. Kan de andre på toget for eksempel følger med og høre over, hvis for eksempel en konduktør skal bli utsatt for vold eller hva som helst, så kan de andre som jobber på toget. Få med seg hva som skjer.
80	I2	Men siden er 5 g orientert du er så så er det jo også en en kontinuerlig utvikling i disse 3GPP releasene. Jeg mener nå nå ligger vi på release 15, 16, og ja og det begynner å komme og 17, 18, 19 er liksom det som man gjerne kaller for advanced 5 g og hvor det kommer mer og mer nye funksjoner og nye løsninger.
81	I1	Ja altså det standardisert direkte modus er standardisert i 3gpp. Så det kan hende at du du får noen hvis du kikker på standarden, at du får svar på noen av de spørsmålene hvordan det tenkt at det skal gjøre dette med kryptering i det du har direkte modus. Der bør de jo være spesifisert.
82	I2	Jeg bare tok vise dette bildet her også Torbjørn, hvor ser PPDR som typisk har vært der hvor forsvaret har vært inne med sine use cases og vil fortsette å være det mens dette her er i dette neste prosjekt som jeg snakket om som vi kaller for imagine beyond 5G. Der har vi en open shift kybernesis plattform hvor Cloud native 5 g komponentene er installert på, så her har vi liksom kjernen da med AMF, SMF, UPF og. og her har vi SDM data, mer kjernefunksjoner. Hvor og har edge siden, hvorr du og har applikasjoner og UPF'er ute på edge siter. Så slicing er jo liksom en av de bærende tjenestene med 5 g standalone. Og som vi jo større og større grad tester. Og som når vi snakket om enheter så er vi veldig avhengig av at vi har da enheter som faktisk kan kan gjøre et valg da mellom mellom de ulike slices.
83	I1	På IOT og 5 g. Der sa de jo i når de lagde release 15 at det vi trenger ikke IOT på 5 g, for vi har så bra løsninger på 4 g så vi utsetter det i standardisering, men det er inni i 3GPP release 17 og det første som kommer det ved noe som heter red cap. Jeg vet ikke om du har hørt om. Red cap. Nei red cap det har ingenting med fargen å gjøre, står

		<p>for reduced capability. I 4 g så var det et stort skritt når du fikk narrowband iot. Du hadde 2 IOT. Du hadde maskin til maskin kommunikasjon, bare som en vanlig IOT bærer, LTE bærer unnskyld. Så kom narrowband IOT, Det var jo et stort teknologi sprang før du skal batteri Levetid på 10 år på en device. I 5 g så kommer nok sannsynligvis narrowband IOT til å komme på et eller annet tidspunkt, men det jeg har sett. Er vel at de snakker om? Ja. 2026, 2027 før det begynner å ta av noe særlig. Så snakker vi om recap, og da snakker vi om terminaler der du har redusert. Båndbredde og en standard 5 g mobile broadband skal ha båndbredde på opptil 100 mhz på en det vi kaller FR1 bånd. Altså under 6 ghz, mens en redcap release 17 vil ha 20 mhz og Å©n release 18 vil ha 5 megahertz. Og da snakker vi om 100 megabit per sekund på en release 17 på en iot enhet. Sant? Det er jo det som var vel kategori 4 tror jeg i LTE terminaler. Og hensikten med å gjøre dette er å få ned prisen på modemet. Da snakker vi kanskje 60% reduksjon i kosten, og den med 5 mhz kommer i 18 70% reduksjon i modem pris i forhold til et vanlig kommersiell. Kommersiell terminal men her kommer vi ikke til å ha disse 10 års levetiden på batteriet på. Så og vi forventer at redcap terminal og de vil komme i løpet av en begynnelsen av neste år, tenker jeg kanskje til og med i år. Chipsettet kom i år, og så må du jo få disse til å bygge inn. Så det vil jeg og tro kan være aktuell for forsvarer for du kan få over ganske mye data på en til og med på en 5 mhz carrier</p>
84	T	Men hvorfor snakker vi ikke om lang batterilevetid på de her?
85	I1	<p>For da vil du gå på narrowband IOT og redusert. Det vil også komme til 5g. Samme som du har nå på 4 g. Det som gjør at ikke du snakker om lang batterilevetid er rett og slett at du får ikke det til med disse store båndbreddene. På narrowband IOT så sender du kun på en PRB I prinsippet. Du bruker av og til flere, for å peake opp utgangseffekten, men i prinsippet så sender ihvertfall enheten på en PPRB, og en narrowband IOT. Det er faktisk en egen celle som lever Opppå Den vertscelle, og grunnen til at du har gjort det er fordi at en vanlig terminal, så denne den må lese av nettet og lese broadcast kanalen jevnlig, sånn som den er på i prinsippet. Ja, hvertfall er han nødt til å lytte kontinuerlig. Det kan du ikke gjøre med en en liten enhet som skal leve, ha batteri som skal leve i 10 år, og derfor så lager du en egen celle med egen broadcast canal der du sier til enheten kanskje at det er nok at du går på nettet en gang om dagen</p>

		og lytter på broadcast kanaler blir oppdatert.
86	I2	Ja kommer den i release 17 kanskje? jeg bare ser den indikerte MC herren.
87	I1	Redcap kommer i release 17, og så kommer neste versjone i release 18, der du kan gå ned på båndbredden på terminalen. Ja.
88	I2	Ja, så jeg bare tok opp den her, sånn hvor du får vi se de ulike 5G releasene, så du kan se hvordan de utvikler seg i tid frem til vi ender opp med 6G i slutten av tiåret. Ja.
89	I1	Men da har du maskintype communication features ja.
90	I2	Ja ja så var den den var det jeg tenkte på det her.
91	I1	Du kan sette. Det har nok ikke tatt av så mye som. Eller kanskje gå enda sterkere. Det har vært en skuffelse. Narrowband IOT. Det finnes mange applikasjoner som bruker det, men det finnes også en del parallelle systemer. For eksempel i fjor så fikk jeg installert vannmåler her, og den bruker ikke 3GPP. Hverken frekvens eller system det er et proprietært system som produsenten av vannmåleren bruker. Da må vannverket kjøre rundt med egne biler og lese av selvfølgelig. De leser mange husstander på en gang som de rekker radiomessig, men hadde det vært over mobilnettet, så kunne vi lese av alle på kort tid, på natts el. Og etter min mening, så hadde det vært en mye bedre løsning, for det har vært mye lettere å oppdage lekkasjer hvis du kan lese av hele nettet ditt på noen få minutter. Ja, sånn er det nå. Men det kommer det. Det finnes blant annet i Finland, så lager de jo en type løsning sammen med Renovasjonsvesenet der det varsles om mengden søppel, når søppelkassen begynner å bli fulle, så slipper å få de overfylte, og så flyter søppelet utover, og så tømmer de kun ved behov. Det er bare en enkel applikasjon. Strømmåler er det, det er veldig få av de. Det er mange osm hadde GSM, det er veldig få som har LTE. Der er det da proprietære system som brukes mye. Men det kommer nok, og det finnes en haug med devicer som støtter narrowband IOT.

92	T	Ja,så det er noe som ikke er planlagt inn, men som eventuelt kanskje kommer senere.
93	I1	Ja.
94	T	Ja.
95	I1	Og det er vel kanskje 10 års levetid, kanskje ikke så viktig, for det er vel. Jeg tror kanskje er redcap kan være mer interessant for forsvaret og. Ha på. der du kan får overført en del mengder, for eksempel en videostrøm.
96	T	Ja, vi kan se litt på den.
97	I1	Så bare se på redcap.
98	I2	Så i chatten så la jeg 2 linker til disse 2 forskningsprogrammene etter 5 VINNI i og og påfølgende som heter imagine beyond 5G, som du også kan titte litt på fordi det forsvaret er jo med som usecase for disse her sånn. Så jeg ser at det tiden vår er jo straks ute her sånn, men. Jeg må avslutte klokka ganske snart jeg, men hvis du har oppfølgende spørsmål etter dette så får du bare komme tilbake til oss, tror jeg.
99	T	Ja ja skal gjøre.
100	I1	Jeg har litt. Jeg kan ta 10 minutter til hvis.
101	I2	Supert.
102	T	Ja, jeg tenker synes jeg tenker på er bare sånn om dere har noen sånn andre scenarioer fordi jeg tenker litt på nå er jo det å bruker 5G til å knytte inn sensorer, bruker 5 g som en bærer tilbake igjen til et kjernenett. Og denne posisjonsavlesning, at du klarer å finne posisjonen til ulike enheter og plassere de ved hjelp og timing advance. Om dere på en måte også ser noen andre bruksområder for

		5 g. Som kan være relevante som kommer nå?
103	I2	<p>For før jeg hopper ut, så kunne jeg bare tenkt meg å si en ting. Og det er at. Slik jeg ser det da, så er det utrolig viktig at skal skal vi tjene penger på skal operatørene og andre tjene penger på 5 g så er det. Så er det vesentlig at vi adresserer applikasjonsutviklerne. At vi også ser at applikasjonsutvikleren som en som en kunde og det er det er noe vi blant annet fra ***** side er opptatt av, og da tenker vi at da må vi, de kapasitetene som et 5 g nett har. Vi må gjøre de tilgjengelige for applikasjonsutvikleren på et på et litt mer høynivå og litt sånn forenklet nivå. Slik at du kan lage applikasjoner da på vertikal applikasjoner på et høyt nivå som forholdsvis enkelt gjør bruk av de kapasitetene som 5 g nettet gir deg. Det kan være på orkestrering, for service og orkestrering, det kan være for nef, Det er en av disse 5 g funksjonene som betyr det network exponer funksjon. Altså den gir en exposure av de underliggende Komponenter, edgen også videre. Og det vi prøver å gjøre det er å lage noe vi som er konseptnavn vi kalte for network as code. Du kan faktisk søke på det, så vil du finne noe om det også, hvor vi bringer opp disse kapasitetene til et litt høyere nivå, så bruk for applikasjonsutviklerne. For at de kan gjøre bruk da av nettets funksjoner, men uten å behøve å forstå innsiden av hvordan nettet egentlig virker. Så det er det. Det er litt, kanskje litt sånn generelt svar på på spørsmålet ditt, fordi at vi tror at veldig mange av de tjeneste use casene som virkelig vil ta av de de vet vi ikke om engang i dag, så derfor så må vi. Hvert fall passe på at nettets muligheter legges åpent og lett tilgjengelig for de som gjør tjenesteutvikling. Du ser jo det noe av det samme som har sett skjedd nå på mobiltelefoner gjennom apples portaler og så videre hvor du finner tusenvis av applikasjoner og ingen ville noen gang. Hvis det hadde vært begrenset til apple, så hadde det jo vært svært begrenset hva vi hadde fått, så her lager man da altså en, for utvikleren, En software development kit med API er slik at ved hjelp av et development kit og API'er så skal kan man lage tjenester som applikasjonen, gjennom en gateway, skal kunne gjøre nytte av. Var bare et punkt jeg ønsket å fremme og, og dette her er noe jeg har lyst til å også forsåvidt og få med forsvaret og K***** og sånn litt mer med på, og vi hadde gjerne sett at en av de som skal nå inn i dette forskningsprosjektet som heter imagine, en av de som kanskje kunne begynne å prøve ut dette, kunne vært også folk ifra Forsvarets tjeneste utviklingsgruppe.</p>

104	I1	Ja. Du nevnte posisjonering. Jeg kan sende en presentasjon jeg holdt for tekna i høst. Bruk av 5G for posisjonering, vi ser på muligheter å komme ned på svært høy nøyaktighet her, men da må du ha en lokasjons server i nettet ditt og helst kunne se flere celler. Skal vi se? I 6G så kommer det og der snakker de om at nettverket skal være en sensor. Så du kan faktisk finne. Vi demonstrerte det på en MWC i Barcelona. Der vi ved hjelp av radiosignalet, så detekterer vi posisjonen til personer direkte. Da får du veldig høy nøyaktig, men det har det veldig tett beliggenhet på site.
105	T	Ja, jeg skjønnte som jeg snakket med en i ****, så mente han at den siste releasen så kunne du få opptil en meters nøyaktighet.
106	I1	Det er korrekt.
107	T	Ja og i forsvaret sammenheng, så tenker jeg det vil jo holde mer enn nok.
108	I1	Ja da det i mange tilfeller kanskje timing advance som du ser på nå. Det er veldig lett å få tak. I prinsippet så den blir presentert og sendt til kjernenettet.
109	T	Du var inne på, du kan jo kjøre det her og det er en ting du kan gjøre hvis man har et eget kjernenett, og man har enheten i sitt kjernenett, da kan man hente ut data for å se hvor enheten er hen, For da ligger jo dataen tilgjengelig og da kan du hente den ut.
110	I1	Korrekt.
111	T	Men så hvis du også bruker kommersielle Nettverk. Si at du er oppe i Bardufoss, og så sender du en bil ned til Narvik, og så går du ut av din boble og inn på kommersielle nettet. Må du da ha en avtale eller et system som gjør at du får hentet verdiene eller tatt med verdiene videre?
112	I1	Ja der kan du jo ja. Det må du ha, men du kan si hvis du ringer et nødanrop, så vil operatøren alltid sende med det timing advance, og

		<p>sende det til nødetatene, så de ihvertfall har den informasjon og for nødetatene er det ofte til stor hjelp for helikopter. Så er jo til og med 550 meter som du har i GSM fantastisk mye bedre enn det de hadde, så det samme med ambulanser de fikk direction, så det er nok en avtale som sikkert forsvaret kan få til med de kommersielle operatørene at de sender videre. Vi bruker noe som heter any time interrogation, og da går du inn og spør. I dette tilfellet når det ble standalone AMF Å©n om disse dataene. Ellers så spør du MME' Å©n i et 4Gnettverk.</p>
113	T	<p>Ja så den kjernen du tilhører da. Den kan da spørre den andre kjernen du kobler til. Hvor er den enheten nå holdt på å si?</p>
114	I1	<p>Korrekte. Ja. Så her den presentasjonen. Det var noe jeg fikk litt hjelp av kollegaer. Vi har jo. Bell labs er jo nå en del av nokia så. Jeg hadde en kontakt med en kollega bort i Chicago. Hvertfall så ojbbet hun på Bell labs i USA. Og han hjalp meg litt med Input til den presentasjonen jeg nettopp sendte til deg. Så der kan du kan du se litt på på posisjoneringsmetoder og nøyaktighet. Ellers andre applikasjoner på 5 g. Det er jo veldig bra båndbredde du kan få, med beamforming så får vdu både god dekning og god posisjonering, så det vil hjelpe deg. Noe som sikkert brukes lite i dag er jo som jeg ser en del nødetater, politiet i en del land bruker da for dokumentasjon. Så har de et lite kamera på seg her. Og det er jeg på meg i hvertfall kan være nyttig, så lenge ingen andre får stjelt av dataene fra fra det, så tror jeg det kan være nyttig for forsvaret, både for regognisering og for å følge opp personell. Hvis det, la oss si du er i vanskelig terrenget og gir muligheten til å passe på personellet og at de. Hvis det skjer noe, de skulle falle el. så finner du de lettere når du eventuelt kan gå og se på bildet i tillegg til timing advance.</p>
115	T	<p>Ja, jeg tenkte jo den du snakker om. Ingen får tak i informasjonen eller dataene. Hvor mye sikkerhet er det som er implementert? Tenker jo det er veldig aktuelt for forsvaret akkurat det du sier da og ha kameraer på folk, og så sender du dataene over 5 g tilbake igjen til en kommandoplass eller lignende.</p>
116	I1	<p>Det er jo godt. Det er jo god kryptering i 5G etter min mening. De har jo utviklet enda flere avanserte algoritmer enn det vi hadde i 4G. Nå er ikke det tatt mye i bruk i kommersielle nettverk. Det og de</p>

		<p>bruker vel stort sett det samme som hadde 4 g, men men allikevel det er. Og jeg har ikke hørt at de har klart å knekke de krypteringsalgoritmene. Tror nok i forsvarssammenheng, så er vel deteksjon av radiosignaler fra terminalen, er vel kanskje en større risiko for at en fiende klarer å peile enkeltsoldater fordi de har noe på seg som sender kontinuerlig. Eller om de ikke sender kontinuerlig, så vil det og. Være en viss lekk av signal fra en lokale radioen i terminal. Så hvis du har veldig bra avlyttingsutstyr men igjen, så skal du da være ganske nært og en fiende vil jo lett kunne bli oppdaget av deg fordi han har oppe en litt stor antenne for å sense disse, sense enkeltsoldater. Men jeg tror nok mer på at radiosignalet fra soldatene og deteksjon av radiosignalet fra soldaten i terrenget er en større risiko enn at de klarer å stjele og dekode signalet. Og bruker du disse høye frekvensene også er det jo veldig smale stråler med aktiv beamforming. Så er du utenfor strålen, og så selvfølgelig går det litt til sides på stråla, men det. Den er nok ikke så lett å oppdage, men terminalen den sender jo i alle retninger, så den er lettere oppdaget da, men. Han vil jo som regel kun sende når strålen peker rett på brukeren. Og der kan du jo være litt sånn randomisert når terminalen din skal sende. Han sende ikke kontinuerlig signal tilbake til nettet. Så helt enkelt er det ikke. Å... finne noen, og hvis noen skal legge mye jobb i å prøve å dekode signalet som så ser de det bildene som du ser, men jeg tror det er mindre viktig for en fiende å få de bildene enn å få, i de fleste tilfeller, det må være eventuelt at du går til et skjulested, men igjen. Det er kanskje lettere å peile signalet fra terminalen, enn å stjele de bildene.</p>
117	T	<p>Ja, jeg vil være sann tro det også at jeg er en større bekymring det med peiling. Men hvis det kun er mulig over korte avstander og ikke at du kan stå inne i Russland og peile midt ute på finnmarksvidda liksom.</p>
118	I1	<p>Du klarer ikke det, og da må være med flere satellitter, så så jeg tror nok ikke det, og det vil være mye støy fra det kommersielle nettverket i tillegg. Og så vil jeg, innbiller meg at saniteten vil kunne ha store gleder og nytte av det sånn som det er idag. I Kommersielle nettverk med skadde så vil du kunne få gode bilder av den skaddet soldat og få hjelp til å behandle en skadd soldat. Gjøre Førstehjelp.</p>

119	T	Ja sånn ja, ja, mens du egentlig er på vei for å hjelpe også.
120	I1	Ja men du er på vei for å hjelpe og mens du sitter med soldaten så kan utseendet på hud, på sår også rapporteres. Selvfølgelig beskriver jo ofte veldig bra, men kan du se et bilde i tillegg, så kan du sikkert få litt bedre hjelp av mer erfarne helsepersonell som kan gi deg råd på hvordan du skal behandle soldaten. Så er det jo veldig stor kapasitet i 5G da som du kan stor tetthet på terminaler. Spesielt IIOT. Det er masse i maskin til maskin kommunikasjon. Men det er kanskje ikke så kritisk, selv om det er mange på et lite område, så klarer vi jo det med 4G i dag også.
121	T	Jeg ser jo for meg at det blir jo mye. Det blir jo spesielt mye sånn datastrømmer som kommer til å være der forsvarer bruker mye til. For å skape bedre situasjonsforståelse og det med å ha tilgangen til. Ja det å få live bilder overalt fra veldig mange, at man deler mye data og videoer.
122	I1	Og det, det kan du og kan du også vurdere mbms tjeneste. Altså en broadcast tjeneste. For det var en avveining for det krever jo litt flere enheter, men på andre siden så sparer du en del båndbredde, men der er det og et punkt du kommer til der du kanskje bør gå over til EMBM system om det er veldig mange som skal motta samme videostream. Så kan du velge å sende disse som broadcast og alle mottar samtidig, eller så sender du dem som en unicast til hver enkelt bruker. Og før vi diskuterte jo dette med nødnettet. De insisterte på å ha mbms. Vi gjorde noen beregninger der, muligens unicast kan være godt nok. Det går veldig fort, og du har mye kapasitet. Typisk ja, både forsvarer, nødnettet og nødetater og andre. De bruker gruppecall for det meste og det bør de gjøre. De bør ikke ha noe sånn en til en. Slik er alle oppdatert på situasjonen, og alle får samme kommando og ordre samtidig.
123	T	Det jeg tenkte også på var det med sånn å ha gruppesamtaler, nå har du på en måte nødnett, men med 5G så er det mye lettere for flere å koble seg på gruppesamtaler. Det kunne gjøre at du kan bruke 5G som et linkup samband mellom da politi, Heimevernet for eksempel el. Og si du har 15, 20 forskjellige nett med forskjellige funksjoner. Setter opp en overvåking av de nettene ved hjelp av en eller annen maskin læring. Så i det navnet ditt blir kalt opp, så får du en varsel og

		så får du alt som skjer i chatten. Den blir skrevet opp fordi du har talejerkjenning.
124	I1	<p>Absolutt. Og du. Ja. Vi var med på nødnettet. Vi lagde call notefunksjonaliteten. Jeg vet ikke om du har hørt om den. Jeg vet ikke om noen andre land enn Norge har den, eller det er fordi vi har så mange frivillige. Det har du i mange land også, frivillige.</p> <p>Brannvesenet for eksempel så har jeg en tysk kollega, Og der var det sånn at de som sitter på Nødsentral eller kontrollrommet. Når de får et anrop om at det er Brann, så går de inn på lista så plukker de frivillige. Også kom det melding på telefonen, og da kan du svare ja, jeg kommer. nei, har ikke mulighet til å stille, eller kanskje. og da bare fortsette de på listen, og da hvis de ikke har fått nok, så må de som svarer kanskje fatte en beslutning at de kommer. Men når vi skulle utvikle det, så måtte vi gjøre softwareutvikling på terminalene. For det, er en sms lignende tjeneste, og så måtte vi utvikle noe på radioen faktisk. Og vi måtte utvikle noe på kjernenettet selvfølgelig, og noen servere ol ikke sant. I 5 g nettet så dette transparent for hele nettet og du gjør hele logikken i en server. Mye enklere å få til å enn det gamle TDM baserte systemer. Så der er 5 g, Og 4 g, Overlegen. Så okei, nei, men jeg tror dessverre må hoppe ut jeg også. Det var veldig interessant å diskutere med deg, det er kjekt å snakke med litt unge folk og så det er bra, så jeg vil ønske deg lykke til å selvfølgelig bare sende en mail, eller ring meg hvis det er noe mer du lurer på, så kan jeg kanskje hjelpe deg litt til.</p>
125	T	Ja supert. Tusen takk for at du stilte opp.
126	I1	Selvfølgelig. Så så lykke til da så du skal levere oppgave i juni.
127	T	Ja stemmer.
128	I1	Ja. Nei, det er mye jobb. Da skrives som masteroppgave og.
129	T	Ja ja, det blir det mye selve skriving også. Som er mye.

130	I1	Det er mye jobb, og som sagt det. Sensoren ser den skriftlige besvarelsen din.
131	T	Nei.
132	I1	Dekk alltid, de ser alt jobben du har lagt ned og få skrive ned dette. Men ja hade
133	T	Ja, hade.

Appendix **P**

Interview: NDMA interviewee 1

This appendix contains the transcript from one of the persons working for NDMA. He has experience from several years in Telenor within the core networks and cellular systems. Is currently working in the Communication and Information Systems (CIS) division as a Senior Engineer, with overall responsibility for CIS in Norway's armed forces.

This appendix is written in Norwegian. The letter "I" indicates that the interviewee is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	I	Men altså det du det du gjør. Nå er at du du skriver masteroppgave, og. Så er det metoden din ganske mange intervjuer
2	T	Jeg har intervjuet du som noen fra SBBN, noen fra Telenor. Telia. Huawei og nokia. Og du jobber jo også ganske mye med det her. Så det jeg har kommet fram til er på en måte masse ulike teknologier ved 5 g som jeg ser på en måte kan være relevante. Og så prøve å sette det inn i. Scenarier og bruke det på fornuftige måter, så det er jo veldig mye samme som det dere gjør, egentlig. Men jeg fikk på en måte beskjed om at jeg kan gjøre det samme som dere, men jeg må på en måte komme fram til det gjennom intervjuene da og gjennom egne vurderinger egentlig.
3	I	Ja, du må jo gjøre dine egne vurderinger. Og så må du. Tror det er veldig lurt at du. Gjør mange intervjuer. Fordi jeg har noen oppgaver for hvor man har basert seg på veldig få. Og det blir ikke veldig godt.
4	T	Jeg har sett en. Det er par intervjuer nå, for det er litt sånn motsigelser og sånne ting også.
5	I	Ja, det er morsomt.
6	T	Ja for da må jeg jo sjekke selv, hvem som egentlig har rett her og om det er en ny release som gjør det eller om. Det er noe annet som gjør det for.
7	I	Går det på rent teknisk eller går det på bruken?
8	T	Teknisk blant annet. Det er bla. den med posisjonering. Så snakker jeg med en som mente at basert på en aktiv antenne 64 og 64, så hadde du muligheten til å finne posisjonen ned mot en meter. Og det var på en måte ute fra da retningen på antenna og timing advancen. Og hvordan man klarer å si den, så spesifikk når den sender ut en sektor. Det er jeg litt usikker på, men han mente det kommer i den nyeste releasen som ikke er kommet enda.

9	I	OK. Og OK jeg, jeg tror ikke du klarer det med kun og en antenne. Altså en frittstående antenne ikke tilkoblet et system og en device. Det tror jeg ikke du får til.
10	T	Men hvis du kobler den til. Noe mer at du, eller at du har utgangspunkt i flere antenner.
11	I	At du har flere antenner, sånn at sånn at telefonen også har. signalnivå, angle of arrival og flere av disse tingene fra flere steder, men på en måte på disse tekniske delene er jo egentlig det. Dette her for. Det kan jo du slå opp og lese i 501 hva som står der og så vet du da hva som er fakta for release 15, 16 eller 17 så det er jo egentlig det letteste her. Vil jo forvente at det er jo mange ting her som. Hvor det er ulike meninger, rett og slett fordi det ikke eksisterer en fasit. Som er jo mer. Kanskje mer interessante vurderinger hva som er fakta for de ulike releasene, det finnes jo.
12	T	Jeg prøvde å lese litt fram i de igår, det var litt vanskelig å finne fram til riktig type dokument. Og alt mulig, men det ja, det er. Jeg leste på hele dokumentet, tror jeg en sånn det var 450 sider på release 17.
13	I	Hvis hvis du trenger, så kan jeg godt sende deg noen ting, og altså det jeg har sittet og vært med å utvikle disse spekkene her i en del. Ja, har egentlig sittet i 3GPP og gjort dette her. Så er ganske godt kjent med hva som er hvor. Jeg kan ikke alle sidene på rams, for det er det ingen som kan lenger, for det er mange tusen sider per releasse. Og ja, og noe av det er jo også litt lite tilgjengelig, ikke sant siden. Eller litt lite tilgjengelig betydning, litt litt vanskelig å lese siden en release er jo da beskrevet ofte over flere. Ja altså en feature kan jo være beskrevet da i arkitektur sprekken på side 300, og så står det noe om det i liksom en av radio spekkene på side 200. Ja, det gjør den litt verre å finne fram til.
14	T	Men jeg har sett litt på da som. Jeg har sett på nå. Det er hvilken sånne hovedting ved 5 g. Jeg skal tenke meg å bli nøkkelen. Og det er jo litt det med autonome kjerner. At du har ulike muligheten til å ha ulike sim profiler eller e sim. Som gjør at du kan være tilkoblet både kommersielle nettet og Forsvarets nett. Og det er en måte å bruke mulighetene til å kombinere det her, utifra hva du har tilgjengelig. Så har jeg på en måte kommet fram til en del ulike sånn type ting, typ at

		<p>du setter opp egne nett, og så har du mulighet til å ha autonome sensorer blant annet. Du får jo en båndbredde tilgjengelighet som blir mye større. Og så har du også den muligheten til å koble inn sånn her, det med piconet og med en reachback tilbake igjen. Altså uten å ha en kjerne også, ute på en basestasjon. Tror jeg at du er veldig reelt for veldig mange. Ja og fjernstyring av droner og så videre. Jeg vet ikke om du har noe? Tanker rundt på en måte hva forsvaret tenker, er det det vi tenker eller tenker vi noe mer som jeg ikke har nevnt nå på en måte? Er det noe sånn ulike use-cases?</p>
15	I	<p>Det var et. Langt spørsmål da, men. La meg begynne i hvert fall da, så kan vi og se hvordan det går. Jeg tenker jo først og fremst, så så skal jo vi bruke nettene som er der tilgjengelig i dag. Vi har 3. Vi har 3 nett i Norge som er blant verdens beste. Hmmm det betyr at og de er også langt på vei uavhengige som gir en svært svært god robusthet hvis vi kan bruke alle. Oppetiden til hver og en av de er 99,999%. Det betyr i snitt 5 minutter nedetid i år. Og vi kombinerer samtlige. Så betyr det at vi har en tilgjengelighet som er svært stabil. Og på samme måte som. Forsvaret i dag er det en vei der, så bruker vi veien. Er det en bro der så bruker vi broa? Men hvis broa har forsvunnet enten på grunn av naturkatastrofe eller en villet handling, så må vi ha kapabiliteten til å legge egen bro. På samme måte skal vi gjøre det egentlig her. Vi skal bruke. Nettet som finnes der og skal vi prioritetene til å forlenge og forsterke hvis det enten ikke finnes dekning der, eller fordi den har forsvunnet enten pga. naturkatastrofe eller villet handling. Det er på en måte utgangspunktet mitt. Ja. Så jeg mener, hvis vi starter da på den på den første, så skal vi bruke offentlige nett. Vi skal sørge for at vi får en militær slice eller en nettverksskriver. på Norsk i alle 3 nettene? Det gjør vi jo for å. Få en høyere grad av sikkerhet. Og for å isolere vår trafikk fra annen trafikk og for å ha muligheten til å adaptere eller tilpasse nettene til vår bruk. Det er jo det som ligger der i en slice. Og mye av dette er jo kjent for deg. Men det er jo enkelte tilpasninger vi vil gjøre for vår bruk, blant annet å fjerne for eksempel roaming til andre land, eller hvertfall til land vi ikke liker som. Jo tilbyderne ikke kan gjøre for sine vanlige kunder, fordi man skal kunne ringe til Kina og Russland. Og vise versa. Det kan vi fjerne, så det går jo på å utnytte den muligheten for å tilpasse og da fjerne angrepsvektorer. Som må være der for brukbarheten for vanlige kunder, men som vi kan fjerne i hvert fall da for vårt strukturmakronett. De abonnementene vi skal på telefonene våre må fremdeles kunne ha tilgang til Instagram og og det frie åpne</p>

		internett. Jeg kan gå av mikrofonen sikkert hvis du heller skyte inn.
16	T	Noe, nei, nei, jeg. Det er på en måte den tilpasninger. Det å skape mer sikkerhet er jo en veldig viktig ting. Det ligger vel i grunnen på en måte for at man kan bruke det, men helt på det med kryptering og sånn. Fordi det er jo en viktig del av sikkerheten, og det er jo mye kryptering som også inngår i 5 g som er mulig å tilpasse til å få mer kryptering enn det var 4 g. Hmmm og jeg ser for meg. Vi har jo mye egen kryptering. Vi har på en måte mulighet til å bruke MRR, vi har TCE og så videre. Som vi da kan bruke 5 g som en bærer, men veldig mange vil jo synes det er tungvint å dra med seg det ut også. Kanskje typisk HV som ikke har det på alle stasjoner. Hvordan blir noen tanker om hvor mye vi kan sende over vanlig 5 g kryptering kontra hva vi ikke skal gjøre? For sånn som videostrømmer direkte ting fra en sensor, det kan jo potensielt kunne gå i den militære slicen, med 5G kryptering tilbake til en kommandoplass og så typisk mellom kommandoplasser, hvor du har støtte for det. Også vil man kunne bruke mer kryptering videre i nettet igjen.
17	I	Ja igjen, så så er det jo ikke et veldig kort. Det er ikke et ja og nei svar, men e1. altså sensordata. Er jo ikke høy grad. Sensordata er jo. Normalt sett ugradert, evt. lavgradert. Så sensordata tror jeg det er helt uproblematisk å sende over dette, for på samme måte som. Altså sensordata er jo noen som noe som observeres, noe som skjer et sted i teigen som stort sett. Og for heimevernets del er det nok 100 Prosent av det som er ugradert. For alt det de observerer kan jo hvem som helst andre også observere. På spesielle områder kan det eventuelt være lavgradert. Jeg tror ikke, at man hverken kan eller vil ha ambisjoner om å få godkjent et 5G nett for høygradert. Nettopp fordi. Det vil legge altfor sterke begrensninger på våre leverandører eller på våre partnere. Vi ønsker jo her i størst mulig grad. Å... bruke kompetansen og utstyret til Telenor, Telia og ICE/Lyse. Og vi ønsker jo i minst mulig grad å være altfor spesielle. Dette er på en måte kjernen II din konseptet at vi skal skaffe bedre sambandsmidler til flere, altså for en gitt mengde penger. Det betyr også at hvis vi skal støtte oss, langt på vei på kommersielt utstyr uten å spesialtilpasse for mye for oss, da blir hele poenget borte. Hvis vi lager en sånn superavansert ekstrem militær variant av det kommersielle. For da er det ikke lenger verken rask utvikling eller rimelig. Da blir det treg utvikling og dyrt. Når det er sagt. Så har jo vi våre kunder. Vil gjerne at vi skal ta fram lav gradert på håndholdt. Vi ser jo at det er jo. Mulig i dag med disse? B at home eller lavgradert klientene so noen har

		<p>hjemme. Som jo er realisert via en sånn ??? løsning og et 2 tunnel prinsipp siden de bruker kun mobilnettet og ikke ikke wifi eller kabel. Da har du en VPN som er jo en tunnel og så har du krypteringen i mobilnettet som er en annen tunnel. Altså tunnel i tunnelen. Det er godt nok for lavgradert. Det kan man også se for seg at man kan få til på håndsett/håndholdt, gitt at man får kontroll på OS og device. Det er jo det som står i mellom der. Kryptoen er god nok.</p>
18	T	<p>Ja OK så du kan ikke bruke din helt vanlige sivile telefon som du ikke har gitt opp kontroll til forsvaret på OS'en og sånne ting på, for å få den godkjent på lavgradert. Da må du på en måte ha en device. Det kan være en telefon, men da må du på en måte ha kontroll på en telefonen gjennom forsvaret nærmest da?</p>
19	I	<p>Det er det som er. Det er det som er arbeidshypotesen da hvertfall. På samme måte som en sivil arbeidsgiver når det gir deg teams og tilgang til bedriftens dokumenter på en håndholdt, så forlanger de at du har en flåtestyring på devicen, så dytter de policyer ned til devicen. Som blant annet forutsetter at du bruker en låsekode. Den har vanligvis en sånn sikker lagring av bedriftsinterne dokumenter, en del sånne ting.</p>
20	T	<p>Vi snakket om det med simkort. Og ulike metoder og valg for det. For jeg skjønnte som Telia og Telenor hadde valgt litt forskjellige utgangspunkt? Det er veldig sånn basert på at. Jeg bare har hørt litt om det så det kan være feil. Men litt inn på det, snakket om at utfordringen da, hvis du vil at HV skal ta med seg sin telefon. Møte opp et sted, og så skal de være med i den militæret delen av nettet med en telefonen. Så vil du ikke ha distribuert simkort nødvendigvis i forkant, så de på en måte alltid er aktive med i nettverket. Men hvis du da allerede har mistet forbindelsen tilbake igjen til, si helt sentrale. Og du på en måte kun har din enten egne private, autonome edge akkurat der, eller om du også er uten den, har du på en måte tenk på noen gode måter å få nye brukere inn i nettet ol?</p>
21	I	<p>Ja, hva skal vi si der? Først og fremst kan du kanskje se at utfordringen eller spørsmålet blir litt kunstig. Og så må vi kanskje dele opp. Er litt usikker på hvordan transkriberingen din Blir her. Men la oss tegne opp et par la oss tegne opp et par. Scenarier her da. Altså Heimevernet, det som er utfordringen til Heimevernet. Er at de har 40 000 mann i strukturen. Ingen har lyst til å betale 299 i måneden for de</p>

		<p>som skal inn 2 uker, nei 1 uke annenhvert år, eller noe sånt? Det vil ikke Ragnhild Gorsetbak betale for. Det Ragnhild Gorestbak vil betale for er et abonnement i den uken de er inne. Og da kan man ganske lett å se for seg at når disse møter Opp. For eksempel i vatneleiren sånn før påske her, så får de utdelt sitt våpen, sin stridsvest og de scanner en QR kode og får en esim profil, så de har tilgang til heimevernets slice. Systemet som ligger inni der, alt inkludert av data som de trenger for den perioden, så bare slutter dette abonnementet og virker det når de skal hjem etter en uke eller 2. Så betaler Heimevernet for abonnementet de 2 ukene soldatene har tilgang til alt en trenger av systemer, slipper å bekymre seg for bruk i egne datakvoter på WASOS eller hva det er. Og er forsåvidt funker bra. Det som Telia vel tar opp her, eller det som du tar opp her er jo et scenario hvor? Noen, altså en soldat i skogen, har mistet alt utstyret sitt og kommer på en måte i undertøyet til et sted. Og trenger å få tilgang til en esim profil når du er helt frikoblet fra resten av verden? Ja og det scenarier dekkes best ved å bare dele ut et fysisk simkort. Det er betydelig lettere. Men det er nok også et litt mer sjeldent tilfelle.</p>
22	T	<p>Ja sannsynligvis så vil du på en måte ha en eller annen forbindelse fra den leiren da, for du er avhengig av en. Holder det å ha på en måte å ha den autonome siden til Heimevernet å ha forbindelse den. Eller må du på en måte eventuelt da ha forbindelse helt tilbake igjen for å få den skanningen og for å få? Lastet den esim profilen?</p>
23	I	<p>Nei, men mest av alt så tror jeg det er som et par veldig viktig problem her, men skal du må nå Telia sine sentrale systemer hvis du skal hvis du skal ha en ny esim profil der. Det vil du ikke trekk med deg ut i skogen. Når det er sagt. Nå blir jo dette Semistrukturert, kanskje da egentlig, da dette intervjuet, men når det er sagt så har jo vi. Hatt et veldig stort fokus i starten på autonomi, at ting må fungere helt autonomt. Men vi ser jo også så for våre kunder er jo i større og større grad. Opptak av og avhengig av og ha kontakt ut. Og som vi så kan ha et et nett, som gir en massiv kapasitet internt og kan operere autonomt hvis det er nødvendig, så ser. Vi at det er jo. Veldig veldig. Ok veldig veldig viktig å ha i hvert fall en sugerøret kapasitet tilbake hjem. Ja, fordi man har behov for å kommunisere ut. Og vi ser jo også her at med. Med alle de mulighetene som dukker opp for å kommunisere hjem, så er det veldig få tilfeller vi ikke kan klare å få til det på en eller annen måte. Enten ved hjelp av de 3 landsdekkende nettene på ett eller annet vis, eller ved å koble oss til. Ja, en eller annen node, internettleverandør, militær satcom, spacex, eller noe.</p>

		Klarer vi å få tak i.
24	T	Nei, jeg er veldig åpen egentlig, så hvis du egentlig er noe annet som er viktig eller annet, så er det.
25	I	Og så spurte du her om. Du spurte vel om 2 ting, gjorde du ikke det? Først var om slice, versus operasjonen om autonome nett? og så sa du noe om use-caser og hva skal vi bruke det til? Og hva vi skal bruke det til har vi jo ikke kommet til enda. Så da tenkte jeg å gå dit. Ja, hvis hvis. De svarte ut i hvert fall. Slice biten også snakket vi litt om autonomi. Men vi kan ta det i den rekkefølgen du foretrekker.
26	T	Nei, jeg føler egentlig vi kan. Jeg føler med at det er litt ja, sånn ish kontroll på autonomi og ja så vi kan gå litt inn mot use-caser.
27	I	Hvor skal vi begynne altså på på use-caser, så er det jo ofte naturlig å begynne med det enkleste eller det kjedeligste, og det er jo en sånn organisk utvikling fra hva vi har i dag? Hmmm og det er vel det? Ikke sant? For vi bruker jo. Massiv mengde 4G i Dag. Noe av det som en del av.
28	T	Av paceplanen
29	I	Ja, eller noe som er en del av en sambandsprosedyre. Og som på en offisiell måte blir brukt sånn som TKN idag. Der vil jo en overgang til 5 g være være et løft på hardwaren når det skal gjøre noen ting, men det vil bidra til bedre, bedre dekning, bedre kapasitet og et visst økt sikkerhetsnivå. Men det er jo sånn organisk utvikling fra det vi har idag. Så har vi jo det, som vi har valgt. Å... kalle skyggebruk, altså den delen av den delen av bruken som ikke er del av sambandsplaner eller som offisielt gjøres I dag, men som vi er helt avhengig av likevel. Og så har ikke jeg tenkt å gå inn på alle eksempler der fordi det blir det begrenset og dette har du på teams? Ja, men det er et tilstrekkelig stort antall. caser der som ikke er del av sambandsplanen, som ikke er offisielt blir gjort, men som som likevel er en. Betydelig betydelig bruk av kommersielle mobil i dag. Og det å få kontroll på den, få den brukedn inn i sambandsplaner og inn i noe mer sikret militær slice, som vi har kontroll på vil være et enormt løft. Kjempeløft for sikkerheten og for sambandet i stort. Og bare å uten å gå inn på alle

		<p>delene der, så er det jo ting som, i mange tilfeller hvor det ikke finnes noen særlig gode alternativer, eller hvor avdelingen ikke er satt opp med noe annet samband. Og så er det jo også disse. Disse delene som skal samvirke med det sivile, enten det er logistikk som er avhengig av Bring og schenker og andre og da ja, ulike bussruter for å transpore soldater det eller andre ting som er jo helt avhengig av kommersiell mobil. Og alle disse tingene kan jo godt kalles superkjedelig caser, men det er likevel en ganske viktig eller ganske stor del. Hmmm så er det jo dette med med 5G som bærer av sensordata har du jo vært innom. Altså en når vi har en såpass solid dekning av Norges landareal på en makronett her, med eller uten en militær slice. Så er dette åpenbart veldig godt egnet til å bære sensordata. Og så vet vi at prisene på moduler, prisene på sensorikk altså både kamera og andre ting går ganske kraftig ned. Strømforbruket går ganske kraftig ned. Batteriteknologien har blitt bedre, så gir jo svaret seg selv at det er interessant. Ja, og så har vi jo dette med med samvirke i totalforsvaret egentlig som også er en sånn ganske åpenbar case. At 5G teknologi blir jo fellesnevneren her for neste generasjons nødnett. Det skal være over 5 g. Samvirke med Politi, helse Brann. Samvirke med toll for grensen oppdrag. Heimevernet, som samarbeider såpass mye totalforsvaret, så er jo 5 g som et ganske åpenbart valg.</p>
30	T	<p>Ja lurer på det med device til device. For jeg føler veldig mange vil jo alltid ha muligheten til å sette opp en reachback på en eller annen måte, gitt at man må snakke med om veldig små avdelinger som skal være lett oppsatt for eksempel. Da som ikke vil ha mulighet til å ha med seg til starlink eller som har det generisk. Så er det snakk om da på en måte. Det er for lite sendeeffekt på en vanlig håndholdt device med 250 milliwatt for egentlig å få noe sånn særlig dekning og rekkevidde og få det til å fungere på en god måte. Men er det på en måte en use-case dere har sett på? Det å bruke device til device? Men at man venter heller på industrien på at de tar fram ting med høyere effekt og eventuelt på en måte går videre med det.</p>
31	I	<p>Altså, device til device er noe som brukerne våre etterspør. Ja ja, men hvor det rett og slett ikke finnes implementasjoner og teste her nå. Dette er jo spekket opp og skal jo tas fram for nødnett bruk. Altså egentlig for å replikere tetra som du sikkert er kjent med. I det som er skrevet i N6 standardene. Og det er spekket opp for der i 5G også, men hvor det ikke finnes implementasjoner å teste på enda. Akkurat nå, så er det det som har vært hovedbekymringen og ikke begrensningen på 250 miliwatt. Når det er sagt så ser vi også etter og venter på sånn</p>

		high power opplegg. Fordi det kunne gitt oss større uplink kapasitet. For vi vet jo at det er utstyr som er implementert med hardware støtte for det idag, men hvor det ligger sperre i software, rett og slett fordi de skal oppfylle kravene som myndighetene har satt. I ulike frekvensbånd, ligger det ulike grenser på hvor mye du får lov til å sende i ulike såkalt båndbreddeklasser, 2, 1.5, 1. Og det er det som er begrensningen idag.
32	T	Så egentlig ikke så mye som mangler før man på en måte. Ja, får man satt opp begrensningene, kanskje man kan få lov til det i militær sammenheng? Gjør det riktig måte da?
33	I	Ja ja ja og det det er. Noe vi har tenkt på eller sett på, sånn når det ligger en hardwarestøtte der så kunne man jo fått en mer militær leverandør av sånn til å implementere. Men altså den device til device eller sidelink som det heter i 17 den ligger jo ikke der enda. Den er ikke noen som er implementert. Det er en bra mengde notater her da.
34	T	Ja, det er litt for å sortere tankene. Med litt ulike muligheter. Det er litt i ulike måter teknologiene som jeg har sett for meg er reelle og viktige å kunne bruke. Også er det det å prøve å putte de inn i use case etter hvert, det er sånn som en del snakket om det å ha for eksempel en drone rundt en stridsvogn gruppe. Måten man må løse på noe uten mot device-device for å spre bildet. Det må jo være at du setter opp en basestasjon i bakkant, og skaper en boble. Ja, det er selvfølgelig en helt grei løsning. Som gir mye mer enn i dag, men det krever jo også på en måte en viss koordinering og planlegging. Da må du planlegge hvor du skal ha 5 g stasjonen din, på samme måte som hvor du skal ha MRR stasjonen din. Selvfølgelig kan samme personen sikkert gjøre mange oppgaver samtidig og få til det. Men du er på en måte der at du kunne brukt det helt frittstående enda.
35	I	Nei, og det er jo det. Som er på en måte. Det er dette som er på en måte velsignelsen og forbannelsen med dette. Til forskjell fra en klassisk militær radio som er point 2 point eller point til multipoint, så er jo dette et system. Fordelen her er jo at du har et ekstremt potent nett som finnes i hele landet som du kan bruke uten, med et ekstremt lav brukerterskel. Du trenger ikke et relelag eller en sambandsoffiser til å styre med det. Ulempen er jo også som du pekte på at, er du et sted det ikke finnes noen ting, så må du skape det selv, og da må en

		<p>enhet være en slags master, altså den som er spekket opp og har en kjerne. Og det er jo det som er. Kanskje særlig en sånn klassisk militær tankegang på samband, drawbacket her. Noen må ha den, og du må planlegge. Skal da den vognen kjøre først skal den vognen kjøre i midten. Hvordan sørger vi for dette. Som sannsynligvis ikke er ferdig tenkt.</p>
36	T	<p>Jeg tenkte på, du vil jo ofte ha den kjernen sannsynligvis da i de veldig mange kommandoplasser. For å på en måte sørge for at hvis jeg mister konnektiviteten ut av min boble, så er fortsatt tilgangen og kommunikasjonen til mine enheter, til mine sensorer, typisk tilgjengelig. Og alle som setter opp en sensor som på 5 g vil jo være avhengig av en dekning. Sånn sett? Men det er på en måte da blir jo veldig mange kjerner. Der blir jo sånn 50-100 kjerner som på en måte er løsningen. Det er det jeg snakket med telia, så var det på en måte. Det fremstår ikke egentlig som en veldig stor utfordring. For er de på nett når du drar ut, så har de lastet inn alle simkort og profiler og behov for oppdatering er jo ikke så stort hele tiden holdt på å si. Ja jeg ser jo at det på en måte vil jo kunne fungere ganske greit sannsynligvis.</p>
37	I	<p>Ja altså det som det som jeg tror er den store styrken her er dette med samvirke og sameksistens mellom det du kaller bobler eller altså taktiske 5G nett og en slice i makronettet. Sannsynligvis er det ikke. Finnes det ikke nok hvite flekker på kartet i Norge til at du trenger 100 kjerner? Fordi det finnes steder på både dypt i dalene og I, noen nasjonalparker og ikke minst på finnmarksvidda, hvor det ikke finnes dekning, også noen steder i Troms. Men nå er det vel 98% befolkningsdekning og godt over 80% arealdekning. Så stort sett vil, er du i et tilstrekkelig stort område, så vil du ha dekning fra makronett, også kan du fylle på de stedene hvor det ikke er med dine egne kjerner. Og så får du disse til å virke sammen.</p>
38	T	<p>Kan man det er jo det at man trenger ikke nødvendigvis kjerner til alle kommandoplasser som står ish i de samme områdene heller. Og man kan jo også se på muligheten for å bare. Utvide makronettet istedenfor å da legge inn en kjerne som må stå akkurat det. Eneste man mister da er jo behovet for lav latency. Altså da må du jo først inn i utskutte nettet og så inn i makro nettet og så tilbake til din kjerne. Men snakker du om ikke latency krevende tjenester da som kun egentlig er</p>

		autonomitet. Så vil jo ikke det egentlig heller være noe problem sånn.
39	I	Nei go du kan jo, men først og fremst, så har du ofte makrodekning. Og når du ikke har makrodekning så kan du jo ta med, og det er vel, det som vi da har vist med telia og telenor tidligere, altså at du kan ta med en lokal. om du kaller det Picostar eller en annen variant som kan koble inn i hva som helst du måtte finne. Om det er forsvaret FKI som er tilgjengelig, så bruk det. Har du et Telenor fiberpunkt, bruk det. Har du ingen av delene bruk en Satellitt, så har du jo? Utvidet makrodekningen. Du trenger ingen egen kjerne, trenger ingen simkort, du har bare makrodekning der også. Som gir jo en veldig fin fleksibilitet.
40	T	Skjønte jeg det på HV, gjennom Telia så var det det piconettet. Var jo sånn det de likte beste nesten, for da slipper du på en måte det å ha så mange kjerner.
41	I	Har du sett den her videoen fra jøssing?
42	T	Ikke en fra Jøssing, men den Telia hvor de satte opp noe, hvor Henning var med på videoen? Er det den?
43	I	Ja den fra sessvollmoen.
44	T	Ja, det er litt usikker på. Jeg så en video nå.
45	I	Men så du? Den er produsert innhouse da altså. Meg, Sindre og presseansvarlige i HV. men vi kan se den. Tar bare 3 minutter ja.
46	I	Ja de kom altså da først med et taktisk autonomt nett som da er denne boksen her og en antenne. Som gir da dekning i dette området, så kom de etterpå med den picostar løsningen slik at man heller setter det opp som en utvidelse av makronettet. Den fungerer jo via starlink så vil den bare fremstå som en hvilken som helst annen Telia basestasjon.

47	T	Vi snakket om fleksibilitet i utvidelse av makro blant da ja og piconet, med reachback eller.
48	I	Ja, for du sa du hadde snakket med Heimevernet. Nei, du hadde snakket med teller. Som sa de likte den godt. Vi hadde jo også med denne ut til noen heimevernsdistrikter i dette området og den er jo ganske enkel. Siden det ikke er noe kjernenett her er er den jo langt mindre kompleks. Så det er færre knapper å å trykke på. Den er nesten, plugg sammen kablene, la den her antenna få stå og vippe litt til den har fått synk, og så er du på nett med samme simkortet, samme alt som før, som var jo. De likte den godt siden den har veldig lav brukerterskel.
49	T	Det er jo greit for eksempel sånn for sambandslagene i SBBN også. De er jo vernepliktige som skal lære mye i løpet av et år. Så de også trenger på en måte å koble ting i hverandre og skru det på, vil jo være en fordel for veldig mange da.
50	I	Ja og det, og det er. På en måte vår. Takeaway, også at vi vi er nødt til å forenkle dette, så så brukerterskelen er ekstremt lav.
51	T	Ja så er det det med ja man kan jo drone eller sensorer kan jo stor grad være mye forskjellig Det har vært på en måte skudd sensorer. Lyd, kamera. også videre. Ja ja, jeg føler på en måte der også er det jo veldig opp til. Teknologien og utviklingen hva man klarer å hente fram og hva man klarer å egentlig. Tenker på da som ulike løsninger.
52	I	Og jeg mener, det er. Klart har man en svært effektiv, svært potent bærer her. Så kan du bruke den til veldig, veldig mange ting. Ja. Vi har jo sett også at liksom i dette kommersielle økosystemet så, Du får jo sånne devicer som det her som koster mellom 5 og 10 000 kroner. Som i militær sammenheng er jo ganske lite med. Godt batteri veldig gode kameraer som kan utplasseres, og det så vi jo disse CISK folkene gjorde opp og. På finale. Riktig nok litt forglemmelser med å bytte powerbanker og litt sånn der. Det er likevel effektive sensorer da som egt. kommer på en måte egentlig er ferdig i en pakke. Legge på en casing, teipe det fast i et tre så er du igang. Det er noe som er noe av styrken her. Dette økosystemet rundt det. Det er ting som er

		pakket sammen i en ganske god pakke til en relativ fornuftig pris.
53	T	Jeg er spent på den ja og se jeg føler fordelene med systemet er at du bygger jo system som er. Som veldig mange kommer til å bruke, Så hvis man vil hente opp andre sensorer, så er det mye lettere å integrere det nå. Enn det hadde vært om man har bygd et sånt typisk militært system da. Så ja.
54	I	Ja og jeg tror kanskje det også Her er. Viktig å huske på at det er jo. Selv om man i den fasen vi er nå ofte til liksom ja den kule kassen, den er sånn militær. Den var liksom. Den er autonome. Er kule og liksom sånn, men det som er det viktige her? Er jo kanskje ikke den kassen som sådan, selv om det er kule ting Telia har tatt fram, med karbon mast og sånn at det er et system her som er veldig kraftig, det er et økosystemet rundt det som er svært, svært stort, men invasjonssyklus som tror ingen andre kan slå. Og i Norge, hvor vi er i den svært gode situasjonen. At vi har 3 veldig gode nett, altså verdensklasse nett, og vi har på den tilliten vi har, og den lovgivningen vi har sånn at vi faktisk kan. Vi er i en posisjon hvor de kan sette ut ting til kommersielle. De har sikkerhetsklarert personell. De har på en måte alt som skal til. Og så lovmessig for dette, så setter det oss i en veldig god posisjon til å utnytte denne teknologien, og så skal vi selvfølgelig ha noe mulighet til å gi bygge dekning selv også, og vi skal ha autonome nett og. Sånn også? Men, men det er det er ikke bare det da, er vel det som jeg prøver å kommunisere.
55	T	Ja jeg føler. På en måte. Det er jo hvis du tenker på at man skal ikke sette opp ting for å sette opp ting, hva ønsker man å få ut av det liksom?
56	I	Ja for hopper veldig fort til liksom. Ja, dette er kule liksom netter i en sånn kasse som er vanntett det som skal fraktes på en amaro eller på en ATV eller. So what?
57	T	Ja, du har. Det er litt gøy hvis noen kommer med 5 kasser og styrer masse og så kommer jeg med en telefon ved siden av bare. Sånn? Ja, jeg er ferdig. For det er dekning her, liksom.

58	I	Ja det er kult å montere det opp på en sånn beltevogn. Som det viste fram, så ligger det også. Men vi skal gjøre den grunn da. Vi pleier å si at vi tror at den militære slicen i 3 ulike nett blir arbeidshesten. Den blir det absolutt viktigste, ikke minst for Heimevernet garden. Alle disse avdelingene som ikke er fremst i striden.
59	T	Og som er der, det er dekning, som ikke skal mest, lengst ut eller annet. De skal jo, men jeg tror jo hæren også. En veldig, veldig stor andel av brigaden, for eksempel kriger jo langs en eller annen vei. Det er på en måte ikke alle som har belter og de som ikke har belter kan jo ikke kommer seg unna der hvor det er dekning nesten uansett.
60	I	Hmmm ja det er på en måte litt tilbake til der jeg begynte i dag, og du kan godt si at det er en banal analogi, men altså vi bruker broen der det er bro insisterer ikke på å kjøre på jordet ved siden av veien eller legge vår egen bro der hvor det faktisk er en bro. Og det er selv om analogien er litt banalt, så er det verdt å tenke på også her at vi bruker noe disse verdens beste nettene som er her, og så skal vi bygge vårt eget hvor det ikke finnes.
61	T	Jeg føler det som er. Holdt på å si som gjør det? Det er en del som gjør det mye tryggere å bruke. Det er jo akkurat det med autonome kjerner, for da kan du bruke det med en sikkerhet om at det fungerer. For jeg tenker uten den, og hadde du hatt 3 sånne kjerne nettstedet i Norge, så hadde vi måtte vært en helt annen ting. Da hadde du på en måte 3 sårbare punkter. Du har de fiber linkene som er der. Du er avhengig av, men når du. Kan stå et sted bruke en basestasjon å gå tilbake igjen. Til din bruker så ja, det har vel robustheten. I det da.
62	I	Da la oss ved å si at norske mobilnett er relativt robuste. Alle 3 operatørene har minst 3 kjerne lokasjoner hver og det blir jo flere. Blant annet på grunn av oss som kunde så blir det jo etter hvert det.
63	T	Ja, det er en utvikling som gjør at. Det spørres jo om man på sikt trenger så mange kjerner man kanskje tenker at måtte ha da. Det er lett å gå fra at man må ha veldig. Veldig mange kjenner at alle er helt avhengig av at selv. Men hvis man. Ser at nettet selv er enda mer robust. Så vil du trenge enda færre kjerner distribuert igjen, som igjen bør deg enda

		billigere konsept da over tid.
64	I	Og her tror jeg, vi må. Vi må. Svaret på dette finnes jo ikke her. Jeg tror for å finne svaret på dette, så må vi ta. Dette her i bruk? Og så må. Vi både bygge, bygge opp tilliten til at og erfaringene med at de 3 nettene i Norge faktisk er svært robuste. Så må vi begynne å ta dette i bruk for å faktisk, at brukeren også får bevist potensiale, og så må vi må vi sette det ut i bruk disse nettene for feltbruk, enten de er autonome eller ikke. For å få erfaring med hva er faktisk behovet, hva er faktisk kompetansebehovet, hva er terskelen for å operere de, hvor mye får vi forenklet de, hva blir prisen? Hvor godt fungerer det at? Opprøreren drifter de remote? Alle disse tingene. Mange av dem prøver vi å finne svar på. Her i prosjektet, men fasiten får vi ikke før vi tar dette i felt.
65	T	Vet du om det når dere håper å starte å ta det ut og prøve det type i en hel avdeling, typisk liksom, eller er det? Hva som er timeframe?
66	I	vi har sagt offentlig at vi skal sørge for at vi har 3 spillere, altså Telenor, Telia, Ice/Lyse, altså de 3 som eier nett i Norge klare for å delta på like vilkår og at alle der så opp til speed til en konkurranse i 25/26. Konkurransen vil inkludere både militære slides. Og nett for feltbruk. Og så er det to be defined hva nett for feltbruk betyr, altså hvilken grad de er autonome, eller om det er variansen både autonom og mer sånn picostar løsning? Det er ikke definert, men da da skal det være en konkurranse, og da skal det åpenbart kunne kjøpes inn mer enn en av hver. Og da kan du også trekke ut fra det at skal det være mulig å få til 25/26 må du også kjøpes inn i noe lavere antall litt før det for å skaffe noe erfaring med troppe prøver. Og at det er. Har vært satt opp.
67	T	Ja ja en sang kanskje 25/26 så tar du på en måte litt tid etter det også på å få det innført og landet konkurranse og sånn. Men da er det jo i stor grad testet fra før av.
68	I	Jeg, men ikke sant. Dette er jo ikke. Det er ikke så langt fram vi er jo i vi nærmer oss så vi sommeren 23 nå, så det er ikke en. Det er ikke liksom 100 år til dette her.

69	T	Ja ja, det er gøy å. Se noe som kommer når man jobber der, selv om jeg ikke bare. Hører om følget det. Ja det er også man er sånn 3-4 år et sted også sitter man og venter på ting som man hører skal komme.
70	I	Men ikke sant og alt jeg alltid jeg sier her, altså med som vi også har kommunisert offentlig. Ja, dette her, det vi har sagt ved konkurranse skal være der, men det ligger jo helt åpenbart en forutsetning der at. Vi lykkes her, vi får kitet til å virke at markedet er klart, altså hvis det er bare 1 av 3 aktører som kan levere i 25, så blir det ikke en konkurranse som markedet må være klart. Og kundene vår, altså brukerne? Ja. Hæren, Heimevernet må ville ha dette. Det betyr at. Vi må ha. Gjort troppeprøver, tester alt mulig rart, med en viss suksess. Og sist, men ikke minst, vi må treffe et prispunkt her som brukerne er villig til å betale for. Det betyr at hvis et sånn autonomt nett vi skal ta ut koster 15 millioner, så kan vi ikke kjøpe inn dette her II volum. Hvis en militær slice koster mange 1000 i måneden per device, så kan vi ikke det bruke det? Det har vi også kommunisert ganske. Tydelig både internt og eksternt. Bare for å ha fått med oss også forutsetningen her.
71	T	Ja ja. Ja, det blir spennende å se. Ja vi har det er. Vi ser at det ikke kommer til å løses på en eller annen måte, men det er på en måte alltid et kostnadsspørsmål. Altså en ting.
72	I	Ja, nei, ja var viktig for meg da jeg har full tiltro til at vi kommer til. Å... løse samtlige disse spørsmålene. Ja, men det er viktig når vi kommuniserer også ikke minst til Telenor, telia, Ice og markedet. Vi skal gjøre dette her. Vi har også finansiering for det, men er ikke funksjonalitet og pris attraktivt så blir det ikke noe av? Ja altså, til forskjell fra en del annen som militærteknologi, så skaper jo de konkurranse her. Vi sørger for at vi nå spiller 3 spillere inn i en posisjon hvor alle kan delta. Og vi kan kjøpe det som blir. Så det blir bra?
73	T	Ja OK, det se hva vi ikke har snakket om for har snakket litt om private 5 g nets for å kunne knytte inn sensorer. Selvfølgelig da trenger man ikke alltid å bruke private. Autonome sensorer. Det er jo putte UPF'en lengre ut. Sånne ting? Ja altså vi snakker litt med at man kan jo bygge et 5 G nett ut ifra en FKI bod eller noe sånn.

74	I	Ja, det vil jeg få se oppe Bardufoss hvis du kommer her. Nei, OK, det blir vist fram der oppe nå. Til uka la også vise fram i.
75	T	Nei, jeg skal ikke. Hva annet skal dere vise fram i Bardufoss?
76	I	Hmmm det blir. Det er jo et sånn Tana bru scenario hvor vel detaljene er begrenset da. Men Telia vil i hvert fall gjenopprette dekning fordi den jo. Da har forsvunnet. Vi vil koble opp både en basestasjon via en sånn pico greie, via starlink, vil koble opp en basestasjon via Forsvarets fki som CCR stiller med. Vi bruker den dekningen til å. Gjøre management. Altså styre tiltrotator på en ny radiolinje, sette frekvens og sånne ting. Vi vil vise fram. Gradert over MRR panel over en 5G device. Sånn som ble vist på finale. Sånn som ble vist på finale
77	T	Det er nettverksrele. at du har push to talk åÅMRR fra ett sted til et annet?
78	I	Nei, det er vel en eller annen form for gradert informasjon. Hvor du bruker MMR panelet som krypto, også bruker du en kommersiell 5G device til å bære dataen. Så du dropper sender/mottakeren fra MRR. og så vil det vises fram. autonomt nett hvertfall fra Telenor hvertfall. Og sammenknytning mellom taktiske nett og makronett med SDWAN som jeg husker.
79	T	Ja, det er jo mye av det samme jeg så litt på Final, som jeg har lest og intervjuet andre om ol. Ja fjernstyring også snakket litt om, det gir muligheten for beyond line of sight. I og med at du deler det i et 5G nett og ikke direkte med kun terminalen din gjør jo mulighet til å at flere. Kan få videostreamer også.
80	I	Og det har vi også vist før. Og så på en måte å fly med kontroll via 5G og dele video tilbake. Og det er jo også ganske effektivt sånn Makronett av potensielt kan du jo stå her og fly drone i Trondheim. Jeg har fått en kompis til. Å... ta den ut av noe? Sånn og for så vidt også dele videoen til her til Trondheim og til Bergen. Som er noe av styrken til dette makro nettet da.

81	T	<p>Ja for veldig sånn kommandoplass messig. Altså tenker jo det å kunnet hvis man hører noe. Hvis du har en vaktpost, eller du har en lyssensor som plukker opp noe, det å kunne sende opp en drone, få video tilbake igjen fra sin vaktpost. Det er på mange måter det å rapportere inn når det er ett eller annet som skjer. Sånn idag hvis noe skjer så må jo fort en eller annen opp for å sjekke liksom, og se hva som skjer der. Det tar jo mye tid og skaper mye dårlig situasjonsforståelse når du sitter i et telt uten noe annet bilde enn det som litt usikkert tale liksom.</p>
82	I	<p>Ja og men det er jo det. Som vi har sett. På så liksom hvor hvor mye situasjonsforståelse du kan faktisk kan levere. Og i hvor liten grad egentlig da trenger talen. Både fra fra sensorikk, og ikke minst video og du kan dele det av høy kvalitet, så får vi et helt annet inntrykk tilbake i kommandoplass eller langt bak det egentlig skjer.</p>
83	T	<p>Men på det rundt frekvenser sånn for det er jo litt, hvis du tenker at veldig, veldig mange. En kommandoplass har typisk lyst på 5 kameraer. Og skal ha det og setter det opp i sin, inn mot sin boble oppi sin kommandoplass bare korte avstander, men de bruker da en basestasjon som er satt opp for flere kommandoplasser. Så er jo tilgangen på nok frekvenser også på en måte et issue, men kanskje ikke fordi vi kanskje vil ha nok hvis du har en gigabit uansett, så vil det, kanskje holde til ganske mange videostreamer da sånn sett.</p>
84	I	<p>Ja altså man ser jo at når det først og fremst et mobilsystem, er jo laget for disse tingene og litt for dette å dele ressurser mellom mange. det er det som et mobilnett gjør. Og med. I frekvensressursene som er tilgjengelig. Operatørene har jo relativt solid mengde med frekvensressurser II Norge I både høy, middels og lave bånd og en fornuftig måte å fordele utover de ressursene. Og så ser man da også. Selv et HD kamera. Uten komprimering det er grenser for mye båndbredden det trekker. Og på toppen av det når vi da, med mindre alle står helt oppe på hverandre da, så har du jo beamforming teknologien i 5 g som også på en veldig elegant måte sørge for høyt gjenbruk da av frekvensressursene. Altså en HD strøm. Uten å komprimering tar vel 8mbit/s.</p>

85	T	Jeg har hørt sånn ja 8 til 10 som er det jeg. Har hørt sånn man kan regne med?
86	I	Litt avhengig av hva som skjer i bildet. Så kan. Du komprimere litt. Og så vil det jo da sannsynligvis begrensningen være opplink da hvor du jo har mindre ressurser. Men likevel så er det. Det er ikke en veldig stor begrensning. Av det vi er kjent med nå? Det er klart. Da alt kan skaleres opp til det det knekker, men det skal veldig mye til. Så du kan kjøre veldig mange parallelle strømmer. Og du skal insistere på at alle skal stå veldig tett sammen. Men har du videosensorer i terrenget, så vil jo de vanligvis ikke stå alle på ett sted, så de vil høyst sannsynligvis spres over flere sektorer på basestasjonen. Ja, og basestasjoner bruker beamforming til å fordele ressursene, og gjenbruk ressursene. Jeg tror ikke det er en veldig hard begrensning.
87	T	Det blir spennende å se på en måte hvor mye du kan ta av da. Jeg følger nå. Det er jo uansett så er det jo en kapasitet man ikke. Har i. Dag ja, så vi løser opp det i. Dag uten. Så bare det å få si 2 kamera ville være veldig mye bedre enn null. Og ja. Så er det sånn? Ja. Ja, jeg vet ikke om jeg har så mye med tanke. Jo jeg tenkt litt på den med. Det kommer til totalforsvaret og mye sånn OK. Man skal kommunisere og bruke som interoperabilitet. Tenkte jo på en av de mulighetene man har er på en måte laget typisk sånn felles chat eller felles datastrømmer da. Hvor man har forsvarsnett med mye ulike rapportering som kommer inn, og da har du rapportering fra mange forskjellige. Og bruke en slags AI eller et eller annet verktøy for å på en måte pinpointet, det her skjer i mitt område. Det her skjer i området jeg kan være interessert i sånne type ting da. Skulle man sett noe sånn AI verktøy for å gjøre nytte av dataene på en måte, eller?
88	I	Vi har kun sett på AI, for å tolke videostrømmer, altså i sånn søk og redning use-caser altså. Få Ai fra videostrømmer til å plukke. Ut ski, skistav, menneske. Så dette er jo litt på siden av vårt oppdrag her, men jeg tror vel det største hinderet her er ikke teknologien som sådan, men. Kontroll og tillit. Altså hvilken grad vil forsvaret stole på at den AI motor velger ut det som er viktigst for et distrikt eller et område eller et. Det en sjef er interessert i. Det tror jeg det er en terskel, men dette er som sagt litt på siden av vårt oppdrag.

89	T	Jeg vil ja, for den er jo lett å endre den da. Og hva man ser etter? Til andre ting, som er mer militært. Tenkt type stridsvogner eller våpen og sånne ting.
90	I	Da ja så det er. Jo det er jo ganske moden teknologi da altså og en en sensor til. Ja på en måte ikke rapportere tilbake fordi bladene beveger på seg på trærne, men rapporterer tilbake når vi kjenner igjen stridsvogn, soldat, grønn lastebil liksom. Ja, det er jo en relativt moden teknologi. Ja, men der tror jeg også det vil gå mer på bruken enn doktringen. Vil du virkelig stole på at han som skal se på videoen sover og at du stoler på at AI'n passer på eller vil du ikke? Jeg trodde svaret er nei.
91	T	Ja noen år til. Ja, jeg føler seg sånn ting som må, det med tillit som er nøkkelen, at man stoler nok på det. Det er sånn med tanke på hvor fort det går med AI. Så er det jo sånn jeg kan si det. Er sikkert. 2, 3 år. Men så er det kanskje bare 5 måneder, så kommer det en eller annen sånn kvantesprang gjenkjenning og sånn. Men det er jo noe med det og som sier det å prøve det ut og teste ut og få erfaringer med det som er eneste måten å gjøre det på. Og nøkkelen er jo ikke det enn det som vi skal gjøre oss avhengige av det, men når du har. 100-200 kameraer som sender videostrøm inn. Så er det. Det skal være en stor kommandoplass for å terminere og ha nok plass til alle tohundre skjermene og en ser på 4 skjerm måte.
92	I	Da ja altså så jeg tror nok nøkler litt sånn som det står i brukerreisen også at du har. Da hjelp av maskinlæring eller andre ting. Får støtte til beslutningene, altså. Jeg tror ikke det vil si at vakta skal gå og legge seg, men kanskje vil AI hjelpe han og si jeg tror du vil ønske å se på denne skjermen nå. Og her tror vi det skjer noe som er interessant for deg og ikke. Se på de 32. Ikke si gå og legg deg, Jeg passer på alt. På samme måte som jeg tror man har tegnet opp tidligere. At man kan bruke dette til å støtte. Å... si, er du sikker på at du vil rette artilleriet den veien for maskinlæringen, tror det. Er et sykehus der. Ja, og så kan du velge å å overstyre det eller ikke være enig med maskinlæringen, men du kan få en støtte til at beslutningene dine er lure eller at beslutningen er dumme.
93	T	Jeg føler også den. Vi snakker posisjonering og sånne ting. Det er også veldig for artilleri, å få god track. På alle som er ute, og du ser at dere

		trekker her har jeg fått. Inn akkurat nå, så er det mye tryggere potensielt på en måte å få posisjoner da enn GPS som har vært jammet. Hvis GPS er tatt ut og du kun tar ut posisjonen fra kartkoordinat for eksempel da, men tanke på ja nær støtte artilleri eller andre ting.
94	I	Ja da har vi godt brukt tiden vår. Men da snakker om posisjonering. Så er det også veldig interessante her på du. Du snakker litt om det helt i starten. Da, så vi snakker om en sånn GNSS denied areas. Å... kunne bruke 5G nettet til posisjonering og særlig det som kommer i release 17, med en svært svært nøyaktig posisjonering ved hjelp av nettet og også uten GPS eller GNSS er svært Interessant da med militære øyne. Også en nøyaktighet som blir. Veldig god i, både horisontalt og vertikalt.
95	T	Ja, jeg føler jo masse. Israel er spennende, men det hører, for jeg får jo. Det er veldig mange trekker fram de store tingene man gjør. Med taktiske boble og sånne ting? Men det å få det her perspektivet på at vi må jo egentlig bare bruke det som er her.
96	I	Ja altså, så jeg tar med meg at det er litt mer sånn kjedelige perspektiv her som er jo det er et veldig godt nett her. Så kan man se at det er masse fancy ting innenfor AI og fantastiske ting, men vi har også, vi kan få til et løft på det vi har. Og vi skal ha flere av det vi har i dag. Med TKN'er også. Bedre sikkerhet på det, og vi skal få løftet skygge bruken inn i sikrere bedre former. Da ser kjedelig men men. Den perspektiv som er verdt å ha med seg da.
97	T	Ja hei nå. Da kanskje skru av streamen.

Appendix

Interview: NDMA interviewee 2



This appendix contains the transcript from one of the persons working for NDMA. He has extensive experience in the telecom industry with previous experiences from PLMN operators and at the time when 4G was being implemented. He currently works as a Radio System Architect in NDMA-CIS division with the task of coordinating several pilots where goal is to secure 5G for military use.

The user did not want the transcription as an appendix, and therefore only the approved citations are added directly in the thesis.

Appendix **R**

Interview: HVS interviewee

This appendix contains the transcript from one of the persons working at HVS. He has experience from working for several years in Brigade North. Within that time he has held several positions relating to a communication officer inside the signal battalion and outside. He is currently working at HVS at Rena inside the department of signaling and communication.

This appendix is written in Norwegian. The letter "I" indicates that the interviewee is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	T	Er det forresten greit at jeg tar opp på transkriberer, så får jeg lagret det.
2	I	Det går helt fint. Det er jo fint da.
3	T	Ja da blir jeg skriver om er jo 5 barn forsvarsglipp 5 g og mest da inn mot. Sensordata og deling av informasjon. Har ikke sett så mye på voice, løsninger eller sånn type der ting. På grunn av dere har blant annet snakket sett på altså det Heimdal prosjektet med innrapportering. At man kan bruke BMS på ned på enkeltmann og sånne type ting. Det er litt. Det jeg om 5G kan brukes der egentlig. Lurte egentlig bare litt på hva dere ser for dere, for jeg har måtte intervjuet litt fra Telenor og nå og andre operatører, så er det litt hva som er mulig, men litt sånn. Hva har dere tenkt og hva har dere lyst til å bruke det til?
4	I	Hmmm om med vi så mener du da våpenskole eller?
5	T	Det er våpenskolen og hæren på en måte.
6	I	Ja altså, det er ikke beskrevet i teksten nå, men det er nå har vi jo. Og egentlig basically sagt at 5 g bør om 4 år, være primary data bærer for TKI'et og Push-to talk applikasjon. Så egentlig bare snu alt på hodet i forhold til ja OK, vi skal ha en combat nettradio som da per definisjon er en kjempedyr grønn militær boks. Men så lenge vi får en push to talk applikasjon som kjører på 5 g. Så trenger vi ikke den grønne militæret dyrere radioen for noe annet enn å være contingency eller alternate for den tjenesten som vi heller bare lar gå i TKI da. Vi ønsker jo at tilknytning til TKI skal bli ekstremt fleksibel, og at den kan gjøres med en brukerstyr som kun har 5G og software krypton. Ikke noe militære dyre kryptobokser, bare 5G device, rett til kjernenettet, men mil slices som det er godkjent for lav gradert. Og det er det. Det er jo den våte våte drømmen.
7	T	Ja, er det noe utfordringer eller mot det opptil som du ser?
8	I	Hmmm nei altså det er jo litt av her. Det meste er tjenestemodellen som er utfordrende, ikke nødvendigvis det å få det. Altså det å få det sikkerhetsgodkjent med å gjøres. Det er ikke noe spørsmål, og så må jo noen diskutere da. Hva er? Det er en sånn kost nytte sak kontra hvem skal sitte på kompetansen for det? Ikke noe tvil om at det å drifte et kjernenett i telekommunikasjons verden er noe helt

		<p>annet enn å drifte et MRR nettverk, i forhold til kompetanse. Og så skal du. For både radioaksesnettverket og konfigurere de er komplisert. Og det er jo komplisert å ha kontroll på kjernen med tanke på det å skrive ut simkort, ikke sant? Det å skrive ut simkortet til 5G kjernen er ikks om å gå på phoner og skrive inn. Altså hvis du har brukt Phoner bedrifts appløsningen, det er jo dritenkelt. Men det er ikke sånn det ser ut når vi skal skrive et sim kort til private 5 g nett. Så basically produktet som teletilbyderne har er jo ikke per dags dato tilpasset at ende brukeren skal drive med. Det er jo ekstremt mange som ser på private 5G nett. Altså skogsdrift, gruvedrift, forsvaret det altså det er mange bruksområder. Men per dags dato så er det jo antagelig kun mulig å gjøre As a service da.</p>
9	T	<p>Det er for det ønsker dere på en måte egentlig ikke?</p>
10	I	<p>Hmmm. Nei, altså i utgangspunktet så har jo der p 8043 eller 8045 eller hva det heter, taktisk ledelse for landdomene allerede for flere år siden bestemte at vi skal gjøre ting så sivilt som mulig, og kun så militært som nødvendig. Mye på grunn av, ja litt for å spare kost, men også fordi at vi vet at vi sliter med å holde på kompetansen. Så jeg skal jo ikke se at vi ikke ønsker ting as a service. Det er vel bare at vi vet ikke helt, vi har jo ikke prøvd det før, så i forhold til, jeg har prøvd å forklare det. Alle i team 5G vil jo at Telia/Telenor skal bare gjøre alt. Også har jeg sagt det at det kanskje er mange i hæren som ikke vil være komfortabel. Og så spør dem hvorfor? Og så er det bare sånn. Ja, har du noen gang prøvd å være avhengig av CYFOR eller forsvarsbygg for å få noe gjort? Da blir det ikke gjort. Så vi er jo veldig glad i å ha en viss grad av kontroll hvis ting går til helvete da.</p>
11	T	<p>Det beste er egentlig kanskje en sånn kombinasjon da at man. Bruker mest mulig sivil fordi det er komplisert, og er vanskelig, men de må på en måte også lage løsninger som gjør at vi også kan være med å ha kontroll og bruke det.</p>
12	I	<p>Ja altså du kan ta et sånn enkelt eksempel da hvis vi kjøper et privat 5G nett som er med i en boks i vogn eller et eller annet sånt som er helt autonom, og så er det, tilført 500 simkort til den kjernen, da. Og så skjer det ett eller annet med den SIM kortinformasjon. Og så er den borte. Hvordan skal vi skrive nye simkort til den kjernen? Skal vi ringe til kundeservice, skal vi kunne gjøre det selv. For da er det liksom å gå inn og hacke i dosen på denne kjernen. Det er ikke et kjemp fint gui å sett og gjøre det her i. Fordi det har aldri vært nødvendig da, altså fra fra telekom siden, så har vi jo hatt det. Det her er jo en ingeniørting. Ok, det er en vanskelig oppgave. Det å gjøre brukergrensesnittet drit enkelt har liksom ikke hatt en. Jeg tror ikke de har helt sett en kostnytte greia. Fordi at de har masse folk som har</p>

		gjort det i flere tiår. Så selv om de også ser fordelene, så er det liksom ikke.
13	T	Jeg vil jo være på det selvfølgelig, og det her er jo ikke problem Forsvaret vil ha i seg selv. Flere bedrifter som kanskje ønsker en viss grad kontroll. Samtidig er kanskje forsvaret litt unikt mtp. vi har nok høyere krav til at det fungerer uten tilkobling kan du si. I et bedriftslokale i et eller annet sted, så er det jo mye lettere å sørge for infrastruktur at du har forbindelse til kundenservicesenter, som kan fikse ting.
14	I	Ja og så ja, altså ikke minst det der med. Hvis vi ser kun fra hærens sitt perspektiv, da altså fryktelig mye av det vi skal gjøre, er jo i Troms og Finnmark. Det er jo ikke akkurat der Telia, Telenor har det største kundegrunnelaget sitt. La oss si det sånn eller der. Infrastrukturen er best utbygd. Så det er jo ikke noe tvil om at privat 5G nett er jo absolutt noe man er interessert i fordi at den dekningen de har kommer ikke til å være tilstrekkelig, selv om den kommer til å bli bedre. Altså dem var jo her oppe på på IDA 3 nå i forbindelse med, altså i innovasjons og demonstrasjons arena, første dagen på sambandskonferansen. Og da sto han fra telia og skrøt av dekningen. Og da han skrøyt av dekninga så, hva var det han sa. Det, det var liksom en disclaimer, når han beskrev dekningen. Det var 85% befolkningsdekning, Ikke sant? Du dekker 85% av folkene i Norge, men så skal vi virkelig forsvare territoriet og ikke bare folkene. Så det, og det vet vi jo bare fra fra oppe i øst-Finnmark. Eksempel, det er jo ikke. Det er jo ikke flust med sendere, dem er langs E6 liksom.
15	T	Ja. Det er jo en utfordring. Absolutt der ja. Så på en måte det dere ser som største utfordringen jeg egentlig den hvordan du skal pakke dette her inn og hvordan man skal på en måte få leverte.
16	I	Ja, eller jeg vet ikke om jeg skal kalle det største utfordringer, men det er hvert fall noe vi ikke vet svaret på. Det er det ikke noe tvil om. Jeg tror ikke det er. Det er ikke Teknisk utfordring det som organisatorisk opp mot kost-nytte-sikkerhet og hvor stor grad vi skal ha mulighet til å gjøre ting selv eller akseptere at. Hvilke ting er som skal konfigureres av teletilbydere. Og hvilke ting skal vi ha mulighet til å gjøre selv da? Si at vi får et privat 5 g nett i hvert mekk-kompani, som står på en eller annen ledelsesvogn. hvis noe skjer med den. Hvor hvor skal den personen som kan gjøre noe med det være da? Skal han jobbe på Fornebu eller skal være på vogna. Det vet vi ikke svare på.

17	T	For du må jo nesten ha noen som er tilstede, i hvert fall i området litt sånn type CYFOR rolle da. Kan man se for deg?
18	I	I hvert fall. Ja, i hvert fall hvis du ikke når den i det hele tatt. Vi har jo vært på øvelser med de her, Cell on wheels, altså de private nettene som vi driver og test hvor vi har ringt Telenor og Telenor har logget seg inn og fikse ting. Så hvis tilknytninga finnes så kan det jo gå fint.
19	T	Men med en sånn fysisk komponent som gjør at også du må jo ha en eller annen muligheten til å bytte eller ha noen resserverdelere også på en måte.
20	I	Hmmm ja og da er jo da har jo team 5 g sett på. Det har vært noen som forslag til driftskonsept i forhold til, og der har Telia skrevet konsept for dette tactical networks. Hvor de ser for seg ulike modeller for As a service da. OK en del av avtalen som kan være at de har x antall basestasjoner eller private nett på lager. Også ring forswaret og si fra når de skal ha når de skal ha dem. Og de har ansvaret for drift vedlikehold og bare sørge for at den alltid er KTS da. Så selv om vi skjønner at OK, det blir kanskje dyrere enn. Enn, hvis vi skulle hatt noen i grønt å gjøre det, altså CYFOR for eksempel, så er fordelene at, stygt å si det, men jeg har jo mer tillit til at vhis vi betaler Telia/Telenor til å gjøre det, så er den KTS. Altså altså det kommer til å bli gjort i henhold til avtale. Det finnes jo ingen altså, med en service level agreement mot en sivil tilbyder, så er det sånn. Gjør du det ikke så får du ikke betalt, så det er jo ikke sånn det funker i horisontal samhandling. Altså hvis CYFOR ikke lever på samhandlingsavtale. De fakturerer likevel de.
21	T	Litt sånn Teknisk, så har du nevnt allerede det med private nett, og det på en måte blir viktig. Er det noe sånn andre? Bruksscenarioer eller andre ting dere har tenkt på som dere ønsker å få tatt med i 5 g?
22	I	Ja, altså vi har snakket om det på taktikk seminar, så snakket om eleverte releer for eksempel. Det å ha et rele på en uav eller noe sånt. Og da har jo team 5G, har jo testet tjora drone både å kontrollere den over 5 g, men det vi ikke har testet er jo. Kun vi om nødvendige har kjørt opp en basestasjon i en drone. Og da blir jo ikke det. Da blir jo det en av de enklere med veldig liten radio da, sånn mtp. payload. Hvis ikke må man nesten ringe luftforsvaret. Altså de vi har testet har veldig begrenset payload kapasitet, så det er vel den der GJI Matrix eller noe sånn? Jeg tror ikke den har all verdens.

23	T	Så et bilde av den. Den er jo ganske liten, egentlig.
24	I	Ja, den er ganske liten, men så jeg tror det er sånn. Jeg vet ikke om det er 5 eller 10 kilo, men. Men fordelene med de testene vi kjørt er jo at man har kjørt en Tjora. så det er jo ikke noe altså. Den får strøm fra kabelen. Og den kan ha signalgang via kabelen. Det gir jo en gir jo en fleksibilitet, men det er jo. Så det er jo en mulighet, uavhengig om det blir 5G eller ikke, så er jo det noe man har snakket om. Sånn rent, at taktisk sett så bør vi ha mulighet for elevert relee da. Og største problemet for 5 g akkurat nå. Der er jo bare at det ikke finnes noe, enten må vi gå opp på størrelse på dronen. Eller så må vi vente til 5G har noe materiell som er såpass lite. Ja for per dags dato så er de minste basestasjonene ganske stor og tunge.
25	T	Snakker jo med en om det, at det var på en måte om det kunne lønne seg eller ikke. Da er konklusjonen at du sannsynligvis vil få mye av det samme ved å stille deg et annet sted, på bakken, og bare sikte inn i området gir bedre dekning enn med elevert rele for da kan du ha en større radio. Isteden for å ha levert relet da at du vinner såpass lite på det fordi radioen må være dårligere og vil ha mindre rekkevidde enn en god radio skal stå på bakken.
26	I	Altså å ha det på på bakken istedenfor. Ja. Ja sånn ja. Ja det det stemmer jo. Det er i hvert fall hvis vi begrenser på payload til sånn 10-20 kilo. Det er jo ikke noe tvil om så det. Det kan jo stemme. Da må man jo sikkert bare se på for nødvendigvis hvis du skal ha en basestasjon som er såpass liten at den er mindre enn 10-20 kilo, så må de opp i frekvensbånd og da får du kortere rekkevidde. Og så har du begrenset med effekt og så videre og så videre. Så absolutt, nå vet jeg ikke om det kan hjelpe på at den er tjora da. Det er i hvert fall ikke strøm ett issue på effekten. Hmmm, men det er ikke noe tvil om at hvis du skal, hvis du skulle hatt 900 båndet da eller 700 for å gi bedre dekning, så hadde jo det blitt en veldig svær sektorantenne da. Det kan absolutt stemme, at for 5G sin del del uten at jeg har sjekket det eller vet det, så kan det godt hende at da måtte liksom opp på sånn fixed wing bensindrevet eller noe sånn. Altså at det er en ganske stor plattform. Når når den tanken om eleverte releere var snakket om på taktikk scenarier, på ja 2017, 2016, så var det jo alltid tiltenkt som VHF relee. Det var jo det som var den opprinnelige tanken.
27	T	Jeg ser for meg at det er jo scenarier hvor det kan være nyttig å ha både sånn veldig kort og områder rundt en gruppe, eller det kan være. Steder du ikke har geografien da som passer seg, og du bruker veldig mye ressurser på få det fordi du har ikke riktig topp eller et eller annet.

28	I	<p>Og så kan en jo si at når det er snakk om sånn UAV som bærer for 5G. Men det altså det som også ble testet og det ble jo testet på IDA 1 tror jeg, jeg var ikke der selv, men på Fornebu så var det hele tanken at du skulle få, i den slicen som vi ønsker. Da tanken at, du kan bruke den som. Kontroll nett for en drone istedenfor å styre dronen med fjernkontroll, så styrer du den, sett på en 5G enhet også er det sånn, hvor enn du har 5G dekning så kan du styre den dronen og en automatisk handoff til ny basestasjonen når den beveger seg, så da får du jo nesten uendelig med mulighet for å fly Beyond line of sight, hvis du har en UAV operatør som har lov å gjøre det da. Og det kan jo være fordelaktig. Da kan jo den være en. Da kan den absolutt være en bærer for en annen form for, enten er det jo sensor. Som nå er det mest vanlige å bruke i dronen. Og da får du både kontroll og backhaul av sensordata, kanskje til og med 4 k. Det er det ikke hvis du hvis du kjøper en DJI i dag, så er det sånn. Ja du kan ta opp 4 k, men det går på minnekortet. Hvis du skal ha noe direkte live så er det gjerne nedskalert til 720 eller 1080 da. Mens det kan jo da tenkes at med 5G så kan du både få live 4Ki slicen i tillegg til at du har mulighet til å styre den fra overalt du har 5 g dekning.</p>
29	T	<p>Ja, har du sett noe sånn BMS på enkeltpersoner eller nede på lagsnivå sånn bærbart system om 5 g kan brukes der også.</p>
30	I	<p>Hmmm ja altså det eneste som disclaimeren der er jo at det er jo egentlig ikke. Jeg vet ikke om du er kjent med kryptoveiledningen som kom i 2022 fra NSM. Kom i mars 2022, så det er åpnet jo dem for lav gradert software krypto. Så når team 5G begynt med 5G Vinni for sånn 4 år siden, så fantes jo ikke den krypto veilederen, da var det jo kun proprietær. Det var veldig strict da på krypto da, også for lav gradert, så med tanke på den krypto veilederen så er det jo nå i teorien. Det er jo egentlig ikke nøye om det er 5 eller 4 g. Altså du kan oppnå sikker, sikkert kjøremiljø. God nok software krypto altså tunnel og så videre fullt mulig å gjøre på 4 g. Uten å måtte belage det på 5 g for funksjonaliteten til BMS sin del. Så en BMS på lagsnivå vil jo fungere helt fint på 4 g per i dag, så det er liksom det 5 g vil eventuelt gi ekstra da det er jo. Kanskje at du har tjenesten kjørende i slicen da. Som for eksempel Heimdal har jo. Det var noe som ble laget for noen år siden som heter ass 2 message hub. Det var egentlig lagd for å teste. Det er egentlig bare en broadcast tjeneste som kjører på en datamaskin. Og hele hensikten var å simulere en mesh radio. Altså sånn som silwius eller noe sånt. Så den skulle bare sørge for at en melding den mottok på en port ble broadcastet i nettet. Som om man hadde en mesh radio koblet til. Og så har man jo, det har jo vist seg at det er jo egentlig en, det betyr jo at hvis vi hadde satt opp den S2 message hub i kjernen av en 5 g slice. Så vil jo øyeblikket du har tilgang på 5 g slicen, så vil du kunne chatte med alle som er på den slicen. Og det er jo da, hva kalles serverløse da, for du er jo egentlig ikke avhengig av en server, men du er fortsatt avhengig av den</p>

		broadcast tjenesten, at du når han da.
31	T	Det er jo en eller annen. Den implementeres jo som en eller annen server et eller annet sted i nettet? Men det er jo veldig digg at det er i nettet. Og det er ikke står det står overalt, for da kan du nå det hele tiden se på som en tjeneste mer enn en sånn fysisk komponent som egentlig. Ja man må tenke på.
32	I	Jeg har også finnes det jo altså. Det finnes jo en del tjenester som er. Nå vet ikke jeg hvordan den fungerer da, men. Hmm, det finnes jo noen sånn åpen source, tjenester meshify og litt sånn forskjellig hvor hele prinsippet. Har du lyst til å kommunisere på et lokalt nettverk? Altså en eneste kriterie er at du er på et lokalt nettverk. Og så er det liksom da finner de hverandre og kan ringe, videosamtaler eller tekst. Mens det har jo tradisjonelt sett i IT verden alltid vært sånn server client modell og det er sånn vi har laget alle tjenester. Men det er jo en av de tingene, altså en av fordelene med 5 g da som ikke nødvendigvis har med nødvendigvis sikkerheten på radio access nett eller noe sånt, men bare hele. Det at alle de kjernekomponentene går fra å ha vært tradisjonelt proprietær hardware enheter, og at det nå er bare ok. Det er en tjeneste som kjører på en server. Den serveren kan være en beefy datamaskinen og kan være en HP G10 server eller hva det er så kan egentlig alle kjernenettoppgaver, subscriber infoen, alt det kan løses der i teorien så vet ikke hvilke tjenester de faktisk skal flytte over til å være sånn, men så vidt jeg vet så er det eneste du er avhengig av proprietær hardware for det er å snakke med radio. Men såkalt baseband unit. Men foruten om det så er alt det. Alt annet kjernenettet. Subscriber info, hvem som skal ha tilgang og så videre, routing, switching, IP adresse allokering alt det er liksom. Det kan nå gjøres på sivil hyllevare. Så hvis en da i teorien gjør det veldig. Da kan gjøre det på en sånn modell, at de. At de kan bare spinne opp og spinn ned da si at de lager en docker container eller et eller annet tilsvarende teknologi for å bare spinne det opp, spinne det ned, så kan jo vi forsvaret stille krav. Hvis vi skal bruke det her as a service da, så kan vi begynne å stille krav til hvor mange siter skal vi ha i Norge, eller hvor krever forsvaret geografisk autonomitet da? For eksempel at, OK jeg vil at subscriberinfoen for alle brukere nord for Trondheim skal være der, der, der, der og være replikert og hvis det er fiberbrudd, så skal det gå fint. Så øst Finnmark har jo hatt fiberbrudd 2 ganger de siste 10 årene, og det kan du jo faktisk det. Det finner du kilder på i NKOM, i noen av de risiko og sårbarhetsanalysene fra de siste. Ja, det er vel sikker 2015, 2016, 2017 eller noe sånt. Så refererer dem til et par hendelser i en av de risikosårbarhetsanalysen. For det er jo på topplisten over ting som kan skje i rosen til NKOM. Er jo faktisk fiberbrudd i øst Finnmark. Og da refererer de til et par ganger det faktisk har skjedd da. Og da hadde jo, så da var jo egentlig sykehus, politiet eller store deler av øst Finnmark var uten noen ting som helst. Fordi at en fiberen går jo sivile internett den ga mobiltelefoni. Den ga alt, så selv om en hvem som helst i en eller

		<p>annen kommune der oppe sto rett ved siden av basestasjonen. Så har det ingenting å si fordi at det var ingen tjeneste som kunne bekrefte at du er en kunde og skal ha noe. Men det kan jo endre seg nå da. Hvis vi krever at ok det skal være en en mil slice subscriber info database i setermoen leir. Så er det Teknisk mulig nå. Og det er jævlig kult. Det er jo det er jo en gamechanger fra generasjonene. Det hadde sikkert vært mulig og gjort det for 20 år siden også, men da mye dyrere.</p>
33	T	<p>Det er jo noe med kost nytte som er inne her også.</p>
34	I	<p>Ja for altså både amerikanerne og britene og Australian har jo kjørt privat 3 g militært. Det har bare vært jævlig dyrt.</p>
35	T	<p>Jeg ser for meg sånn. Ja, vi snakker om det her med 5 g som er. Nå vil vi jo få som ikke har hatt før, men mye altså at vi har jo muligheten til å gjøre sikre som i større grad kan basere oss på det. Vi sier at vi skal måtte bruke det primært for PTT og til primærdata bærer etter hvert. Da er vi avhengig av at det på en måte har autonomitet, at vi har sikkerhet, at vi har kontrollen. Men det åpner også opp for den økte databredde. Det er på en måte økt databredde og sivil infrastruktur at det er mange basestasjoner der allerede som jeg følger er de største tingene som egentlig gjør at vi skal bruke 5 g.</p>
36	I	<p>Ja på bredden kommer jo til å bli revolusjonerende e. Det er jo bare det, altså det. Ja, det er rett, men. For forsvaret, og kanskje hæren spesielt da. Så er det altså. Det hadde vært revolusjonerende å gå fra MRR til 3G. Altså, hvis det var implementert ned på vogn nivå liksom, og på lagsnivå. Så hadde vi ikke vært avhengig av den. Altså. Vi er ikke avhengig av gigabit for å si det sånn. Vi er ikke avhengig av mindre enn 5 millisekund latency. Så det er liksom, vi hadde på en måte greid oss med 4 g og kanskje 3G, ok ikke 3G da, men IP basert 4G og LTE+ hadde egentlig vært, på båndbredde siden revolusjonerende for hæren. Hvis det bare var mer utbredt, altså hvis det ikke utelukkende var BTKN som har en egen flaskehals i form av krypto. Altså hvis alle lagsnivået hadde da, og det var vi jo ganske nærme med tanke på eller nærme og nærme. Det begynte å bli bra det som heter NORDMANS. Det var et prosjekt som begynte sånn her 2005/2006. Det var et sånn norwegian Artic networks soldier prosjekt som hadde flere delleveranser som altså de tok fram hjelm, og de tok fram vest og litt sånn. Men det var en egen C4IS bit av det. Og da hadde vi jo en BMS festet på lagfører på en pad. Som i 2011 var begynt å bli ganske bra. Men prosjektet startet fo\ør smarttelefonen eksistert da. Så det ble jo på en måte, man brukte sykt mye penger. Men vi hadde jo tilsvarende FACNAV på et enkelt individ. Det hadde vi jo allerede gjort i 2011, og så var det bare at prosjektet brukt sykt mye penger, leverte dårlig og så ble det</p>

		<p>skrinlagt. Og i mellomtiden så var det ingen andre enn FS som tok tak i tråden. Så amerikanerne begynte jo med ATAK initiativet sånn i 2010 tror jeg. Og det er open source, i mange år. Og det hadde en sinnssyk utvikling. Og så var det en periode det var close source igjen. Ja fra 2015 eller 16 eller noe sånn? Men da hadde de utviklet sykt mye, og så har de, vet ikke om de har gjort det open source igjen, men de har jo hvert fall frigjort ATAK Civ igjen på Google play store for sånn 3 år siden. Den var borte i noen år, men nå er den fritt åpent tilgjengelig, så det er sånn hvis du går på hvis du går til air soft miljøet, så har jo de en bedre bms enn den jevne lagfører for den norske hæren.</p>
37	T	<p>Ja. Det er jo ganske sykt.</p>
38	I	<p>Android tactical awerness kit det er faktisk hvis du går på norske. De har en sånn norsk airsoft forbund eller hva det heter. Så der er det en beskrivelse for hvordan laster ned ATAK, og hvordan logge seg på deres ATAK server. For å få tilgang til chat og sånt da. Og da kan man sette opp lagstruktur og blå prikk deling og chatting og hele pakken.</p>
39	T	<p>Er det noe prosjekt igjen som går i Norge på å ta det fram, nå som vi har på en måte smarttelefoner og sånne ting?</p>
40	I	<p>Samtidig som nordmans ble lagt ned, så begynte jo spesialstyrkene på sitt eget. Altså det som nå er blitt Heimdal da. Og der er jo tanken, at det er et tog i mime med team BST soldat. Som skal se på og tilgjengeliggjøre BMS på, det er feil å si enkeltmann. Men det det altså være mulig for enkeltmann å operere da. Altså en fotsoldat skal ikke være avhengig av plattform eller kjøretøy eller noe sånt. Og da er det jo naturlig at Heimdal kanskje blir den løsningen. For det finnes, altså det finnes jo, det er Heimdal som er egenutviklet samt FMA/FS i støtte med industrien. Også har du FACNAV mobile som er teleplan sin. Som også antageligvis laget. Ja, det tror jeg fikk presentert mens NORDMANS fortsatt holdt på. Teleplan laget en facnav mobile eller noe lignende, noe som kunne kjører på Android allerede i 2011, 2012. Men det er ingen, det er vel sikkert ca. samme tidspunkt når forsvaret bestemt seg for å skrote nortac og si at facnav er det vi skal bruke, og det skal helte NORBMS. Altså produktet fra Teleplan. Vi skal ikke ha Kongsberg siden Nortac. Vi skal bruke NorBMS. Og da har de enda bedre grunn aldri blitt. Noen burde ha rukket opp hånda og sagt at vi trenger noe som kjører Android eller noe som kjører på noe som spiser mindre strøm enn x86 arkitekturen da for å si det sånn. Så ikke nødvendigvis at det trengte å være Android, men det burde vært ARM basert.</p>

41	T	Er jo veldig sånn. Når du starter og få en bærer, som er på tilgjengelig for mange, så må du på en måte få dataene og infoen delt ned på mange også.
42	I	Ja, for det er jo det som ville vært revolusjonerende, uavhengig om det er 4 eller 5 g. Det er jo det å få det. Altså største problemet etter jeg er kommet ut som troppssjef er jo altså når jeg kom til MP for eksempel, så var det jo. Ja, vi hadde noe DM-8, som ble erstattet med, hvert fall erstattet med DR-10. Men det var ikke nok, og det var ikke nok til hvert kjøretøy. Det var ikke nok til hvert lag. Den kostet jo 150.000 med denne klossen bakpå, ikke sant? Den er svindyr. Så selv når P8175 digitalisering av landstyrkene skulle levere og da skulle de jo egentlig øke utbredelsen i forsvaret. Men fryktelig mye av pengene ble jo brukt på erstatte DM7'er med DR-10'er og DM8 med DR-10'er eller evt. DT-13'er. Så det er sånn at vi har valgt en enhet som er så jævlig dyr at innen vi skal lage et nytt prosjekt for å øke utbredelsen. Så må det også dekke reanskaffelsen og oppgradering.
43	T	Det går heller mer på oppgradering enn å øke utbredelsen og dekke hele behovet.
44	I	Ja så hele behovet i hæren. For BMS har jo aldri vært dekt de siste 20 årene. Altså det er jo det er jo fortsatt ikke dekt. Det er jo fortsatt ikke sånn at vi har det på alle kjøretøy plattformer. Langt ifra. Og det kommer inn nok ikke til å få før vi finner en løsning hvor ender brukerstyret koster 10.000 kroner maks da.
45	T	Ja, for det er sånn en ja litt rugget ipad liksom er jo på en måte det vi skal ha.
46	I	Ja, så hvis vi greier å få ta en sånn Samsung galaxy active tab med 5G, så greier vi å få det godkjent for lavgradert, ikke noe annet, bare det. Så kan det jo godt hende at stridstren også får BMS, antagelig. Og hvis da pushup to talk tjenesten også er tilgjengelig på samme tabben. Så er jo det en nydelig.
47	T	Jeg har sett på det mtp. tilgjengeligheten deres, og når dere har mange som er rundt omkring over mange forskjellige steder og utbredelsen er stor. Du mister jo all mulighet til å kommunisere med de når du kun har MRR som dekning og du er avhengig av at noen har satt opp MRR nett. Har du da 5 g så har du jo blå prikk på den bilen hele veien.
48	I	Ja, gitt at du har dekning, men ja det. 5G dekning er jo mer enn MRR dekning, så det er jo bare at vi setter jo gjerne opp MRR dekning der hæren opererer, og der hæren opererer er jo der det ikke er telefondekning av og til. Så derfor er jo sånn

		her altså. Det er jo ikke bare muligheten til å sette opp private 5G nett, men det er jo vi har jo også. Jeg vet ikke om da du var du på øvelse Jøssing. Ja du så videoen.
49	T	Nei men jeg så video og så snakka med håkon litt hva de gjorde.
50	I	Ikke sant, så så da har du sett de 2 de 2 ulike. Så det er jo det. Både telia og Telenor har jo laget samme greia. Mulighet for å utvide og mulighet for å sette opp autonomt. Og det kan jo hende at den muligheten for å utvide, hvis vi får en mil slice i hele nettet. Og få mulighet til å stille noe krav om geografiske autonomitet eller backup eller redundans, eller hva vi skal kalle det. Så kan det jo hende den muligheten for å extende er mer enn god nok. Jeg tror, at det skal være en kombinasjon. Det vet vi heller ikke helt. Fordelen med den, der ekstender løsningen, er at den er mye mindre da.
51	T	Ja. Jeg tror jeg, det må jo sannsynligvis ha. At det er bør være et krav, kanskje at vi til en viss grad har med oss noe egen infrastruktur selv. For da er man jo helt sikker, hvis det bare koster et par millioner da og ikke være avhengig av noen som helst sentere?
52	I	Ja i hvert fall hvert fall internt der, så ville jo det vært tilfellet. I den forstand at det er jo kun i den bobla det er tilfellet da. Med mindre du, men ikke sant. Det er jo det er jo ting vi ikke vet da, men. Og få en sånn taktisk boble til å funke, og det å få simkort informasjon som ligger der til å kunne roame ut i det nasjonale nettet og sjekke at det funker. Eventuelt sjekk at vi kan istedenfor extend det nasjonale nettet så extender vi vår egen boble da, eller vårt eget private 5G nett for eksempel.
53	T	Det er vel egentlig implementert. Både Telia/Telenor har vel en løsning hvor du kan velge hvilket nett du kobler til på det samme simkorte?
54	I	Ja, de har i hvert fall jobbet med det. Eneste jeg har sett som har demonstrert det har vært til nå. Altså de gjorde det på øvelse finalen da. Så da kunne du roame fra privat til den nasjonale. Og så sier Telia de har gjort det samme, men har ikke sett det da. Det kan godt hende.

55	T	Nei. Ja det er jo noe med det at det må kunne byttes på en enkel måte. Isteden for å ta ting inn og ut ol.
56	I	Ja og så skal, og så skal du sees at roaming avtale eventuelt, nå snakker jo om roaming mellom privat nett og, men hvis vi snakker om roaming mellom tilbydere for eksempel, det er jo det en av de tingene hvor. Ukraina visste jo veldig tydelig at det ble nødvendig fra dag en, så alle teletilbydere gikk jo inn og bare oi vi må fikse nasjonal roaming sånn at det er irrelevant, sånn at soldatene våre kan snakke uavhengig av hvem sin basestasjonen de når. Og det var ikke bare noe sånn der skru over en bryter. Det var mye infrastruktur de måtte begynne å se på.
57	I	Så det hadde jo vært et veldig fordelaktig om vi har begynt å se på det nå i fredstid mellom Telia og Telenor og Ice.
58	T	Ja i hvert fall at det er en sånn mulighet som ligger der og som noen betaler for at den skal ligge der. Eller at dette er et krav som settes til dem, at de skal kunne skru det på når man trenger det. At det er en bryter du bare må ta.
59	I	Ja det det er jo egentlig. Det er jo egentlig noe vi ser i kontraktene allerede nå. At vi burde ha gjort. Det er jo for eksempel at ved at det går på sånn rammeavtale hvert femte år. Og at vi ikke har noen avtale med den andre, gjør at det er jo svindyr for noen som skal ha en BTKN og skal ha 2-3 simkort. Mens avtalen som FLO strategisk anskaffelse framforhandlet, burde jo ha sagt ok, vi har alle kontorbrukere, også er det en taktisk bruker, og han skal ha dekning i 3 nett. Og vi kan godt betale 500 kroner for det istedenfor 69. Det er bare, vi må ha muligheten til å ha noe som heter taktisk bruker, og han skal ha dekning uavhengig av hvem det er som. For det er jo bare juss og merkantilt og framforhandling. Egentlig ikke så mye Teknisk.
60	T	Snakka med Håkon sånn. Hvordan skal man få prisen på simkort også da? Fordi hvis man har faste abonnement som går hele tiden, så blir det altfor dyr, for eksempel på HV da som ikke bruker det i praksis mer enn et par uker i året. Så er det noe det å få. Ja tjenestemodellen og jussen og kravene inn her også, så på en måte de får betalt nok, men vi får noe som kan fungere på alle da.
61	I	Ja og der er det jo ikke sikkert. De har demonstrert det der esim greiene med HV. Men HV insisterer på at de kommer til å måtte bruke en bring your own device modell. Så det er altså det er liksom en måkrav fra dem, så de må liksom jobbe

		rundt det, og de kan ikke akseptere at flåtestyring er eneste løsninger. Rett og slett fordi at det kan hende at soldatene som møter opp er flåtestyr fra sin egen bedrift. Så da går det ikke det liksom. Så da da må vi jo finne en løsning som er. Ja, hva er problemet med at de eventuelt bruker eget simkort, er det et problem? Er det sikkerhetsmessig et problem er det? Hmmm. Problemet telefonlista er det altså. Hva er egentlig utfordringer? Fordi at på rapportering så har de jo løst det med den der WASOS løsningen sin. Jeg vet ikke om du er kjent med den?
62	T	Da er det en sånn app hvor du kan rapportere inn, er ikke det?
63	I	Jo da altså det er jo standard rapport mal også har mulighet for å legge til video og lyd og bilde og sånn. Men poenget er at det er en sikker link inn til en, så det er egentlig bare en webapplikasjon da så det. Det er ingen data på telefonen da. Så det er litt litt sånn som Universitetet i Oslo. De har laget en tjeneste for forskerne sine. Sånn at forskerne kan drive med å ha diktafon, altså kan drive og ha spørreundersøkelser og alt sånn uten å ha personvernproblemer med alle forskerne sine personlige enheter. Så det er sånn ok du logger på websiden og så kjører du alle dataene inn der. Dataene rører aldri telefonen din. Det blir aldri lagret lokalt, det går bare rett inn. Så har de liksom unngått det der, hva hvis noen mister telefonen? Og så har vi fått fordelene at autentiseringen gjøres i skyen opp mot bank ID eller min id, eller noe sånt.
64	T	Ja en eller annen sånn innloggings mekanisme. Om du har noe mer tanker, for vi snakket litt om elevert rele, om viktigheten av autonomitet og sikkerhet, og at man finner en sånn helhetlig løsning. Vet ikke om du har noen andre tanker. Om det er noen flere bruksområder har tenkt på opp imot hæren? Som dere ser for dere at kan bli aktuelle hvis man. Tenker sånn hva gir 5G? Hva kan jeg potensielt få til med 5 g?
65	I	Hmmm ja altså du kan. Så er den der private taktisk bobla si, at vi har den kommandoplass. En av de plassene vi har størst problem nå er jo på egen sikring. Ikke sant? Det er bare kun sette ut en termisk med 5G. Med en eller annen batteribank under på en trefot, og du kan sette ut 6 av dem og alt det går inn til en soldat som sitter og følger med på en skjerm, og da skal vi ikke være avhengig av at den soldaten skal være våken for det ha en soldat som skal sitte i timesvis og se på en skjerm, det fungerer ikke. Det er det masse forskning som tilsier, men da må vi ha en video server som sier ifra når det skjer noen endringer, eller når det skjer ett eller annet. Og det er jo enklest på, det er jo veldig enkelt hvis du har en termisk sensor kontra en dagsensor. Men si at du sender inn begge delene, og så gjør du alarm funksjonaliteten i termisk bilde fordi da er det mye enklere å fjerne

		falske positive og falske negative. Og det er jo moden teknologi som eksisterer i dag. Det er jo bare snakk om implementering. Så det er jo en sånn kjempestor egen sikringsmulighet som vi egentlig allerede burde ha hatt da. Også når det kommer til hæren i det store, så er det hvis vi sier at vi får til maskinlæring i tillegg. Så vil jo tilgangen på ekstremt mange datastrømmer ha verdi sånn i etterretningsøyemed og rapporteringsøyemed. Men fram til vi evner å utnytte stordata eller bruk maskinlæring for å hjelpe menneskene. Så har det litt begrenset verdi å få 1000 videofeeder inn til han, en kilde analytiker.
66	T	Ja den skjønner jeg jo veldig. Også ser jeg litt for meg som du sier, ja hvis det kommer inn til en kommandoplass der de sitter og ser på videostrømmen. Men det at en videostrømmen er tilgjengelig for flere også vile vært bra hvis det skjer noe ett sted så kan flere kobles på og se den.
67	I	Ja altså, jeg har jo hatt eksempler. Droneoperatøren er jo vanligvis kjempeflink på å beskrive hva de ser. Hmmm, på en måte som andre forstår det, men jeg hadde jo. En case i kabul, hvor droneoperatøren ser en Taliban som springer bak veggen med en granat. Og ikke greier å forklare det på en god nok måte til troppssjefen, som bare er på andre siden av den veggen. Og da hadde det hatt høy verdi, og man kunne gått i sitt BMS, åpnet streamen. Og at 2 personer kunne bare sett på samme streamen istedenfor at en person skal forklare hva han ser. Som han ser ovevenifra, og han står fysisk en annen plass enn en tredje person som skal forstå hva som foregår. Og liksom i kampens hete hvor det skytes og det kastes håndgranater, og folk er i et bymiljø og det rotet og sånt. Så har det absolutt en verdi å kunne dele strømmen. For det det mange som er skeptiske til det er at alle skal ha tilgang på alle strømmene og det. Det skjønner jeg, men et bilde sier mer enn 1000 år, så det er liksom selv om en person skal ha hovedansvaret til å følge med på en strøm, eller at maskiner skal ha hovedansvaret for å følge med på en strøm, så er det jo sånn øyeblikket du får den alarmen da fra om det er en mann som har ansvaret eller maskin som har ansvaret. Det er ikke nøye, det du får er strømmen. Du blir ikke forklart hva som er problemet. Det er sånn; her er et problem se på feeden.
68	T	Han hadde også det mye autonome sensorer type. For nå er det jo sånn hvis det skjer noe, så må man jo ut og se selv ofte. Det å kunne fly droner som kan bevege seg. Det kan man bruke, det trenger ikke å være en flyvende drone heller. Det kan jo være andre typer ting da at man kan både få videostrøm og kontroll tilbake igjen over 5G.

69	I	Det har vært jævlig kult. Har du snakket med mikkel gorsetbakk eller?
70	T	Nei, hva er det han gjør for noe?
71	I	Han er sjef på combat labben og har da ansvar for morgendagens kampenhet. Så det er en av de tingene de skal se på man, machine interfacing.
72	T	Ja, man kan bruke maskiner med aktivt i Slåssing ol, sier du?
73	I	Altså hvor hvor hvordan å få II krigen da, så skal hæren ha mennesker og maskiner. Luftforsvaret skal mennesker og maskiner. Sjø skal mennesker og maskiner. Og liksom langt mer av alt. Hvordan skal? Hva skal maskiner gjøre selv? Hvordan skal en interagere med folk? Hva er det mennesker skal være i loopen på? Så det er liksom. Det er jo en. Det er jo kanskje det som er mest emerging technology når det kommer til ting som er nytenkende og nyskapende, mens veldig mye av det vi har snakket om nå. Jo egentlig gammel teknologi. Altså OK. Jeg har jo snakket om noen egenskaper som er ny med 5 g, men det er jo. Utbredelse av ting i hæren som egentlig har eksistert i 10 år. Og det vi snakker om når det kommer til ok du skal kunne ha en BMS på en mobiltelefon. Det kunne vi egentlig hatt for 10 år siden. Vi ser andre stater hadde for 10 år siden.
74	I	Og så har du snakket med prosjektet områdekontroll.
75	T	Nei.
76	I	Hvis du har et sent, hvis du har et sensor fokus. Stig Tullien Mikalsen. FMA, er han som er prosjektleder. Og så lurer på om det er Klaumann som er TPK for hæren, men tror han er på stbasskolen. Kan hende jeg detter ut, snart tom for batteri.
77	T	Altså hatt mulighet til å sende meg mailadressen til de 2.
78	I	Ja ja da skal jeg få det.

79	T	Men nå har egentlig snakke ja kommet gjennom mye, tror jeg ikke du har noen siste tanker eller bruksområder eller et eller annet du kan snakke om.
80	I	Hmmm nei da tror jeg vi har snakket om ganske mye altså. Ja, på det store, så er det er. E-bildet kan bli bedre hvis vi greier maskinlæring. Og på det lille, så er det egen sikring i for eksempel en kommandoplass trenger ikke å være det, men altså konseptet er det samme. Det samme konseptet vil du kunne bruke i prosjektet områdekontroll. Sant det bare snakk om deployerbare sensorer hvor nettverket er lokalt og du har full autonom kontroll og. Og så videre. Områdekontroll skal vi også se på effektorer i den i den samme rammen. Så jeg sa jo kun sensorer, men de skal jo også se på automatisere effektorene.
81	T	Han er veldig aktuell sånn sett. Det er veldig sånn. 5G muliggjør jo på en måte de bruksområdene egentlig. Det var en takk for møtet.
82	I	Ja, så får du bare se fram hvis du trenger. En oppfølgingsamtale et eller annet. Ellen oppfølgingsspørsmålet.
83	T	Jeg skal si ifra at det dukker opp noe. Ja takk. Ha det bra.
84	I	Vi prates hei.

Appendix

Interview: FFI interviewee

This appendix contains the interview performed with two persons from FFI

The first person holds a Master's degree in Technical Cybernetics and has been employed at FFI since January 2020. At FFI, she has worked on setting up an innovation and test arena for the land domain and has been responsible for several projects with the Army, including sensor networks and area control. She also brings nearly 10 years of experience from Kongsberg Defence and Aerospace.

The second person holds a Master's degree in Computer Science from the University of Oslo and has been working in the System Development group at FFI since his graduation year of 2017. Through the System Development group, he has assisted a wide range of internal research projects with programming assistance and system integration.

This appendix is written in Norwegian. The "I1" indicates that interviewee 1 is speaking. The "I2" indicates that interviewee 2 is speaking. The letter "T" indicates that Torbjørn is speaking

ID	Speaker	Comment
1	I1	Det går helt fint, da kommer en til fra meg en som jobber sammen på prosjektet mitt som jeg spurte om jeg hadde lyst til å være med. Han er softwareutvikler og har jo på en måte jeg begynt å bli. Jeg begynte å bli redd for at jeg ikke skulle fylle tekniske gaper da, så derfor. Derfor tok jeg med Gard-inge som et teknisk alibi
2	T	Ja ja kult.
3	I2	Hallo.
4	T	Hei ja. Det kan jo starte med å introdusere litt oppgaven, og det har jeg tenkt det som ida skrev i mailen som sendte. Så skriver jeg på hva 5 g kan brukes til i spesielt inn mot forsvaret. Og gjerne med da bruk og sensorer. Og hun mente at dere har drevet med fjernsyn og sånne ting, vet ikke om dere vil starte litt om, hva dere har gjort for noe. Hva dere jobber med å testet?
5	I1	Jo jeg kan jo si det. Altså fyller du inn I2-ingen. Ja vi. I forsvaret i dag så har de. De har jo masse sensorer i forsvaret i dag. Men det er gjerne sånn at hvert sensor system har sitt eget kontrollsystem, sin egen GUI, sitt eget comms løsning og sine egne strømløsninger. Og det. Det betyr at det veier mye. Det er mye å drasse på. Det er mye å sette seg inn i og lære. Og det er jo på en måte et system som gjerne er er en til en med personell, altså for hver sensor du har. Så må en mann ha kontroll på den. Og så er det en tid, der personellet er et stort mangel, en mangelvare da, så hadde forsvaret et behov for å se på hvordan vi kunne effektivisere sensorene våre. På en sånn måte at en mann skulle få muligheten til å kunne bruke flere sensorer for å løse oppdraget sitt istedenfor å på en måte ha mange menn til å løse oppdragene med kikkert. Så våre oppgaver har vært på se på. Hvordan kan flere ulike sensor typer altså typisk er EOIR, radar, akustiske sensorer, RF sensorer. Hvordan kan du ta inn data fra alle de inn i ett i et system og kontrollere det derfra sånn at en mann kan overvåke et stort område med flere ulike typer sensorer for kontrollsystem? Så et sensornettverk da. Også består jo på en måte et sensornettverk av veldig mange forskjellige problemstillinger. Du har på en måte kommunikasjon. Hvilken bærer er relevant? du har strøm. Hvordan skal du gi strøm til sensorene som står langt ute på en måte fjernt fra der du sitter og kontrollerer det? Du har hvilke dataformater og hvordan skal du overføre det? Hvordan skal dataene se ut du har? Hvordan skal du bruke det? Hvordan skal du på en måte ha

		<p>kunnet kontrollere det på en intuitiv måte? Ja, så vi har ikke tenkt på strøm, og vi har ikke sett på bærer, men vi har sett på hvilke protokoller og hvilke dataformater trenger vi å løfte over, og hvordan skal selve arkitekturen være når du har fjernopererte sensorer som skal inn i en OP, så har vi sett på kontroll. Altså, hvordan skal du kontrollere det? Det er liksom vært det vi har gjort. Og så har vi laget prøvd å lage en standardisert. Ja, hva skal vi kalle det? En standardisert arkitektur for det da. Sånn at det du eneste, hvis du kjøper ny sensor da, så må du gjøre en integrasjon av den sensoren. Det vil si egentlig bare er hvordan setter opp at du kan snakke med sensoren, men så er på en måte resten som går inn i systemet standardisert da sånn at du klarer deg med andre adapteren da ikke, ikke alt. Det er det vi har gjort.</p>
6	I2	<p>Spesielle nivåer grensesnitt. Du er et grensesnitt ut av adapteren og så inntil noe som vi kaller varde som er på en måte den protokollen vi har internt i systemet. Og så har vi grensesnitt over til en gateway som gjør at man kan snakke over forskjellige bærere da. Og hvis du da har samme grensesnitt på andre siden av bæreren, så kan du oversette dataen tilbake igjen til varde som vi kaller det, og inntil et kontrollsystem eller hva enn du har, så lenge du har integrert mot denne vardeprotokollen da.</p>
7	I1	<p>Så jeg kan jo dele bare figurer, så du kan få en figur der burde ha gjort før jeg begynte å prate da.</p>
8	I2	<p>Mens du sier, kan jeg si en viktig ting til i forhold til det å ha en mann per sensor som er idag, så er det også det at de må oversette funnene til en annen plass. Sånn hvis du ser noe i kameraet, så må vi da sier jeg ser noe der borte, mens hvis du kunne fått dette på dataen direkte for på en måte sensoren da og sendt over til et eller annet sted, så er det jo perfekt data i stedet for at du har en tolkningsprosessen, en mann i bildet og oversettelse prøve å få dataene videre, så går det mye lenger tid da. Så det er også et moment her om, at du slipper å måtte overføre dataene manuelt fra et system til et annet.</p>
9	T	<p>Hvis det er et nettverk hvor alle saker med hverandre?</p>
10	I1	<p>Skal vise deg hvordan det ser ut over for å gi deg et bedre bilde. Ser dere noe på skjermen min nå eller ser dere ingenting.</p>

11	I2	Helt svart her.
12	I1	Ja, det tror jeg. Ja, men jeg kan. Jeg kan jo dele noe videoer med deg som du kan se nå bare for at du skulle så få. Bilde på hva vi har et fokus på da, så er det det som er i sirkelen her. Altså hvilke data må sendes fra disse ulike sensornodene inn her. Og så har vi laget arkitekturen her på en sånn måte at en sensor integreres med en adapter. Og så ligger liksom nøkkelen i det vi har gjort. Det er egentlig det som er her da. Det som trengs for å vite hva. Hvem er denne Noden og på hvilket språk snakker den og det som trengs her for å på en måte sende dataene over et radio grensesnitt da. Samtidig som du har mottakersiden som egentlig sett lik ut da mottar data og alle som svarer, kan presentere de klienter da. Når du da overvåker, så ser systemet sånn her ut for eksempel. Her er det akustiske peilinger som detekterer en bil, og så er det en radar som er den gule popcornen som flytter seg der radaren har detektert bilen, så vil du etterhvert se ham på videostrømmene her da. Og da kan operatøren sitte her egentlig av kontrollprosess sted. Hvor alle deteksjoner han ser, samtidig som man får live data, og her kom bilen.
13	T	Er det noe måte stort behov for at vi måtte lage en egen protokoll for det her istedenfor å type bruke noe som var mer standardisert?
14	I1	Det vi så var at det var at det var ingen som tilbyr sensornettverk som vi kan kjøpe ferdig. Du kan kjøpe kit fra en leverandør som har jo alt dette her og som fungerer på sitt eget lille språk i sin egen lille verden og fra det kontrollsystemet så kan du kontrollere flere typer sensorer, men da får vi det ikke inn i forsvaret sine systemer. Da er det et lite selvstendig proprietært system, og forsvaret er avhengig av å få det inn på sine sikre plattformer i sine kommandokontrollsystemer. Så det var jo det er litt sånn litt av hensikten, og så har vi jo brukt standardiserte formater på videoer, rader og sånt der er standardiserte formater for video og rader og rød data og og annen type skal vi si. Det er jo på tracks, så er det jo standarder i forsvarssektoren de bruker vi jo. Men akkurat det å kunne fra en node med ulike typer sensorer, til å sende data inn til en OP. Så fantes der ingenting. Som du ba på en måte kunne si at vi har en mil standard 8432x. Det fantes ikke.
15	I2	Vi prøvde jo å bygge oss på det formatet FMA allerede har definert. I en sånn, nå husker jeg ikke helt tallene, men det er en sånn, men det er en sånn NDPA format som de har definert som vi på en måte bygger oss ut videre på

		<p>da. Sånn at det er noe som allerede finnes i forsvaret på meldingsnivå som vi har prøvd å gjenbruke. I på en måte meldinger som går mellom. Tjenester da. Sånn at vi kan bruke gjenbruke den, den grad vi kunne gjenbrukes, brukte vi noe som allerede finnes i forsvaret.</p>
16	I1	<p>Ja, det var Frosvaret hadde lagd sin egen NDPA. Det står for National defence procurement agency eller noe sånn. Altså FMA, forsvarsmateriell hadde utviklet en slags gateway og meldingsprotokollen som vi bygger videre på, og poenget med det var prøve å Bridge mellom historisk. Altså dette bruker vi i dag i forsvaret, arven, og det som kommer i framtiden fordi for forsvaret så er det lenge til. Du på en måte er teknologisk moden så alt av IKTI forsvarssektoren som er nytt må virke med det gamle. Og det var på en måte hensikten da å være en bro for å kunne virke med det gamle, men som vil på en måte gå i riktig retning i framtida. Det det, det er jo ønsket.</p>
17	T	<p>Sånn ut ifra det? Det viser nå da, så virker som dere har en ganske sånn fungerende løsning som gjør at du kan ha veldig mange sensorer. Veldig mange kameraer rundt, typisk en kommandoplass eller lignende, så hva er det på en måte, hvor langt er det kommet i arbeidet? Hva er det som gjenstår for at man kan eventuelt dele det med flere?</p>
18	I1	<p>Har vi hatt fokuset på å legge til rette for en infrastruktur som tilgjengeliggjør data. Det har vært det viktigste, og der er vi i mål, for på en måte et utvalg sensorer, radaarer akustisk og kameraer, altså videoløsninger og for hyllevare videoløsninger, da. Og det har vi vist at virker. Og så er målet at til sommeren så er det på en måte en. Skal vi kalle den en 0.9 versjon da så gjenstår det på en måte å kvalitetssjekke at det virker test og verifisering og release. Så vil forsvaret kunne ta i bruk et sensornettverk med akkurat de sensorene vi har brukt. Og skal de ha andre sensorer, så må de på en måte. Da må de jo integrere de sensorene. Men det gjør vi også på en måte. Medfører det, at da har jo bare grunnlaget, men det fortsatt ikke noe mindre jobb, sant du sitter fortsatt og ser på 8 videostrømmer sånn at det neste steget når du har dataen er jo å behandle data. Og da enten behandler de på edge eller behandler de hjemme på noden eller begge deler. Og det, har ikke vi sett på ennå. Så på en måte får si det sånn at vi har grunnmuren oppe å gå. Men, for at du skal få et nettverk som er nyttig, mer nyttig og på en måte mindre arbeidsbelastende. Så må du, da må du prosessere ting da. Men, sånn så jeg vet ikke hvor godt du kjenner forsvaret. Sannsynligvis det er litt. Og som FSK kunne fint ha tatt dette i bruk, til sommeren hvis de vil. Og hvis FMA og Teleplan releaser</p>

		det, for de er jo høykompetente.
19	T	På de ute i bygaden og Heimevernet, og der hvor det er mindre øvings grunnlag hvor det er mer krevende. Teknisk for det er en litt mer sånn. Ja, litt mer vanskelig løsning å bruke kanskje?
20	I1	Ja fordi at nå er det jo ingeniører som har laget hardwaret. Så hvis du skal til hæren eller vernepliktige, så tror jeg vi trenger noe mer plug and play hardware. Altså det må være helt intuitivt. Så selv om vi har brukt hylleware komponenter på hardware, rutere og svitsjer og pcer og i dette blitt brukt mye silvius radioer, men bygger det nå ut sånn at det også skal støtte for 5G og og på en måte ikke flate nett. Så er du fortsatt avhengig av mer plug and play hardware. Men hvis du, og det handler om at som hvis jeg skal sette opp dette, som er prosjektleder, og har mistet den tekniske ?? kompetansen min. Så sliter jeg da. Fordi at det er mange koblinger er mange kabler. Du må sette opp noe ip adresse her og der og da er terskelen litt for høy per dags dato for et for en vernepliktig eller en HV soldat. Men det løses jo veldig lett med. Enklere, dedikert hardware som sannsynligvis finnes på hylla, og det er jo det vi skal se på framover da eller de neste årene. Da prøver å enten finne den ene hardwaren eller putte den på hyllen da hvis han ikke finnes. Ja så det. Det er liksom den fysiske koblingen som er vanskelig. Det er å bruke det. Det tror jeg faktisk hvem som helst hadde klart i løpet av en halv dag trening.
21	I2	Det er jo også sånn som du sa, vi må sette noen manuelle innstillinger for ip adresser og sånn for å vite hvilken kamera som er på hvilken ip og hvilken akustisk som er på hvilken IP. Mens håper er jo å legge til rette for DHCP, og discovery da, sånn at du bare plugges på en radio også kobler den, så sier den at den kan finne en IP og så har du en ip server, som sier ok putter vi på en adapter også setter vi på den og den også kommer den bare opp. Men sånn som det er nå, så må vi jo si at vi skal ha et kamera og en akustisk på den noden og sette opp en config for det. Og så må vi fyre det opp samtidig. Så vi må på en måte få si hva som skal finnes der, mens et håp er jo bare koble i radaren, og så skjønner pcer selv at ja, da skal jeg sette opp dette systemet på den måten for at jeg skal prate med den da. Det er også en ting som mangler, men som må til på en måte.
22	I1	Og det er tilsvarende på bærersiden da. Hvis du, hvis du registrerer at du har en bærer med med smal båndbredde, så har du et system som er smart nok til å skjønne at OK nå kan ikke jeg sende full oppløsning video, eller

		<p>hvis du har både, hvis du har 5G tilgjengelig og høyere båndbredder, så kan du da pushe mer data opp tilbake til OP'en. Og så i tillegg på en måte det vi jobber med nå er jo å få det til å fungere på mer, altså få til ruting, da. Og det kommer til sommeren da for da vil det kunne fungere på sivile bærere ikke bare som et kjernenettverk på silvius som er det vi har brukt til nå da.</p>
23	T	<p>Ja og det integrasjonen mot 5 I2 dere ser mye mot eller er det andre typer ting dere også ser på?</p>
24	I1	<p>Vi har fått helt klare føringer på at vi må støtte 5G. Ifra oppdragsgivere men foreløpig så altså for vår del PT da, så om det er 4 eller 5 g spiller ikke noen rolle, men så kommer jo med det her med 5 g slice biten opp. Nå er ikke jeg helt 5G-ekspert, men for meg så blir 5 g slice, en militær slice, det samme som at du har et militært lukket 4G nett. Så det er jo på en måte en funksjonalitet, men det er sånn som du snakkes om som interessant er jo boble. Disse lukkede 5G boblene. Og de er jo. Det er en fremtidig kommunikasjonsløsning for et sånt sensornettverk da, at du innenfor dette området her og denne kommunikasjonsbobla kan ha x antall sensornoder da fjernoperert og kontrollert fra en OP. Og så har du en annen bærer ut eller inn i de høygradert system.</p>
25	T	<p>Ja for det her må jo termineres et sted, også eventuelt kobles videre, eller om det kan koble på. Hele veien innover. For sånn som det er nå så så terminerer du inn i et begrenset system. At den kanskje skal deles videre fra begrensa system til andre begrenset system også. Eller skal det deles da før du kommer inn i det begrensede systemet?</p>
26	I1	<p>Nei altså. Jeg tenker sensorene går til en OP. Som er typisk begrenset og så stopper på en måte prosjektet mitt der, så så deling av denne dataen videre i systemet. Det er det andre som ser på, og der er det jo etablerte mekanismer i forsvaret allerede. Men sånn hvis jeg skal synse da, så er det jo en stund til du sitter flere ledd bak og styre disse sub taktiske sensorene. Det use-caset tror jeg ikke på. Jeg tror det er mer sannsynlig at det kommer et oppdrag fra bakover der de sier vi ønsker at dere skal se der. Og så er det på en måte han som har kontroll over sensornettverket som sørger for at han ser der og da får rapportert tilbake. Jeg tror det er mer fornuftig bruk av sånne sensornettverk. Sånn som ting er i dag, da. Jeg tror ikke de skal sitte på FOH og kontrollere stridsteknisk sjanser. Det gir ikke mening.</p>

27	T	Deling av videostrømmen tilbake igjen til FOH vil det, for det kan jo i teorien, for da er det snakk om ip adresser. Og et eller annet, så vil jo de kunne sitte så lenge det er et 5G nettverk som går hele veien fra sensoren tilbake igjen. Så vil de kunne få den videostrømmen?
28	I1	Ja de vil jo det. Teknisk så er jo det mulig sånn jeg ser det i alle fall. Sånn som vi mottar videoen nå så så strømmes jo all video til en serverløsning og så kan det jo hvem som helst ta imot den videostrømmen derifra. Igjen IP video. Så det går jo an det. Det har vi jo vist. Det visste vi jo nå når vi har vært og testet. Da at vi tok inn video fra alle sensorene i OP'en, og så viste vi de på storskjerm, men så satt det en annen, man kan si og abonnerte på de samme video strømmene et annet sted. Så det går, men da tror jeg du kommer ned til, forsvaret er ikke modent nok. Og hvis du er i etterretningsverdenen, så ligger jo de beste å ha. Det er farlig å sende opp, det farlig å sende for mye data for langt opp i strukturen. Uten at det på en måte er behandlet. Så det er veldig mange som våknet på da, så tilgangsstyring blir jo nevnt som et sånn viktig punkt. At det er ikke sikkert at de skal ha tilgang. Og spesielt etterretningsverdenen, er forsiktig med det da å gi rådata. De vil jo helst ha den informasjonen og gjøre den om til etterretning og heller dele etterretningen. Det er noen prosesser som må på plass. Jeg tror det som kanskje er viktigst er å ta vare på dataen. Altså det er sånn prinsipiell i hele forsvaret at vi tar vare på de dataene vi har.
29	T	Jeg ser jo veldig det utgangspunktet du snakker om det med at du har en medieserver som du kan abonnere på. Og det sier jo da, men tilgangsstyring. Jeg ser for meg sånn typisk. Hvis du har, nede på et lavt nivå, har nå snakket om at en case så kan du ha en som sitter og ser på et kamera. Prøver å kommunisere det han ser da ned til en lagfører som er på bakken. Så er det vanskelig å forklare. Hvis man har en sånn tilgangsstyringsverktøy hvor man kan pushe den videoen da og si her er det vi skal se på og så ser du på det akkurat da. Da får han måtte bli invitert med i strømmen, egentlig da.
30	I1	Ja, og så må du tenke deg om du har fordi at fordelen med den sånn som når vi har alle disse videostrømmene som kommer inn til den OP'en, så fordelen med at du på en måte abonnerer på dataene fra den serveren er at du slipper å sende de over linken flere ganger. Så på en måte at du fra de distribuerte nodene dine og inntil OP'en mottar du videoen. Så er det fra open du distribuerer det videre. Da sparer du jo nettverket ditt, ut til de fjernopererte sensorene. Det er jo fordelen du får med den video og serverløsningen. Og så trenger du jo ikke dele videoen videre. Det holder

		jo kanskje med posisjoner, bilder. Så det er det er nesten opp til brukeren, tenker jeg. Hva? Hva har de behov for?
31	T	Hva er den, hvordan fungerer den video serverløsning du snakker om? Det er at du har en eller annen. Du må ha nok lagring da for å ta opp nok video i OP'en
32	I1	Den er for det var en fin video forwarding mekanisme, vardet ikke det?
33	I2	Jo Teleplan har jo laget et produkt som finnes stort sett over alt i forsvaret, nå som er en slags kjørbare server for video som kan lagre mange forskjellige videostreamer og som kan forwarde videre til de andre mediaserverne du har, hvis du har det for eksempel eller bare lagre der og da, og så kan du abonnere på de via NORBMS, som er en sånn GUI versjon da til forsvaret, og da kan du se videostreamene eller gå tilbake i tid i og ta utdrag av de og sende videre så de har allerede en programvare da som gjør alle disse video manipuleringene og videoforwardingene. Med en sånn egen srt protokoll. Som er en protokoll hvor de kan sette opp, altså skru på og skru av forwarding da til mediaservere andre steder. Abboneringstjenester rett og slett.
34	I1	Og hente ut fra kildene og dit da.
35	I2	Og da er det jo, kan også sette på at vi skal beholde så, så lang historikk av videoen da, og så etter hvert som du fyller opp den historikken og har fylt opp til maks så vil de bare skli vinduet hele veien. For eksempel siste 24 timene bare lagres automatisk også overskriver du gamle etter hvert som du kommer over? Det har mange sånne innstillinger. Da kan du justere. Det er sikkert etter størrelse på disken da.
36	T	Så det er egentlig en sånn teleplan globe løsning på den den selve mediaserver løsningen?
37	I1	Denne er utviklet i samarbeidet med forsvaret og Teleplan. Så har vi egentlig bare bygget videre på den for sensorer. Og så ser vi, at det er et behov for tilsvarende løsninger for annen type data, da. Signal data eller tracks, fordi at du må på en måte kunne samle alle dette her i. Jeg kaller det

		kategorier da, sånn at du kan behandle det, gjør fusjon mellom sensorer.
38	T	Hva tenkte du på da når du snakker om tracks og sånne ting?
39	I1	En akustisk sensor gir en peiling. Har du flere akustiske sensorer, så kan du få flere peilinger og du kan få krysspeilinger. Men du må jo vite at du har flere peilinger og kunne ha liksom programvare for å gjøre den krysspeiling da. Og hvis du da i tillegg får inn en radardeteksjoner da? Og du har en endringsdeteksjon mekanisme som går på videoen. Så må du kunne gjør fusjon for å unngå at du blir stemmer av masse forskjellige deteksjoner, men heller ha noe som sier oi alle disse tingene her. Det er samme bil. Alle de var på samme plass for å få større konfidens på at dette var målet ditt. Eller dette er samme ting, eller? Eller sånne ting da, og da må du ta vare på dataene dine, altså du snakker ikke om å ta vare på de årevis du snakker om å ha nok historikk til at du for eksempel kan gjøre prediksjoner.
40	T	Da snakker om det er litt en bedre ting å gjøre neste steget deres som er det og hva vi skal gjøre med dataene. Vi skal behandle dataene, ikke sant?
41	I1	Ja, det er det vi viser aer jo at det er jo det, det er spesielt på edge. Det er problem, altså på noden fordi overføringskapasitet og båndbredde er en mangelvare, og det vil det alltid være uansett om du får 5G, så vil det alltid være problemer med båndbredde og jo mer båndbredde vi har, jo mer bruker vi. Så det å hele tiden være Effektiv i forhold til bruk av den tilgjengelige båndbredden er viktig, ergo, så må vi gjøre så mye prosessering vi kan jo nærmere sensorene vi kan. Så det vi har lyst til å se på i neste prosjekt er jo å se, hva kan vi gjøre nærmest sensoren? For å på en måte ikke strøomme uendelige mengder med data, men for eksempel kunne ha enkle deteksjons algoritmer som sier pling. Nå skjedde det noe, og så setter du på videoen for eksempel. Ett eksempel eller smart strømsparing og andre ting, så vi har lyst til på det som har med selve noden å gjøre, altså en fjernoperert node. For da har vi jo fikset kommunikasjonen. Så det er ene tingen, og den andre tingene vi har lyst å se på er effektorer.
42	I1	Og ikke minst sikkerhetsaspekteret da, fordi at når du putter ut en fjernoperert node som står i en kilometer unna der du har folk og du setter på kommunikasjonen rett inn i forsvaret sin i systemet, så er den noden en inngangsport. Og en trussel for at du kan bryte sikkerhetsbarrierer, så den noden må sikres på et vis. Og da er det ingen som er der og passer på at

		han, så du kan ikke ha CCI, så du må ha hylleware krypto løsninger som er godt nok og som tar den risikoen for at noen enten skal tampre med signalene eller på en måte fysisk koble seg på og dermed får tilgang til resten av systemene dine. Og der er det gjort en del allerede på FFI, forskningsprosjekter som har sett på både ubemannet systemer. Og hvordan kan de sikres for å kunne være begrenset eller konfidensielt. Og så er det gjort en del på hylleware krypto sammen med industripartner for å sikre på en måte godt nok. Typisk aes 256 kryptering hvis jeg husker det der riktige da. Og det er jo har vi jo ikke tatt inn da. Det er spesielt noden og hardwaren da, det har vi ikke sett på.
43	T	Ja. Så jeg skjønner det sånn det. Det går nå egentlig er at nå er på en måte protokollen og det som skal til for å få løsningen til å funke er på en måte lagd. Men har du se på i neste omgang, er det å lage det som til den enkle løsning som gjør at flere måter kan bruke det, og at man får brukt det ute. Samtidig som vi må på en måte, etter
44	I1	Riktig.
45	T	Det med sikkerhet som du nevner, at du må på en måte sørge for at sikkerheten blir ivaretatt når man lager løsninger og starter å bruke det?
46	I1	Ja, det er jo liksom noen ganger, så sier at vi har fokus på de kjedelige tingene. Altså ta vare på dataen, og de sikkerhetsløsningene altså. Masse sånn fancy prosessering i maskinlæring og kunstig intelligens er jo kjempegøy. Men hvis du ikke har infrastrukturen for å gjøre det på en sikker måte, så får du aldri tatt i bruk. Så for at ting skal komme i bruk i forsvaret og faktisk bli noe, så må du ha kontroll på nettverket ditt, du må ha kontroll på sikkerheten din, og du må ha kontroll på at det er lette å bruke. Når du kommer dit så kan du begynne å bygge på iterativt med de funksjonene du trenger for de oppdragene du har.
47	T	Dere snakker jo om at bærer så har dere brukt en radio nå, men at skal integreres så det er mulig bruk på 5 g. Har du hadde sett noe? Jeg skal jo skrive litt om 5G og måter 5G kan brukes. og det er på en måte noe dere har sett på inn mot 5G som gjør det utfordrende å burke inn mot det her?
48	I1	Nei, det har jo ikke vært utfordrende. Det vi har nå må du fylle inn da, men grunnen til at vi ikke gjorde 5G først. Det handler om at det var ikke et flatt

		nett. Det er mye lettere å få til tester i flate nett først. Så den skal vi si, rutingen implementerte vi ikke. Men det gjør vi nå. Men jeg har aldri forstått at det var på en måte en kneik. Det var mer enn gjørjobb.
49	I2	Fordi det. Jeg vet ikke om vi har utfordringer med 5G, for vi har jo egentlig ikke tatt på det på en måte. Men litt av strukturen her var som du så i den tegning er at vi har vårt node, og så kobler seg på noe som heter edgeway.
50	I2	Og det er et produkt Teleplan har laget som vi har prøvd å lage for å med et grensesnitt som er veldig generisk, så alle mulige tjenester kan bruke den. Ikke bare vår varde, men også en helt annen tjeneste og den edgatewayen, det er den som skal håndtere hva, hvilket nett går vi på, hvordan går vi over nettet og hvordan? Hva er tilstand på nettet da, så da den som måtte i så fall implementere en måte å gjøre 5G på. Og jeg er heller ikke noe god på 5 g, så derfor jeg vet helt liksom hvorfor, eller hva må til eller hva mangler? Men de snakker om, snakker om ruting og det er jo for å sikkert kunne gjøre flere mulige hopp da. At det må gå over flere hopp for å gå gjennom 5 g, mens vi har bare lagt oss til sånn enkelt et hopp da altså du snakker direkte mellom 2 edge gatewayer og de snakker over en eller annen bærer direkte med hverandre, så de har liksom, de kjenner til hverandre da. Men hvis du må rute dette gjennom et annet nettverk, så har de ikke lagt opp til det enda hvordan de skal løse det. Jeg tror det som var på en måte biten som mangler da for at det skulle funke, men det er noe de er interessert i å løse for det trengs.
51	I1	Er det ja er dette? Men det det har jo vært snakket. Altså. Vi snakker jo om at at på en måte spesielt områdekонтроller som er et av de use casene som vi jobber på, så er jo 5G en forutsetning for at det skal fungere. bra da, eller best mulig, men vi kan jo ikke lage arkitekturen sånn at det bare fungerer på 5G. Det er jo grunnen til at vi har jo på en måte vel velger protokoller som tåler pakkeap i større grad. SRT til videoer er godt egnet fordi at det tåler et høyt pakkeap på video sånn at. Det er jo vanskeligst med radioer. På en måte, så 5G sånn for funksjonaliteten er jo er lettere da. Og lettere å få mer data igjennom, så for områdekontroll, de har vært tydelig på at 5G kommer til å være en forutsetning og veldig viktig. Heimevernet er også sagt at, og spesielt for Heimevernet, så vil 5G være en game changer på en måte på disse tingene da. På sensorer, og det å kunne få masse sensordata. Tenker både på sånn sikring av objekter og sånne ting, men og at hver HV soldat er en sensor. Der er det jo masse muligheter da.

52	T	Ja absolutt.
53	I1	Og så er det jo et spørsmål om sikkerhet etter hvert. Altså. Hvordan skal sambandskonseptet være? Hvilken rolle kommer 5G til å ta i samband konsepter og når vi vet litt mer av det. Det her med hvilken rolle skal 5G ta i forsvaret i stort. Det vet sikket Ida, det har sikkert hun mer kontroll på. Men på en måte for sensor nettverk er det å overføre sensor data både hæren og i HV. I HV så tror jeg at det kommer til å være kjempeviktig.
54	Torbjørn	ja. Ja, jeg vet ikke om jeg har så mye mer spørsmål egentlig. Jeg føler på en måte det har gitt litt sånn mening i hvor langt dere er kommet, om hva dere har gjort og for litt hvilken vei utviklingen går.
55	I1	Det har et punkt som jeg har lyst til å. Og så står det et punkt
56	T	Ja vel litt på den egentlig at det må være bakoverkompatibelt da, fordi man kan ikke på en måte starte på nytt igjen.
57	I1	Nei, altså må du også kunne ha et system som virker når ingenting virker. Ja det det er jo faktisk det som er. Det er jo det, det er som det er. Det må være liksom en plan for hvordan du skal bruke, og ha kommunikasjonen din i de ulike scenarioene når ting begynner å falle vekk. I Ukraina så ser du jo at det kommersielle mobilnettet er oppe, for alle trenger det jo, til og med Russland liksom. Så teorien om at ingenting som virker, den kan kanskje fall.
58	T	Ja, det er sånn. Det er jo så spennende fordi det er jo veldig geografiske forskjeller på Ukraina og Norge også.
59	I2	Nei, jeg føler vi hadde, da jeg har sagt de tingene som jeg har tenkt at de burde si i forhold til alle de de. Vi kaller de objectives som du hadde presentert oss. Ja, jeg føler vi prøvde jo å bruke en protokoll eller en slags. Si et system som finnes veldig mange steder i forsvaret for å gjenbruke det i den sensoren Noden som vi hadde da. Men det var det, vi merket at det ble for vanskelig, for det var for statisk, så vi trengte mer den her. Fleksible drop on drop off, i sensortyper, sensorløsninger, at ting er automatisk at du ikke trenger trenger hele tiden å måtte konfigurere på nytt systemene og måtte si at der har vi en kamerat av den typen som står på den måten oppå det stativet. Du har så masse manuell konfigurasjon, så måtte til sånn som

		<p>det er da, så det var da vi måtte implementere en ny protokoll som er mye mer dynamisk, så vi slapp, og på en måte, ting bare skjer av seg selv da og eventuelt at du kan sitte i OP noden og konfigurere noden der ute uten å måtte gå ut til den for å gjøre det på en måte. Vi kan bare si at sånn ser den ut og sånn fungerer det, på en måte og sånn skal det være, og så kunne du, shit et kamera røyk, så kjører du ut bytte kamera gå tilbake, og så skrur du på en måte. At det er så enkelt det skal være da. Det er det som er målet, og det er derfor vi lagde en ny protokoll, for det var ingenting som løste de alle de tingene vi trenger, sånn for at de tingene skal bare skje.</p>
60	T	<p>Jeg er inne på det når du plasserer ut kameraene og sånne ting er du nødt til å si hvor du setter det ut hen. Eller er det noe GPS eller er tanke om at det skal? Hvordan skal det her de skjønne selv hvordan de står hen?</p>
61	I1	<p>Ja det det vanskeligste er faktisk altså det vanskeligste med sånn sensorsystem tror jeg da er faktisk ikke det tekniske her. Det er 1. Sette sensoren sånn at du får den informasjonen du trenger, altså den operative brukeren av at du har at du plasserer sensoren på en god måte som gjør at du får du ser det du skal se. Og det opplever vi som vanskelig da, og det er jo bare bruk. Det er ikke Teknisk i det hele tatt. Det er en fysisk plassering. Og det tror jeg forsvaret trenger trening i. Det 2.er jo det at når den sensoren står der. Og du skal ha et system som skal være passelig nøyaktig, så må du vite akkurat hvor han står. Og da må man ha en GPS, eller du må notere posisjonen til hvor han er, men ikke nok med det. Hvis han står bittelitt skjevt. Så får du en unøyaktighet da som du må ha kontroll på, så du må ha kontroll i alle 3 aksene og du må det. Du må på en måte vite da, og vi kaller det offset. Og den må være lett å kalibrere, for hvis ikke, så vil du få en sånn hei se der og så prøver du å se der, men så bommer du. Så den egen posisjonen til sensoren er kjempeviktig at den er kjempe nøyaktig. Eller i alle fall. Det må være kjent hvor nøyaktig den er. Og hvis ikke så blir det jo feil, og det legger vi en funksjonalitet for nå og det beste eksemplet her er at vi testet jo dette på snø. I uke 13. Vi satte ut en sånn tripod med radere på og akustisk sensorer og kameraet ut i snøen i skaren om morgenen. Så iløpet av dagen så smeltet det og systemet ble mer og mer unøyaktig og vi måtte ut og fysisk justerer han. Det flyr ikke, ikek sant. Du må kunne sittede inne i open og justere hvis ting endrer seg eller ting synker eller snøen forsvinne så det det er viktig. Den faktiske plasseringen. Men det er jo gjerne noe som kan løse Teknisk. Det å faktisk sørge for at du ser det veikrysset. Det kan du ikke løse Teknisk. Det må du jobbe med for å finne ut av hvordan du best skal løse, og med hvilken sensor som er best</p>

		egnet da.
62	T	Du snakker om det at man skal ha kontroll alle 3 akser, tenker sånn GPS vil jo kanskje ikke på en måte holde sånn sett for å få i tredje aksene så hva er på en måte løsningen være funnet ut. Da er det på en måte noe annet man kan bruke.
63	I1	Du kan vel bruke denne, billig akselerometer, for du må jo vite nedover på en måte. Og det du må vite er tyngdekraft, altså I2-krefter.
64	I2	Og hvis du ikke har det, så må du jo, så må du, hvis du er heldig. Da har du en enhet som du kan kontrollere og styre og se på ting. Og det er det vi legger til rette for nå da at vi kan si at OK, nå ser vi den masta der borte i horisonten. Så da sier vi, ved hjelp av kartgrunnlag eller noe, så sier vi nå ser du på den tingen, og dette er da retningen du ser, og så ser du, hvor sier du at du ser hen ikke sant? For PTU har jo innebygd hvor de er i forhold til sin nullpunkt da og da kan du si at da vet du offseten og da kan du, da kan du regne deg frem til hva som er, hva som er, på en måte hva feilen er, hvor er offseten da vi kaller for å se riktig sted. Og hvis du gjør det her med nok punkter så klarer å finne nok landmarks i bildet, så vil du kunne si at, få stilt inn og matematisk kalibrert den offseten til å bli ganske riktig da.
65	I1	Men det vi har sett er jo at, eller det som han som ikke er med i dag da, Lars Erik sier, nå at det blir ganske komplekst. Men det er jo et flere sensorer som har gjort. Jeg må kjenne sin posisjon. Ville det vært gunstig å hatt liksom en kamerasensor som alltid var liksom god, som hadde de nødvendige sensorene innebygd, en nødvendig prosesseringskraft på edge og som var dag og termisk kamera? Fordi at vi ser, at du må, Du vil alltid ha et behov for øynene. Du vil alltid måtte se, får du en deteksjonen med en radar, så vil du gjøre en verifikasjon med et kamera. Så behovet for kamerasensor er detr alltid. så da kunne du jo ha lagd og spekket en kamerasensor som har all nødvendige sensorikk som gjør at du får posisjonen nøyaktig og dermed slipper det her offsett kalibrering styret da, og dermed gjort det lettere for brukere å bruke. Det er et forslag da. For da det finnes mange likheter, bare er bærbare sensorer, og det finnes veldig lite mil speccet, bærbare sensorer. For den forsvarsverdenen lever i kikkert verden, så det finnes bærbare kikkerter som er kjempefine, men de er ikke lagd for å overføre digital videoer, altså eksternt da, de er lagd for å kikke inn i. Så dermed så er det, at det er jo et markedsgap der sånn som vi ser det da på å lage en sensor som alltid er god. Men det er noe. Det er ikke noe

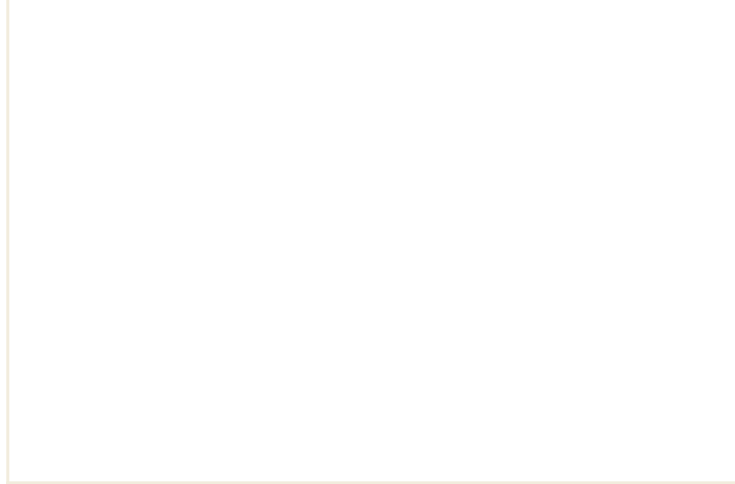
		ja eller Lars Erik, tror vi gjør det, men det er en større jobb, da så det det er. Det er en måte å løse det problemet på.
66	T	Det blir jo veldig sånn. Skal man ta billige sensorer og litt enkle sensorer og styre de ellers kan man lage en sånn perfekt sensor som fungerer alltid. For det handler jo om en om utbredelse, og hvem skal bruke hvor mange man skal ha det og. Kostnadsspørsmålet kontra kost nytte da.
67	I1	Ja. Og de sensorene som vi liker faktisk best å bruke. Det er de som er hylleware og onvif basert, IP godkjent overvåkningskameraer. Er jo det vi opplever er lettest å ha med å gjøre når vi bruker systemet. Og på videosiden da, og da kan du kanskje kjøpe? Kanskje kjøper en sånn for mellom 30 og 60 tusen kroner med sånn 2 videokanaler da. Altså de de har jo brukt for å på en måte få mange sensorer inn i nettverket eller mange da lett kunne kunne øke antallet. Så har vi kjøpt flere sivile sensorer med dag og natt kapasitet. Og de er ip klassifisert, altså de tåler en del vann og temperatursvingninger. Og de er relativt billige. Godt under 100.000. Og da kan du jo ha ganske mange sånne for en sånn milspec sensor. Og når vi bruker dette systemet så opplever i alle fall jeg at de hylleware sensorene. Jevnt over, er bedre å bruke. Lettere å ha med å gjøre. Så det å på en måte gjøre en trade off da på hyllevarer sivilt, kontra militær. Militært off the shelf da, og med de ekstra kostnadene som kommer med. Det er et relevant spørsmål.
68	I2	Det er også det, at vi har jo integrert onvif standarden som en adapter. Og den fungerer jo uansett om vi kjøper AXIS eller flyr, ikke sant? Det er Onvif, det er en standard. Den snakker på samme måte uansett hvilken produsent det er, mens den her mil-spec, versjonen, den har en egen adapter for det ene kameraet på en måte Og hvis du kjøper en ny mill spekk som er en annen type, det er ikke en standard, ikke sant? Det må integreres, og det blir jo da utviklingskode eller utviklingskostnad på å få det inn i systemet i tillegg da. Det vil jo være da og på toppen av den dyre sensoren i seg selv.
69	I1	Ja altså detn sivile videostandarden på onvif siden er jo ganske lett å ha med å gjøre da. Så, og det er vi jo vist at virker både med AXIS og med FLIR. Da plutselig så virker det samme på de 2. Så det er gunstig.
70	T	Sannsynlig løsning vil jo sånn sett være da at man. Må ha noen andre verktøy eller lage de gode rutinene for å kanskje klare å bruke disse sivile løsningene. Liksom første omgang, og så kan man se et hvert, så vil

		markedet vil jo utvikle seg også når 5G kommer, så vil jo flere starte å bruke 5 g til kameraer og lignende, så vil det jo bare bli mer og mer løsninger og billigere løsninger. Bedre løsninger.
71	I1	Det er litt interessant sånn som den ene leverandøren vår, på sensor, har jo stilt spørsmål om de bør ha 5G støtte internt i sensoren. Det vil jo vært, latterlig enkelt. Så det er jo en mulighet. 5 g gir da. En annen usecase vi har snakket om i forbindelse med hylleware video og sensorer, for eksempel i Heimevernet. For å liksom illustrere det at hylleware sensorer er nyttig, så kunne du og til, til en heimevernsøvelse, så finner du ut at oi pokker. Vi trenger 3. overvåkningskameraer til, så derfor kjøper vi innom elkjøp, og så kjøper vi de på veien, og så plugges vi inn når vi kommer fram, fordi at vi har jo allerede integrert en så, da kan vi på en måte plukke med oss 3 fra elkjøp og så virker det uten at du trenger å gjøre noe mer koding. Det å komme dit, det er jo. Eller vi er jo nesten der da. Det kunne gitt en effekt, spesielt i Heimevernet.
72	T	Ogå når vi snakker om nye droner da. Hvor vi starter med drone som såpass bra kamera som man kan plukke med seg, og så får alle plutselig integrert det med 5 g.
73	I1	Hvis du da det ligger da på dette nettet, så kunne du hente det ned på OP'en da. Vi har ikke sett på droner spesielt. Vi skal integrere en tjora drone til høsten. Det er mest for å kunne ha med i test.
74	T	Ja jeg har egentlig fått mye svar. Litt av utfordringene dere ser også, holdt på å si, fordelen med å bruke sivile adaptere og sånne ting da istedenfor mil-spec, er jo også der på en måte.
75	I2	Må ikke glemme at mil spec har jo sine fordeler det og ikke sant. Det er jo det er jo rugget hardware og den den sensoren vi snakker om er liksom litt kjøpt på videosiden. Den har jo 2, 3 ting til som ikke er video relatert som påvirker da ikke sant, som gjør den, som gir den mer finesser med mulighet til mer ting den kan tilby. Så det er jo bare at videoen var litt dårlig på den for den er ikke, den er ikke til for digital video. Den er egentlig til som å si for som digital kikkert, mens de puttet den på en PTU og satte den der ute, men den har jo sin ting og det er jo en spesialisert sensor, så den har jo. Den har flere bruksområder enn bare kamera.

76	I1	Ja også handler det også i stor grad om at vi har x antall 100% som er i forsvaret. Hvis det er sånn at ved å integrere den, så kan du løfte kvaliteten eller bruken eller sikkerheten til folka da, så kan det ha en effekt. Selv om det kanskje det ikke er sånn at vi opplever den som optimal, men så er det kanskje bedre da fordi at han stakers soldaten på dypet. Han kan nå ligge 240 meter lenger bak og være trygg på at signaturen hans ikke blir oppdaget akkurat der det er kjipt å være.
77	I2	Og det er jo egentlig også mulig at han kan ligge og kikke i den med ledninger inn i en 5G og eller i en radio da så kan han kikke i den, og så kan vi se hvor han ser live. Fordi vi har koblet opp. Vi har integrert den inn, så det kan være en mobil sensor den den kikkerten i seg selv da den, så det er jo kult.
78	I1	Ja, han kan ligge på med det her og så kan man streame video bak til de saom er lenger bak sant?
79	I2	Ja og så sender den jo ut GPS og orientering, så det er som en mobil kamera som flytter på seg så du kan hele tiden se hvor den er da og er i kartet. Før man får tak i sånne klokker på hver soldat som viser hvor de er, så man får liveupdate. Men fordelene som sagt med sivile er jo det å bare gå og kjøpe det og putter det på, og så funker det. Det er det som er i de sivile fordelene da, og det er billig. Det er masseprodusert.
80	T	Hvilken sensor vi har i dag. Vi hadde mange sensorer i dag. Eller hva? Har du noen sånne eksempler på hva du tenker på da?
81	I1	Du lurer på hvilke sensorer vi har idag? Vi har akustiske sensorer på squarehead. Som er et. det er jo egentlig et panel med x antall mikrofoner. Og så gjør de sånn det retningsstyrt på en måte. Du kan gjøre retningsstyrt pinpointing. Og så har vi et 2-d radar. Og så har vi på en måte bærbare kikkert løsninger i fra forsvaret. Den heter jean compact. Og så har vi exit plan til kamera og flir statisk optikk kamera.
82	I2	Altså en flir på en tilt. Optisk ikke termisk.

83	T	Kompakt kamera hvordan det fungerer, får du det også over på 5 g. Får delt videostream og integrert det?
84	I1	Hva slags type kamera da sa du?
85	T	Jeg snakker om den kikkerten for eksempel.
86	I1	Ja den er jo en digital kikkert egentlig.
87	I2	Det er en analog kikkert med en digital grensesnitt som er utviklet i ettertid. Ja.
88	I1	Ja, men det er på en måte en sensor, en bærebær sensor som ser ut som en kikkert, levert fra ??? Forsvaret har en del av de. Ja så er det jo per tilt enheter da så. Du kan gjøre, rotere de, som kan sette de på plantilt, så vi kan styre de, retningsstyre de da. Og så er det tjoet drone, det kommer. Med EO sensor på. Eller Dag og nattkamera. Men det vi ser er at uavhengig av altså spesielt disse, sant akustisk sensor, fordeler med akustisk sensor er jo at den er passiv. Bakedelen med er at rekkevidden er ikke så lang. Fordelen med radar er at den har en enorm rekkevidde og er kjempegod. Men at støyer jo på en måte, så den er lett å peile. Men de er gode deteksjoner, men. Hverken den akustiske sensoren eller raderen gjør jo en. Du gjør en deteksjon, men du kan ikke gjøre en identifikasjon. Så for å gjøre identifikasjon, så må du ha et kamera. Så uavhengig av hvordan sensorsystemer du har, så kommer du til å ønske deg et kamera.
89	T	Ja da lurer jeg på om tiden kanskje begynner å gå ut, så da får jeg si tusentakk for intervju og hjelp.
90	I2	Egentlig.
91	I1	Ja det er bare å spørre hvis du lurer på noe mer, eller har lyst på, jeg kan jo fint dele. eller hvertfall dere av den da. Hvis du trenger noen bilder og hvordan vi har gjort det. Så kan jeg bare prøve å skjerme teleplan litt så det ikke står og skriker at det er de som ligger bak det. Men jeg kan dele konseptuelle hvordan vi har tenkt.

92	I2	Lykke til videre.
93	T	Takk ha det bra.
94	I2	Hade
95	I1	Hade



 **NTNU**

Norwegian University of
Science and Technology