



Jianing Shi

**NTNU**  
Norges teknisk-naturvitenskapelige  
universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg - og miljøteknikk

Jianing Shi

# Mulighetsstudiet av trafikkstyring i handelsparken, Bodø

Mai 2019







Kunnskap for en bedre verden

# Mulighetsstudiet av trafikkstyring i handelsparken, Bodø

**Jianing Shi**

Master i veg og jernbane

Innlevert: Mai 2019

Hovedveileder: Arvid Aakre

Medveileder: Hans Richardsen, Jørn Sørvig

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg - og miljøteknikk





Oppgavens tittel:  Mulighetsstudiet av trafikkstyring i handelsparken, Bodø  The feasibility study of traffic management within the commercial area, Bodø	Dato: 01.05.2019	
	Antall sider (inkl. bilag): 138	
	Masteroppgave	X
	Prosjektoppgave	
Navn: Jianing Shi		
Faglærer/veileder: Associate professor Arvid Aakre, Head of Traffic Engineering Research Centre ved NTNU		
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Hans Richardsen og Jørn Sørvig, Statens vegvesen		

Ekstrakt:

Store parkeringsanlegg ved kjøpesentre eller arbeidsplasser er en generell måte for å løse tilgjengelighet for til silke steder for kunder og arbeidstakere, samtidig som den likevel skaper økende trafikk- og miljøproblem, f.eks. trafikkaos, luftforurensing.... Det er visst mangelfullt bare å tilby eller begrense antall parkeringsplasser i noen plass uten å ta hensyn til negative konsekvenser. Derfor har bærekraftig utvikling av parkeringsanlegg allerede blitt et stadig varmere tema i verden.

I denne masteroppgaven foreslås det en mulighet til å forbedre områdets trafikkforhold ved trafikkstyring med miljøhensyn i handelsparken. Det omfatter i hovedsak etablering av trafikkmodell i innvirkningsområdet og analyse av trafikkforhold og miljøpåvirkning. Til slutt gjøres det en bekreftelse om hypotesen tilfredsstilles krav om miljømessig bærekraft.

tikkord: Bærekraftig utvikling, Trafikkstyring, Trafikkmodellering, Trafikkforhold

(sign.)



# Forord

Masteroppgaven inkluderer en arbeidsmengde av 30 studiepoeng, som er ca. 800 arbeidstimer fordelt på et helt år. Denne oppgaven er en del i prosjektet - Smartere Transport Bodø i samarbeid med Bodø kommune, Nordland fylkeskommune, Avinor og Telenor, og den er også den siste delen av erfaringsbasert masterprogram i veg og jernbane (retning: Veg). Oppgaven gjelder en forundersøkelse om mulighet til å forbedre områdets trafikkforhold med miljøhensyn.

Først vil jeg rette en stor takk for Arvid Aakre, førsteamanuensis på institutt for bygg- og miljøteknikk, Head of Traffic Engineering Research Centre på NTNU for tålmodig veiledning, faglige støtte og hjelp. I tillegg vil jeg også gi stor takk for Jørn Sørvig og Hans Richardsen fra Statens vegvesen, Vesa Jäntti og Thomas Schulzki fra Bodø kommune ved datainnsamling og veiledning.





# Sammendrag

Store parkeringsanlegg ved kjøpesentre eller arbeidsplasser er en generell måte for å løse tilgjengelighet for til silke steder for kunder og arbeidstakere, samtidig som den likevel skaper økende trafikk- og miljøproblem, f.eks. trafikkaos, luftforurensing.... Det er visst mangelfullt bare å tilby eller begrense antall parkeringsplasser i noen plass uten å ta hensyn til negative konsekvenser. Derfor har bærekraftig utvikling av parkeringsanlegg allerede blitt et stadig varmere tema i verden.

I denne masteroppgaven foreslås det en mulighet til å forbedre området trafikkforhold ved trafikkstyring med miljøhensyn i handelsparken. Det omfatter i hovedsak etablering av trafikkmodell i innvirkningsområdet og analyse av trafikkforhold og miljøpåvirkning. Til slutt gjøres det en bekreftelse om hypotesen tilfredsstilles krav om miljømessig bærekraft.



# **Abstract**

General speaking, there are large parking lots near shopping malls or workplaces. It is convenient for customers or employees to reach these distensions by car, however those large parking lots also cause increasing traffic and environmental problems, e.g. traffic chaos, air pollution.... Obviously, it is incomprehensive to just offer or limit the number of parking spaces in some place without considering negative consequences. Hence, the sustainable development of parking lots has increasingly become a hot topic in the world.

The master thesis proposes a possibility to improve the traffic conditions through traffic management within the commercial areas and the environmental impact of the management. Mainly, it covers to make establish model in the research area, as well as make analysis about traffic conditions and environmental influences. In the end, it can confirm whether the suggestions are satisfied with the requirements of sustainable development.



# Innhold

Figurer .....	xiii
Tabeller .....	xvii
Forkortelser .....	xix
1 Innledning .....	21
1.1 Bakgrunn .....	21
1.2 Formål .....	21
1.3 Innsamling og bearbeiding av rådata .....	23
1.4 Forusetting og avgrensing .....	23
1.5 Oppbygging .....	23
2 Teori og bakgrunnsstoff .....	25
2.1 Definisjon knyttet til parkering .....	25
2.2 Regelverk om parkering .....	25
2.3 Klassifisering av parkeringsanlegg .....	26
2.4 Faktorer som påvirker parkering .....	29
2.4.1 Reisevaner .....	29
2.4.2 Samspill mellom arealbruk og parkering .....	29
2.4.3 Antall registrerte kjøretøy .....	31
2.4.4 Sikkerhet av parkeringsanlegg .....	31
3 Analyse av trafikken ved parkeringsanlegg .....	33
3.1 Egenskap av parkering .....	33
3.2 Egenskap av parkeringsplass .....	33
3.3 Egenskap av parkeringsanlegg .....	34
3.4 Egenskap av føreren .....	35
3.4.1 Førerens atferd .....	35

3.4.2	Sjåførens psykologi.....	36
3.5	Egenskap av parkeringsinn-/utgang.....	37
3.5.1	Klassifisering av trafikk .....	37
3.5.2	Kødannelse ved parkeringsinn-/utgang.....	37
3.6	Car flow modell.....	39
3.7	Divergerende trafikkstrømmer .....	40
3.8	Egenskap av gange og sykkel.....	42
4	Trafikkstyring .....	43
4.1	Omfang .....	43
4.1.1	Faktorer som påvirker trafikkstyring .....	43
4.1.2	Omfangsbestemmelse .....	44
4.2	Optimalisering av parkeringsinn-/utgang .....	44
4.2.1	Optimaliseringsprinsipp .....	44
4.2.2	Utforming.....	44
4.2.3	Beregning av trafikk ut av parkeringsanlegg .....	47
4.2.4	Beregning av trafikkapasitet for parkeringsinngang.....	48
4.2.5	Utforming av parkeringsinn-/utgang.....	48
4.3	Avstand mellom parkeringsinn-/utganger .....	53
4.4	Trafikkstyring i parkeringsanlegg .....	56
4.4.1	Trafikkstrømmer i parkeringsanlegg.....	56
4.4.2	Parkeringsplasser.....	57
4.5	Trafikkstyring på tilkoblet byens vegnett.....	59
4.6	System av parkeringsveiledning.....	63
5	Simulering og evaluering av scenario .....	65
5.1	Trafikksimulering .....	65
5.2	Evalueringsindekssystem.....	65

5.3	Evaluering.....	66
5.3.1	Normalisering av ulike typer indikator .....	67
6	Utslippsvurdering .....	69
6.1	Drivstofforbruk.....	69
6.2	Karbondioksid (CO <sub>2</sub> ).....	69
6.3	Nitrogenoksid (NO <sub>x</sub> ).....	69
6.4	Flyktige organiske forbindelser (VOC).....	69
6.5	Svevestøv (PM) .....	70
7	Case-studie.....	71
7.1	Forskningsområde .....	71
7.1.1	Arealbruk.....	71
7.1.2	Vegnett .....	73
7.1.3	Parkeringsfasiliteter og sin tilstand .....	74
7.1.4	Parkeringspris.....	76
7.2	Forskningsobjekter .....	77
7.2.1	Handelsreise .....	77
7.2.2	Utvalgte forskningsobjekter.....	78
7.2.3	Innvirkningsområde .....	79
7.2.4	Egenskap av forskningsobjektene .....	79
7.2.5	Vegforhold til lokalt vegnett .....	83
7.2.6	Hvoedtrekk av rushtidens trafikkstrømmer.....	84
7.2.7	Hvoedtrekk av rushtidens trafikkstrømmer inn/ut av parkeringsanlegg .....	84
7.3	Dagens konflikt i parkeringsanlegg .....	87
7.4	Optimalisering av dagens trafikk.....	87
7.4.1	Forslag til parkeringsinn-/utgangslengde.....	87
7.4.2	Forslag til avstand mellom parkeringsinn-/utganger .....	88

7.4.3	Forbedringsforslag til trafikkstyring .....	88
7.4.4	Forslag til sikkerhetstiltak for gang og sykkel .....	91
7.5	Simulering og evaluering av forbedringsforslag .....	92
7.5.1	Simulering .....	92
7.5.2	Evaluering .....	92
7.6	Miljøgevinst.....	103
8	Oppsummering og forventning.....	111
8.1	Oppsummering .....	111
8.2	Feikilder.....	111
8.3	Forventning.....	113
	Referanser.....	115
	Vedlegg .....	119



# Figurer

Figur 1: Forskningsområdet .....	22
Figur 2: Flytdiagrammet.....	24
Figur 3: Typisk parkeringsanlegg iht. konstruksjonstype .....	28
Figur 4: Befolkningsendring i Bodø (Kilde: SBB) .....	30
Figur 5: Samspill mellom arealbruk og parkering .....	30
Figur 6: Antall registrerte personbiler i Bodø per 31. desember (Kilde: SSB).....	31
Figur 7 Antall registrerte parkeringsplass i Bodø (Kilde: SSB).....	31
Figur 8: Hovedelementene av parkering .....	33
Figur 9: Kødannelse på parkeringsutgang.....	37
Figur 10: 3.6 Car flow modell.....	39
Figur 11: Divergerende trafikkstrømmer .....	41
Figur 12: Tverrsnitt av typiske gateutforminger .....	45
Figur 13: Typiske utforminger av parkeringsinn-/utgang .....	46
Figur 14: Siktlinje ved parkeringsutgang .....	49
Figur 15: Siktlinje ved parkeringsinngang .....	51
Figur 16: Siktlinje ved parkeringsinn-/utgang .....	53
Figur 17: Avstand mellom parkeringsinn-/utganger .....	54
Figur 18: Avstand mellom to parkeringsutganger.....	56
Figur 19: Typiske kjøretøystømmer.....	57
Figur 20: Typisk plassering av parkeringsplasser .....	58
Figur 21: Typisk inn-/utkjøring av en parkeringsplass .....	58
Figur 22: Konflikttype.....	59
Figur 23: Svingefelt ved parkeringsinn-/utgang.....	61
Figur 24: Trafikkdeling mellom inn-/utkjøring.....	63

Figur 25: «Sentrum Plass-/Stormyra» og «Sentrum bykjernen» i Bodø.....	71
Figur 26: Arealbruk i forskningsområdet (Kilde: Bodø kommune) .....	72
Figur 27: Vegnett i forsinkningsområdet .....	74
Figur 28: Beliggenhet av parkeringsanlegg som er tilgjengelige for personbiler uten spesiell tillatelse .....	75
Figur 29: Kundegrunnlag til kjøpesenter i Nordland (Kilde: Asplan Viak) .....	77
Figur 30: Akseptabel gangavstand til handel i handelsparken (Kilde: Asplan Viak) .....	78
Figur 31: Transportmiddel for handleise til kjøpesenter for by over 50 000 befolkninger (Kilde: RUV 2005).....	78
Figur 32: innvirkningsområdet ved nettverksanalyse .....	79
Figur 33: Fordeling av parkeringsvarighet av forskningsobjektene (Kilde: Q-park og Onepark) .....	80
Figur 34: Gjennomsnittlig antall biler i forskningsobjektene tidvis i første halvdel av 2018..	82
Figur 35: Trafikkmengden (ÅDT) i forskningsområdet .....	83
Figur 36: Trafikkmengden i rushtiden .....	84
Figur 37: Forbedringsforslag til trafikkstyring.....	90
Figur 38: Et eksempel av vegoppmerking for gange og sykkel (Qianlong, 2017) .....	91
Figur 39: Innvirkningsområdets forsinkelsestid før trafikkstyring i rushtiden kl. 15:30 .....	94
Figur 40: Innvirkningsområdets forsinkelsestid før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	94
Figur 41: Innvirkningsområdets forsinkelsestid iht. samlet forslag i rushtiden kl. 15:30.....	95
Figur 42: Innvirkningsområdets forsinkelsestid iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30– 16:30 .....	95
Figur 43: Innvirkningsområdets kjørehastighet før trafikkstyring i rushtiden kl. 15:30.....	96
Figur 44: Innvirkningsområdets kjørehastighet før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	96
Figur 45: Innvirkningsområdets kjørehastighet iht. samlet forslag i rushtiden kl. 15:30 .....	97

Figur 46: Innvirkningsområdets kjørehastighet iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	97
Figur 47: Innvirkningsområdets trafikkmengde før trafikkstyring i rushtiden kl. 15:30 .....	98
Figur 48: Innvirkningsområdets trafikkmengde før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	98
Figur 49: Innvirkningsområdets trafikkmengde iht. samlet forslag i rushtiden kl. 15:30.....	99
Figur 50: Innvirkningsområdets trafikkmengde iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30.....	99
Figur 51: Innvirkningsområdets trafikk tetthet før trafikkstyring i rushtiden kl. 15:30.....	100
Figur 52: Innvirkningsområdets trafikk tetthet før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	100
Figur 53: Innvirkningsområdets trafikk tetthet iht. samlet forslag i rushtiden kl. 15:30 .....	101
Figur 54: Innvirkningsområdets trafikk tetthet iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	101
Figur 55: Innvirkningsområdets totale reisetid før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	102
Figur 56: Innvirkningsområdets totale reisetid iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	102
Figur 57: Innvirkningsområdets drivstofforbruk før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	103
Figur 58: Innvirkningsområdets drivstofforbruk iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30.....	104
Figur 59: Innvirkningsområdets CO <sub>2</sub> før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	105
Figur 60: Innvirkningsområdets CO <sub>2</sub> iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30.....	105
Figur 61: Innvirkningsområdets NO <sub>x</sub> før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	106
Figur 62: Innvirkningsområdets NO <sub>x</sub> iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30.....	106
Figur 63: Innvirkningsområdets VOC før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30.....	107
Figur 64: Innvirkningsområdets VOC iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	107

Figur 65: Innvirkningsområdets PM før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	108
Figur 66: Innvirkningsområdets PM iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30 .....	108
Figur 67: Oversiktskart.....	120
Figur 68: 3D-modell over Bodø-sentrum.....	121
Figur 69: 3D-modell over forsinkningsområdet.....	122
Figur 70: Manuell trafikkteilingpunk .....	127

# Tabeller

Tabell 1: Regelverk om parkering.....	26
Tabell 2: Egenskap av parkingsanlegg iht. konstruksjonstype .....	29
Tabell 3: Anvendelsesomfang av parkingsanlegg iht. konstruksjonstype .....	29
Tabell 4: Fordelingen av trafikk på lokalt vegnett iht. forskjellige tidsluke .....	47
Tabell 5: Fordel og ulempe av typisk plassering av parkeringsplasser .....	59
Tabell 6: Resultat av konflikthanalysen på Figur 13: Typiske utforminger av parkeringsinn- /utgang.....	60
Tabell 7: Fordel og ulempe av trafikkdeling mellom kjøretøy og sykkel .....	60
Tabell 8: Fordel og ulempe av svingefelt.....	62
Tabell 9: Evalueringsindekssystem .....	66
Tabell 10: Parkeringsanlegg sorteres iht. arealbruk .....	72
Tabell 11: Hovedfunksjon og krav om vegnett i forsinkningsområdet (Vegdirektoratet, 2014a, 2014b).....	74
Tabell 12: Tilstand til parkeringsfasiliteter for personbil.....	75
Tabell 13: Parkeringspris i handelparken (Kilde: Bodø kommune, Q-park, Onepark).....	77
Tabell 14: Antall parkeringsplasser for forskningsobjektene (Kilde: Q-park og Onepark).....	79
Tabell 15: Parkeringsvarighet av forskningsobjektene (Kilde: Q-park og Onepark) .....	80
Tabell 16: Egenskap av forskningsobjektene.....	82
Tabell 17: Vegforhold til tilkøbet byens vegnett (Kilde: NVDB og Bodø kommune, og bredden måles iht. flybilde fra Norge i bilder).....	84
Tabell 18: Antall gjennomsnittlige innkjøringer i rushtiden mellom kl. 14:30-16:30 med 5- minutters intervall (Kilde: Q-park og Onepark).....	85
Tabell 19: Antall gjennomsnittlige utkjøringer i rushtiden mellom kl. 14:30-16:30 med 5- minutters intervall (Kilde: Q-park og Onepark).....	86
Tabell 20: Varians, forventning og <b>S2m</b> av de valgte parkeringsanleggene.....	86

Tabell 21: Vurdering av parkeringsinn-/utgangslengde (enhet: m) .....	88
Tabell 22: Resultat til simulering av trafikkstyring i handelsparken .....	92
Tabell 23: Evalueringsindikator av de valgte parkeringsanleggene.....	93
Tabell 24: Samlet evaluering av de valgte parkeringsanleggene .....	93
Tabell 25: Andel personbil etter drivstoff i Bodø 2017 (Kilde: SSB) .....	103
Tabell 26: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 15.-19.10.2018 på Gamle Riksvei.....	123
Tabell 27: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 22.-26.10.2018 på Plassmyrveien .....	123
Tabell 28: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 29.10.-02.11.2018 på Stormyrveien.....	124
Tabell 29: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 29.10.-02.11.2018 på Gidsken Jokobsens vei...	124
Tabell 30: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 15.-19.10.2018 på Gamle Riksvei.....	125
Tabell 31: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 22.-26.10.2018 på Plassmyrveien .....	125
Tabell 32: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 29.10.-02.11.2018 på Stormyrveien.....	126
Tabell 33: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 29.10.-02.11.2018 på Gidsken Jokobsens vei...	126

# Forkortelser

FKB	Felles KartdataBase
GIS	Geografisk informasjonssystem
G/S	Gang og sykkel
NVDB	Nasjonal vegdatabank
PGS	System av parkeringsveiledning
Rv.	Riksvei
SSB	Statistisk sentralbyrå
TØI	Transportøkonomisk institutt
ÅDT	Årsdøgntrafikk





# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Det blir mer og mer politisk ambisjon om at veksten i persontransport med bilbruk skal erstattes med gange, sykkel eller kollektivtransport i byer. Men i Norge er bil et av de viktigste transportmidlene (Jan Usterud Hanssen & Christiansen, 2013). Et godt og rimelig parkeringsanlegg kan også bidra til et byvennlig miljø.

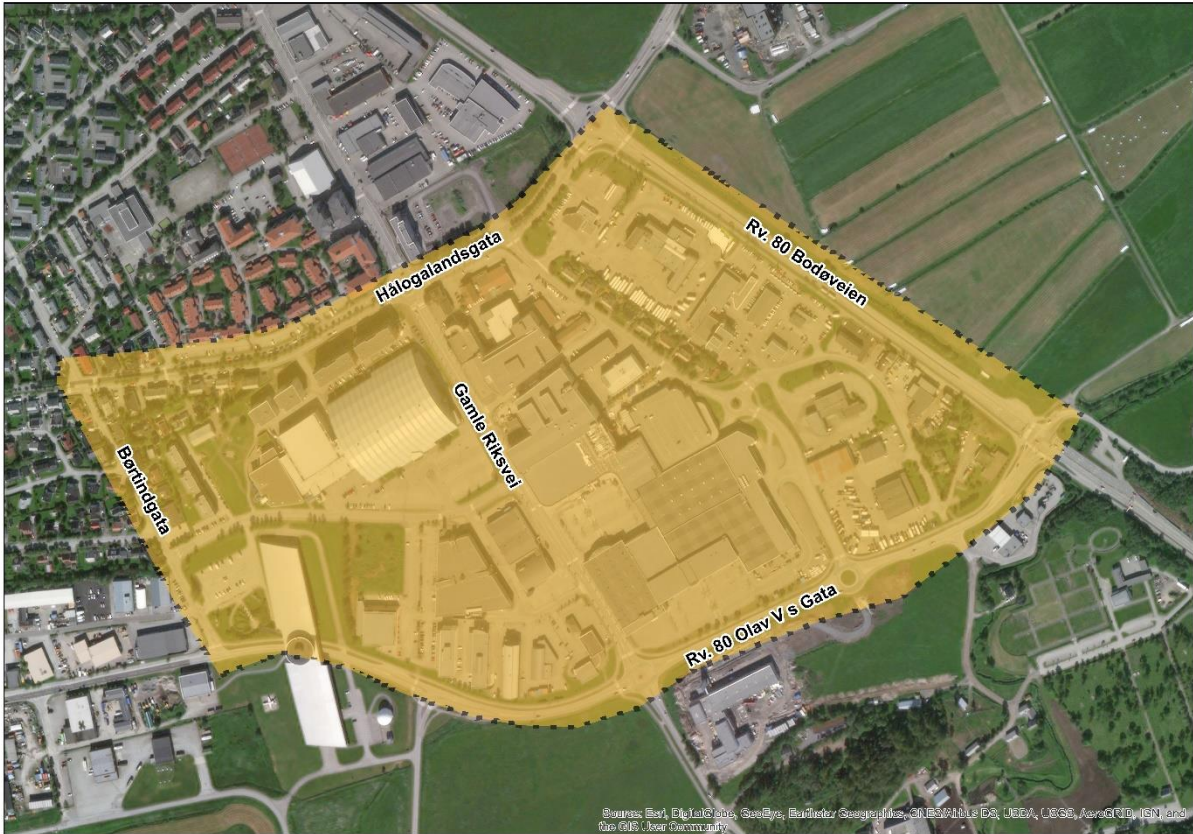
Bodøby er i vekst. Særlig sentrumet er det i stor utvikling med nye boliger, næringsliv, serviceinstitusjoner, parker, rådhus og kollektivtransport. Økningen av parkeringsplasser i byområdene kan i noen grad redusere parkeringsbehov, samtidig som den skaper trafikkproblemer, ofte med lang kø til parkeringsanlegg som forplanter seg til større deler av trafikksystemet. I byen vil slike problemer også redusere fremkommelighet for gående og syklende og øke luftforurensingen. På den andre siden kan høy parkeringsavgift eller mindre parkeringsplasser hindre bilbruk, men det kan også gi en negativ innvirkning for lokalt byvennlig miljø. Det er i dag ikke så mye kunnskap om hvordan tilgang til parkeringsanlegg og hvordan parkering påvirker trafikkforhold. Dagens trafikkmodeller er også i noen grad mangelfulle når det gjelder parkering.

Smartere Transport Bodø er et tverrfaglig samarbeid med Bodø kommune, Nordland fylkeskommune, Avinor og Telenor. Visjonen er om å skape smart og attraktiv mobilitet og et bærekraftig bymiljø (Nordland fylkeskommune). Prosjektet er på lang sikt om å redusere klimagassutslipp ved å forandre reisevaner og å oppmuntre folk til å bruke gange, sykkel eller kollektivtransport istedenfor. Men i dag blir det stadig flere aktuelle etterspørsler kontra bakover infrastruktur i en voksende by, Bodø. Dagens tilbud er vanskelig å tilfredsstille folkes behov, og derfor må arbeidsgruppen innimellom også ta fokus på tradisjonelle tiltak til å forbedre en god del av de gamle infrastrukturene og gi mulig til utvikling av kollektivtransport i framtiden, blant annet utforming av gate og parkeringsanlegg, trafiksikkerhetstiltak og skiltplan i byen.

## 1.2 Formål

Handelsparken i Bodø er en plass med stort trafikkproblem. Særlig i rushtiden vil de fleste kjøretøyene som kommer ut av parkeringsanleggene i handelsparken samles seg på Gamle

Riksvei som en hoved kommunevei tvers gjennom hele området (Figur 1). Samtidig, siden et viktig knutepunkt for bybuss også ligger der rett fram kjøpesenteret, blir det enda verre for rushtrafikken.



**Figur 1: Forskningsområdet**

Forskningsspørsmålet:

- Er det mulig å forbedre området trafikkforhold i handelparken uten disponering av ekstra areal? Og hvordan å bekrefte denne hypotesen?
- Tilfredsstill forbedringsforslag krav om miljøhensyn?
- Er det mulig for framtidens utvikling av kollektivtransport?

Underspørsmålet

- Hvordan påvirker handelparken bilbruk?
- Hvor gjelder innvirkningsområdet?

- Hva slags metoder kan brukes til trafikkstyring for parkeringsanlegg?
- Hvordan gjøres det en evaluering for ulike scenario?

### **1.3 Innsamling og bearbeiding av rådata**

I begynnelsen tok det ganske lang tid til å samle inn parkeringsdata fra forskjellige virksomheter. I mellomtid ble det lest av flere lover, litteraturer og håndbøker om parkeringsoppbygging, drift og vedlikehold, parkeringens virkemidler og effekter..., og innføringen om Aimsun Next er studert selv. Det ble også innimellom utført noen manuelle trafikktegninger av antall passerende biler i rushtiden mellom kl. 14:30-16:30 for å beregne trafikkmengde i rushtiden.

Etter parkeringsdataene var samlet ble disse rådataene strukturert og bearbeidet for å tildele i timevis. Vegnettbasen ble hentet fra NDVB, FKB og OpenStreetMap, men noen av opplysningene kunne ikke bli benyttet direkte til nettverksanalyse. Det måtte derfor tas manuell registrering, feilretting og oppdatering i ArcMap.

### **1.4 Forusetning og avgrensing**

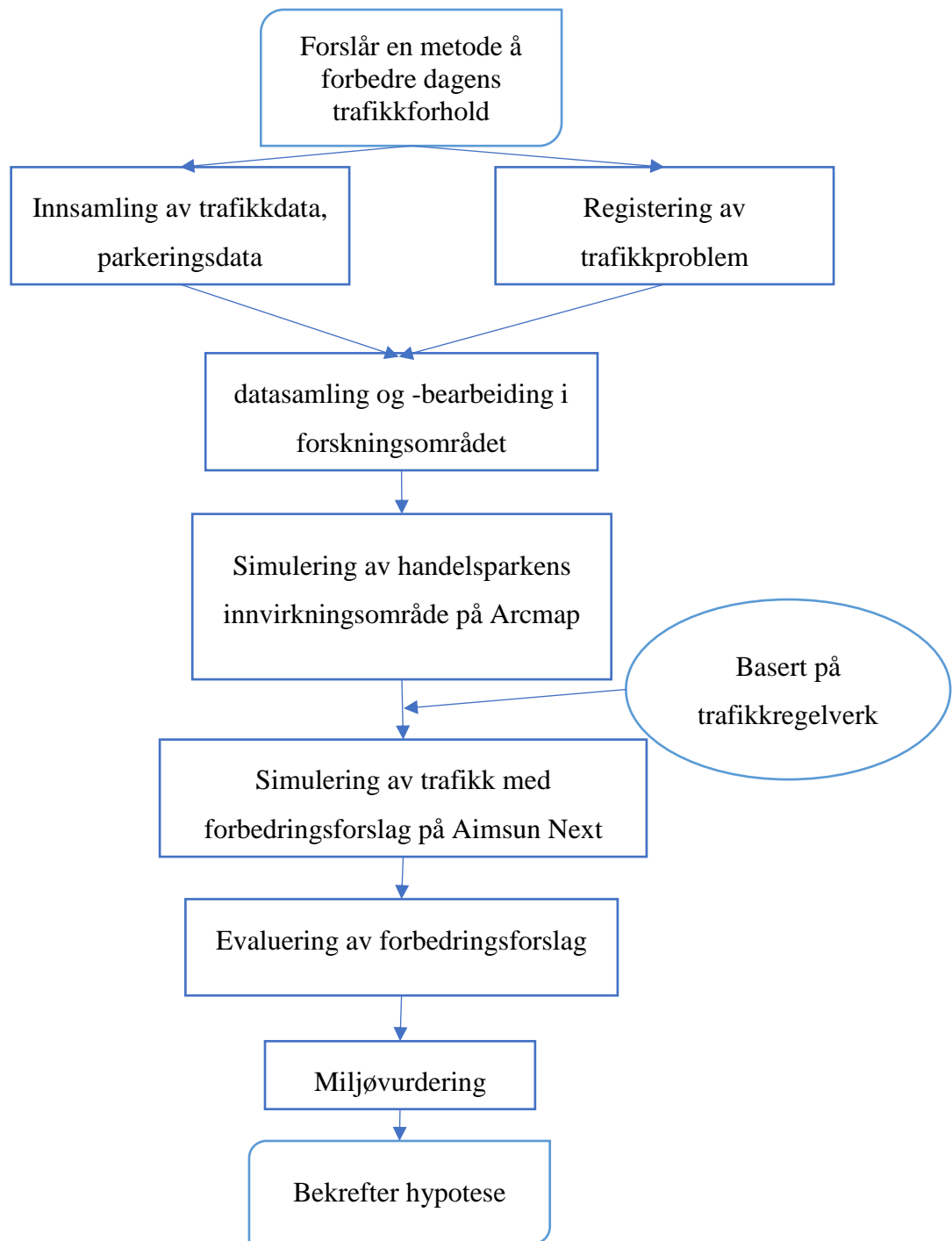
Oppgaven tar for seg handelsparken i Bodø. På grunn av begrensning av tid og arbeidskraft blir tre typiske parkeringsanlegg i området valgt ut. Og derfor omfatter oppgave kun en mulighetsstudie. For videre arbeid må det gjøres mye grunnleggende jobb, f.eks. reisevaneundersøkelse i Bodø eller regionen, trafikktegning særlig i rushtiden, registrering/feilretting/oppdatering av vegopplysning i vegnettbasen, osv....

Det forutsettes at forsinkningsområdet skal være avgrenset inne i Rv. 80 Olav V s Gate, Børtindgata, Hålogalandsgata og Rv. 80 Bodøveien, ca. 0.4 km<sup>2</sup>, som viser på Figur 1 ovenfor. Parkeringsanleggene i oppgaven gjelder kun de som er tilgjengelige til personbiler uten spesiell tillatelse. Antatt at det regnes med kun personbilstrømmer inn/ut av parkeringsanleggene i rushtiden, men godstransport og andre tunge kjøretøy ikke skal involveres i modellering.

### **1.5 Oppbygging**

Denne artikkelen består av 8 kapitler. I bygnelsen gis det en innledning av teori, begrep, regelverk og bakgrunnsstoff som har sammenheng med parkeringg (jf. Kapittel 2). Og det

handler om metodikk til hvordan å analysere dagens trafikk (jf. Kapptiel 3). Deretter blir det prinsipp til hvordan å optimalisere trafikkstyring ved parkeringsanlegg (jf. Kapptiel 4), hvordan å gjennomføre simulering og evaluering av ulike scenario for parkeringsanlegg (jf. Kapptiel 5) og utslippsvurdering (jf. Kapptiel 6). I den siste delen av atrikkelen tas det en fokus på case-studie om handelsparken i Bodø (jf. Kapptiel 7) og til slutt med oppsummering og forventning (jf. Kapptiel 8).



Figur 2: Flytdiagrammet

## 2 Teori og bakgrunnsstoff

### 2.1 Definisjon knyttet til parkering

**Parkering:** «Enhver hensetting av kjøretøy, selv om føreren ikke forlater det. Unntatt er kortest mulig stans for av- eller påstigning eller av- eller pålessing.», ifølge forskrift om kjørende og gående trafikk (trafikkregler) § 1, bokstav k (Trafikkregler, 1986).

**Parkeringsplass:** En regulert plass for kun et kjøretøy som kan parkere inne.

**Parkeringsanlegg:** Et disponert areal for flere kjøretøy som kan parkere inne sammen. Vanligvis har kjøpesentre, idrettsstadioner, flyplass, sykehus og lignende steder ofte slike store parkeringsanlegg.

**Forsinkningsområdet:** Området for hvor forbedringsforslag skal vurderes i denne oppgaven.

**Innvirkningsområdet:** Området for hvor forbedringsforslagene kan påvirke.

**Bærekraftig utvikling:** Samfunnsutviklingen kan ikke bare tilfredsstillere dagens forbruksbehov uten å tenke på mulighetene for våre kommende generasjoner (United Nations, 1987).

### 2.2 Regelverk om parkering

Parkeringsystem er tett knyttet til samspill mellom trafikk og arealbruk. Derfor må det først og fremst tas en gjennomgang av det norske regelverket om parkering i et overordnet nivå.

Regelverk	Beskrivelse
<b>Lov om vegtrafikk (vegtrafikkloven)</b>	I loven vises det til vilkårsparkering til allmennheten og hvordan systemet fungerer (Vegtrafikkloven, 1965).
<b>Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)</b>	Det gis om krav til parkering i kommuneplan og reguleringsplan (Plan- og bygningsloven, 2018).

<b>Forskrift om vilkårsparkering for allmennheten og håndheving av private parkeringsreguleringer (parkeringsforskriften)</b>	Det bestemmes om detaljene til vilkårsparkering til allmennheten og hvordan systemet fungerer (Parkeringsforskriften, 2017).
<b>Forskrift om kjørende og gående trafikk (trafikkregler)</b>	Oppførselen til parkering blir definert i forskriften (Trafikkregler, 1986).
<b>Forskrift om offentlige trafikkskilt, vegoppmerking, trafikksignaler og anvisninger (skiltforskriften)</b>	I forskriften beskriver det hva slags skilt gjelder parkering (Skiltforskriften, 2005).
<b>Regional planbestemmelse om etablering av kjøpesenter, jf. plan- og bygningsloven § 8-5, Nordland</b>	Det kommer detaljer om planlegging av parkeringsanlegg i kjøpesenter (Regional planbestemmelse Nordland, 2013).

Tabell 1: Regelverk om parkering

## 2.3 Klassifisering av parkeringsanlegg

Ifølge konstruksjonstype kan parkeringsanlegg skilles til flateparkering, parkeringskjeller og parkeringshus som viser på Figur 3.

- Flateparkering

Flateparkering refererer til parkeringsanlegg på bakken, som er fleksibel for utforming, lett å parkere inne, billig å bygge og tilgjengelig for alle typer kjøretøy. Den er den vanligste formen av parkeringsanlegg men arealkrevende. Flateparkering er samtidig utsatt for vær, og det blir særlig mye utfordring for vinterdrift. Støy og utslipp kan også være et stort problem til bymiljø.

- Parkeringskjeller

Parkeringskjeller er ment som parkeringsanlegg på en eller flere etasjer under bakken. Den krever nesten null areal, og støy og utsliping er begrenset i det lukket rommet. Den passer til byen med høy etterspørsel etter areal, som tette boligområder, sykehus og forretnings- og kontorlokaler i sentrumet. Men på grunn av at kjøretøy parkeres inne, blir avstanden mellom parkeringsplassen og destinasjonen økt. Det må ta hensyn

til tilgjengelighet for forskjellige kjøretøy og global utforming. I tillegg finnes det høyt krav om f.eks. belysning, ventilasjon, drenering, osv.... Kostnaden for oppbygging, drift og vedlikehold er imidlertid veldig høy.

- Parkeringshus

Parkeringshus kan bli definert som innvendig/ halvåpen parkeringsanlegg over bakken, som krever mindre areal enn parkeringsflate. Det er også en god alternativ for byplanlegging. Resten av fordeler og ulemper ligner som parkeringskjeller.



A) Flateparkering (Beijing Yikating Technology Co. Ltd., 2017)



B) Parkeringskjeller (China Window, 2016)



C) Parkeringshus (Chinanews, 2019)

**Figur 3: Typisk parkeringsanlegg iht. konstruksjonstype**

Ifølge klassering ovenfor oppsummeres ulike typer parkeringsanlegg ved egenskap og anvendelsesomfang, som viser i Tabell 2.2 og 2.3.

KONSTRUK- SJONSTYPE	Kvantitativ			Ikke-Kvantitativ		
	Kostnad	Areal	Driftsforbruk	Brukerens opplevelse	Estetikk	Miljø- påvirkning
Flateparkering	Lav	Stor	Belysning, vinterdrift	-	Dårlig	Støy og utsliping spres direkte ut
Parkeringskjeller	Veldig høy	Nesten 0	Belysning, ventilasjon	Dårlig	-	Støy og utsliping i det lukket rommet



<b>Parkeringshus</b>	Høy	Mindre	Belysning, ventilasjon	Ikke så verst	Ikke så verst	Støy og utsliping i det lukket/halvåpne rommet
----------------------	-----	--------	------------------------	---------------	---------------	--

Tabell 2: Egenskap av parkingsanlegg iht. konstruksjonstype

<b>KONSTRUKSJONSTYPE</b>	<b>Anvendelsesomfang</b>
<b>Flateparkering</b>	Lav investering, lave arealkrevende områder.
<b>Parkeringskjeller</b>	Tette boligområder, sykehus og forretnings- og kontorlokaler i sentrumet.
<b>Parkeringshus</b>	Mellom flateparkering og parkeringskjeller.

Tabell 3: Anvendelsesomfang av parkingsanlegg iht. konstruksjonstype

## 2.4 Faktorer som påvirker parkering

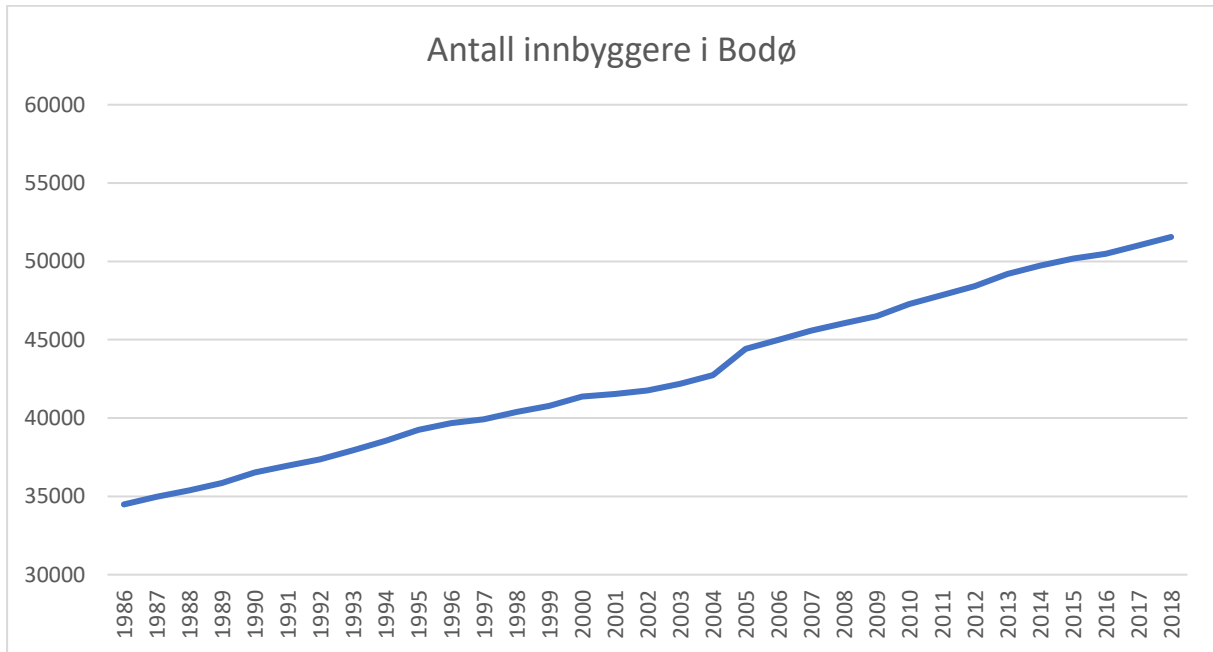
### 2.4.1 Reisevaner

Egenskaper til daglige reiser for innbyggere består i hovedsak av fire indikatorer: antall reise, reiseavstand, tidsbruk og reisemiddel (Hjorthol, Engebretsen, & Uteng, 2014). F.eks. ved økning av antall bomstasjoner eller passeringsavgift kan reduseres bilbruk til innbyggerne, mens altfor dårlig kollektivtransporttilbud eller tilgjengelighet til gange og sykkel kan likevel øke behov for bilbruk tilbake.

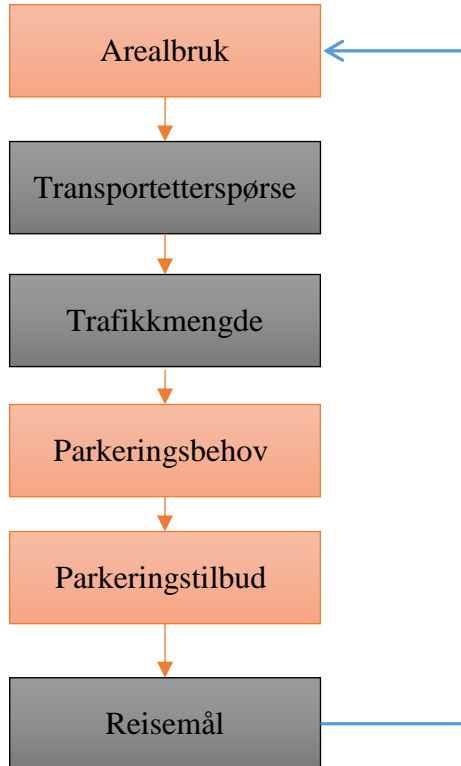
### 2.4.2 Samspill mellom arealbruk og parkering

I prosedyren av urbanisering vil det øke antall innbyggere (forandring i befolkningen i Bodø viser på Figur 4 nedover). Dette kan medfører intensitet i arealbruk, samtidig som den skaper mer parkeringsbehov i byen. Dermed blir samspill mellom trafikk og arealbruk en dynamisk og kontinuerlig prosess på parkeringsbehov. Det vil sier at endring i arealbruk kan føre til endring i transportetterspørselen. På samme måte medfører den endring i parkeringsbehov, og videre til å påvirke reisemål. Til slutt påvirker endringen igjen tilbake til arealbruk. Prosessen viser på Figur 5 nedover (Luo, Zhao, Chen, & Liu, 2008). Ifølge statistikken 2015 om Beijing samt små og mellomstore byer i nærheten er parkeringsbehovet i byen logaritmisk

proporsjonal med innbyggere, menes logaritmisk omvendt proporsjonal med kollektivtransporttilbud. Parkeringsbehovet i byen med over million innbyggere er ca. 17 ganger høyere enn en med befolkningen på 50.000-80.000 (TDP-China, 2015).



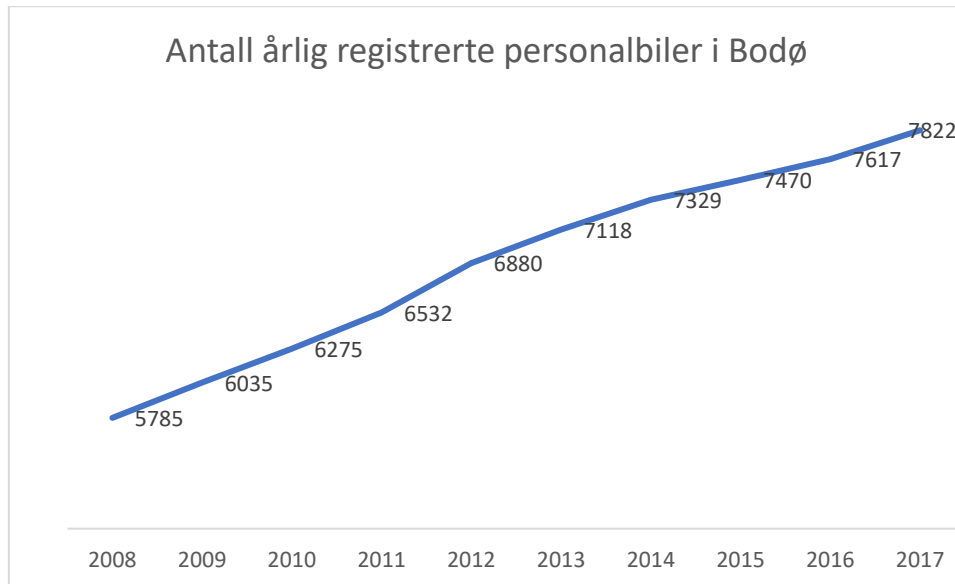
Figur 4: Befolkningsendring i Bodø (Kilde: SBB)



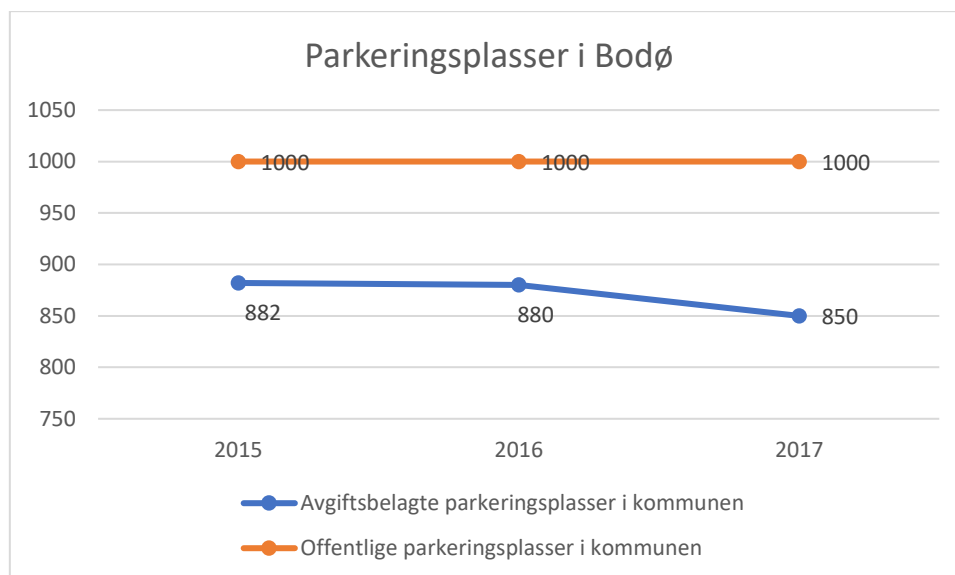
Figur 5: Samspill mellom arealbruk og parkering

### 2.4.3 Antall registrerte kjøretøy

Ifølge dataene fra Statistisk sentralbyrå vokser det ca. 200 registrerte personbiler i Bodø hvert år (Figur 6), likevel blir antall parkeringsplasser redusert (Figur 7). De statistiske dataene presenteres noe trafikkfenomen i Bodø, som at kjøretøyene vokser raskt, mens de tilhørende parkeringsplasser kan ikke holde tritt med.



Figur 6: Antall registrerte personbiler i Bodø per 31. desember (Kilde: SSB)



Figur 7 Antall registrerte parkeringsplass i Bodø (Kilde: SSB)

### 2.4.4 Sikkerhet av parkeringsanlegg

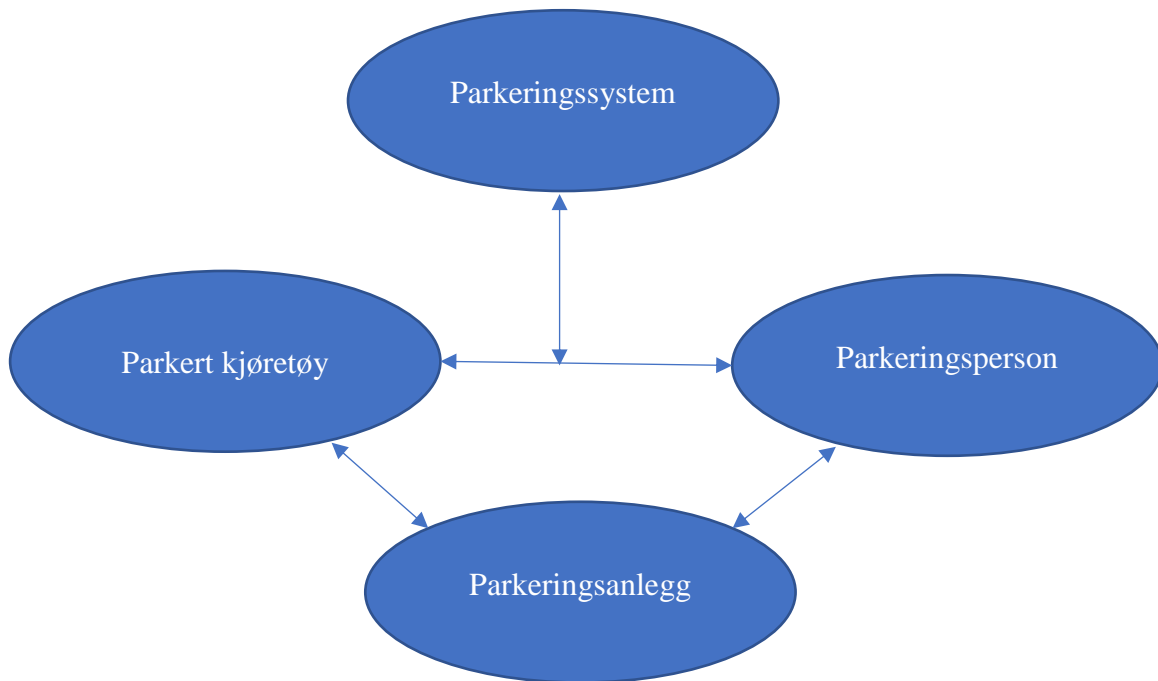
Mange forsikringsselskaper i Norge viser at det blir en kraftig vekst av trafikkskader i forbindelse med parkering. Det blir ofte i et parkeringsanlegg med dårlig utforming, drift og

vedlikehold og tiltak på trafikksikkerhet (Vegdirektoratet, Gensidige NOR Forsikring, Arkitektkontoret Aakerøy, & Statkraft Grøner As, 2002). Ifølge en studie fra Shaffer og Anderson, viser det at et ryddig, lyst og romslig parkeringsanlegg bidrar til å forbedre trafikksikkerhet, samtidig som den kan lukke folk til å bruke (Shaffer & Anderson, 1985).

### 3 Analyse av trafikken ved parkeringsanlegg

#### 3.1 Egenskap av parkering

Parkering er en kjerneprosess, som beskriver driftsforholdene til hele parkeringssystemet. Den inkluderer i hovedsak parkeringsadferd og bruk av parkeringsplass. Hovedelementene i parkeringen er vist på Figur 8 nedover (Liu, Chen, & Sun, 2018).



Figur 8: Hovedelementene av parkering

#### 3.2 Egenskap av parkeringsplass

En parkeringsplass kan defineres som den mest elementære enheten i parkeringsanlegg. Den kan hovedsakelig begrenses av sine romlige-temporale egenskaper fra følgende aspekter (Axhausen & Polak, 1991):

1) Temporal ikke-lagerbarhet

Enkelt sagt kan det beskrive at forskjellen i parkeringsbehov varierer med tid. Utenfor rushtiden finnes det mye overskudd av parkeringsplasser, mens parkeringsbehovet øker kraftig omvendt i rushtiden. Parkeringsbehovet kan ikke jevnt fordeles over hele dagen, men det kan i noen grader justeres ved hjelp av parkeringsstyring, f.eks. økning av parkeringsavgift eller bompenger, redusering av gratis parkeringsvarighet i

rushtiden. Det vil si at det faktisk er vanskelig å oppnå helt fornøy balanse mellom tilbud og etterspørsel for parkeringsplasser.

## 2) Romlig ikke-transportbarhet

Selv i samme by varierer innbyggernes parkeringsbehov med områder på grunn av arealbruk, antall registret biler, livsstil og reisevaner. For eksempel er det vanligvis mindre behov for parkeringsplasser utenfor sentrumet enn i sentrumet.

Parkeringsbehovet kan ikke jevnt fordeles over hele byen heller.

## 3) Begrensing av samfunnets ressurser

Det kan forstås at totalt tilbud av parkeringsplasser er begrenset av sosial eller miljømessig toleranse, f.eks. krav om støy eller utslipp.

### 3.3 Egenskap av parkeringsanlegg

Parkeringsanlegg er vanligvis betjent for sosiale tjenester, bedriftsøkonomi, osv..... Det kan bestemmes av noen viktige egenskaper som følgende (Litman, 2018):

- 1) Parkeringskapasitet: Maks antall parkeringsplasser i et parkeringsanlegg
- 2) Parkeringsvarighet: Tid for et kjøretøy som parkerer på en parkeringsplass.
- 3) Kumulativt antall parkert kjøretøy: Summen av kjøretøy som har parkert i et parkeringsanlegg i løpet av en kumulativ periode.
- 4) Metningsgrad: Faktisk antall parkert kjøretøy i prosent av parkeringskapasitet. Generelt kan rushtidens metningsgrad brukes til å beskrive trengsel på parkeringsanlegget. Forutsatt at rushtiden i denne oppgaven er mellom kl. 14:30 og 16:30.

$$S = \frac{n}{c} \quad (3.1)$$

$S$ : Metningsgrad.

$n$ : Faktisk antall parkert kjøretøy.

$c$ : Parkeringskapasitet.

- 5) Parkeringsomsetningshastighet: Antall kjøretøy har parkert på samme parkeringsplass per tidsenhet.

$$f = \frac{n'}{T} \quad (3.2)$$

$f$ : Parkeringsomsetningshastighet.

$n'$ : Antall kjøretøy har parkert på samme parkeringsplass inne i en tidsperiode.

$T$ : Angitt tidsperiode.

- 6) Utnyttelsesgrad

$$g = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{c \cdot T} \quad (3.3)$$

$g$ : Utnyttelse av parkeringsanlegg.

$t_i$ : Varighet på parkering for den  $i$ . bilen.

- 7) Gjennomsnittlig varighet på parkering

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (3.4)$$

$\bar{t}$ : Gjennomsnittlig varighet på parkering.

- 8) Gangavstand etter parkering  $L$

Gangavstand mellom reisemålet og parkeringsplassen. Denne indikatoren beskriver bilvennlighet, dvs. at hvor rasjonal et parkeringsanlegg plasseres.

## 3.4 Egenskap av føreren

### 3.4.1 Førerens atferd

Parkeringsinn-/utgangen er knyttet til lokalt vegnett. Når kjøretøy skal ut av et parkeringsanlegg, blir sjåfører utsatt til en komplisert trafikksituasjon. De må være flink å holde en høy god oppmerksomhet og respons fordi de har vikeplikt for trafikkstrømmer på lokalt vegnett og de gående eller syklende. Særlig i sentrumet er det smalt vegnett med stor trafikk hvor det ofte oppstår trafikkonflikt. De må velge riktige adferd i ulike

trafikksituasjoner, som følgende (U.S. Department of Transportation & Institute of Transportation Engineers, 2004):

- 1) I henhold til trafikksituasjonen må kjøretøyets hastighet justeres.
- 2) Sjåfører må velge rimelig kjørefelt ifølge trafikklys eller f.eks. trafikkskilt, vegoppmerkinger, osv.....
- 3) Sjåfører må også ta hensyn til de gående og syklende og andre kjøretøy og samtidig kan håndtere noen aktuelle hendelser.

### 3.4.2 Sjåførens psykologi

Det er også mental belastning for sjåfører når de skal kjøre ut av parkeringsanlegget. De psykologiske faktorene kan beskrives som følgende punkt (Jun, Cao, & Wu, 2005):

#### 1) Oppmerksomhet

Den inkluderer oppmerksomhetens omfang, stabilitet, fordeling, overføring, osv.....

#### 2) Informasjonsbehandling

For informasjonsbehandling kan det være:

- I. Vurdering av fart. En god evne av fartsvurdering kan redusere faren av trafikkuhell.
- II. Vurdering av avstand: Ifølge de statistiske dataene i *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology* er antall trafikkuhell forårsaket av feilvurdering av avstand er mer enn 70% av total antall trafikkuhell (Fisher, Lee, Rizzo, & Caird, 2011). Vurdering av avstand er derfor svært viktig for sjåfører.
- III. Reaksjonsevne: Reaksjon er at kroppen gjør etter at sjåføren har mottatt informasjon. Den påvirkes av sjåførens erfaring, kjøreferdighet, alder, bruk av alkohol eller rusmiddel, osv.....



### 3.5 Egenskap av parkeringsinn-/utgang

#### 3.5.1 Klassifisering av trafikk

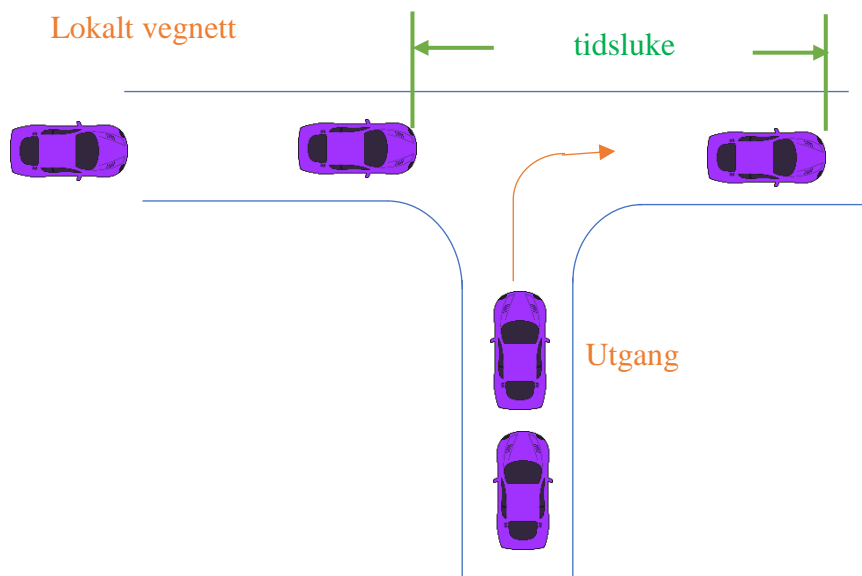
Trafikkstrømmer kan deles inn i tre typer i henhold til metningsgrad: mettet strømning, overfylt strømning og fri strømning (Roess, Prassas, & McShane, 2004). Vanligvis varierer trafikkforhold med trafikkstrømmer, og de ulike trafikkstrømmene tilsvarer forskjellige kjøreforhold.

#### 3.5.2 Kødannelse ved parkeringsinn-/utgang

For å tydeliggjøre grunn av kødannelse må parkeringsinn-/utgang diskuteres separat.

##### 1) Køsystem på parkeringsutgang

For kjøretøy ut av parkeringsanlegget, må de ha vikeplikt for andre kjøretøy på lokalt vegnett, dvs. at kjøretøy på vegnettet har forkjørsrett. Hvis tidsluke mellom kjøretøy på vegnettet ikke er stor nok, må de kjøretøyene på utgangssiden vente og danne kø. Dette fenomenet forekommer ofte i sentrum særlig i rushtiden, som viser på Figur 9.



Figur 9: Kødannelse på parkeringsutgang

Trafikkstrømmer i et parkeringsanlegg kan tilfredsstilles med Poisson-fordeling  $f(t)$  (Roess et al., 2004):

$$f(t) = \begin{cases} \lambda \cdot e^{-\lambda t}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (3.5)$$

$\lambda$ : Gjennomsnittlig avgang av kjøretøy per tidsenhet (kjøretøy/sekund)

$t$ : Minst tidsluke (sekund)

Tidsluke mellom biler som skal ut av parkeringsanlegg kan uttrykkes som negativ eksponentiell fordeling:

$$F_T(t) = P(T \leq t) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda t}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (3.6)$$

Varians:  $D(T) = \frac{1}{\lambda^2}$

Gjennomsnittet:  $E(T) = \frac{1}{\lambda}$ . Sjåfører må bestemme riktig tidspunkt til å kjøre ut til lokalt vegnett.

## 2) Køsystem på parkeringsinngang

Når et kjøretøy er inne i et parkeringsanlegg uten veiledningsinformasjon, må sjåføren første og fremtette etter en ledig parkeringsplass. Dersom alle parkeringsplasser er i bruk, vil kjøretøyet ikke være i kødannelse og direkte ut av parkeringsanlegg. I henhold til dette fenomenet kan køsystemet på parkeringsinngang forstås som følgende (Rizzo, 2008):

### I. Regel om innkjøring

På samme måte som parkeringsutgangen, kan antall innkjøringer også tilfredsstilles med Poisson-fordelingen, og tidsluke tilfredsstillende forhold for negative eksponentielle fordeling.

### II. Regel om kødannelse

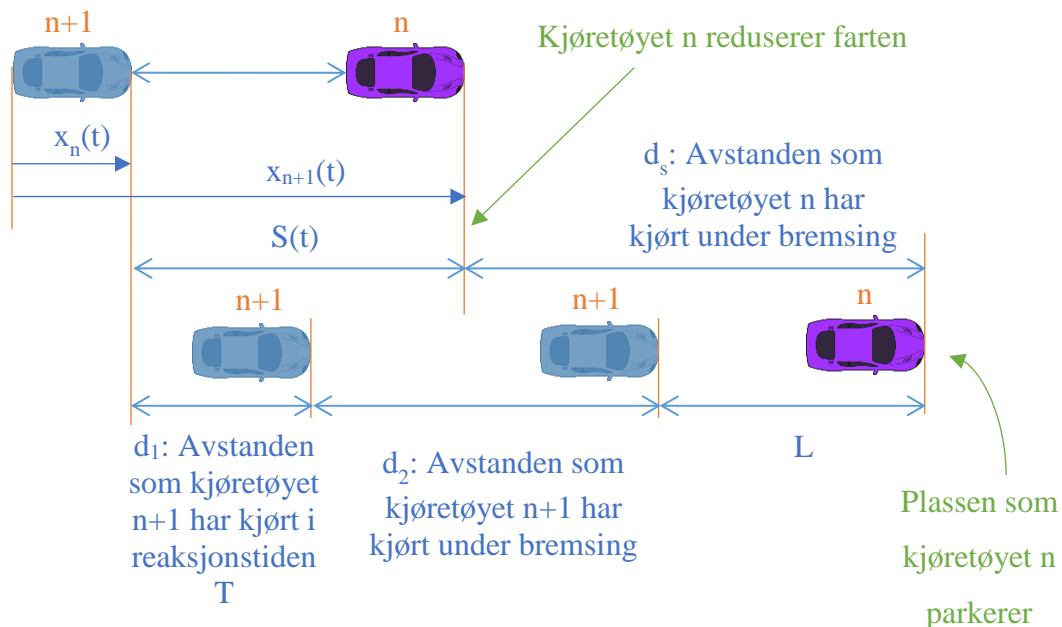
Kødannelsen ved parkeringsinngangen er forskjellige i forhold til utgangen, og den bruker tapssystem til å beskrive at kjøretøy leter etter parkeringsanlegg, dvs. at hvis et kjøretøy har funnet en ledig plass, reduseres køen tilsvarende.

### III. Servicetid

Parkeringsplassen kan brukes som serviceplattform, og parkeringsvarighet kan betraktes som servicetid. Den fullføre også for negativ eksponentiell fordeling

### 3.6 Car flow modell

Ifølge dynamikk blir følgende modell brukt til å studere dynamisk avstand mellom to kjøretøy når kjøretøyet ikke har sjanse for forbikjøring (Lu, Wang, Zhou, Liang, & Mi, 2014). Når et kjøretøy  $n$  kommer inn i et parkeringsanlegg, vil det senke farten. Og kjøretøyet bak  $n+1$  vil dermed ta tilsvarende hastighet ned for å holde en trygg avstand. Trygg tidsluke varierer i forhold til sjåførens personlighet. For å få en trygg tidsluke må begge kjøretøyene holde samme hastighet eller akselerasjon, som viser på Figur 10.



Figur 10: 3.6 Car flow modell

$$S(t) = d_1 + d_2 + L - d_s \quad (3.7)$$

$$d_1 = x_n(t + T) + \beta \quad (3.8)$$

Antatt at  $L$  er lineær med hastigheten til kjøretøyet bak  $n+1$  på tidspunkt  $t+T$ .

$$L = \alpha x_{n+1}(t + T) + \beta \quad (3.9)$$

Parameterne  $\alpha$  og  $\beta$  er bestemt av statistikken, som er relatert til sjåførens psykologi (Cheng, Zhang, & Chen, 2013).

Hvis bremselengden til de to kjøretøyene er samme, så

$$S(t) = d_1 + L$$

$$x_n(t) - x_{n+1}(t) = x_{n+1}(t + T)T + \alpha x_{n+1}(t + T) + \beta$$

derivering av t:

$$\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t) = \dot{x}_{n+1}(t + T)T + \alpha \dot{x}_{n+1}(t + T) \quad (3.10)$$

$$\dot{x}_{n+1}(t + T) = \frac{\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)}{T + \alpha} \quad (3.11)$$

$S(t)$ : Tidsluke på tidspunktet  $t$  (meter)

$x_{n+1}(t)$ : Posisjonen av Kjøretøyet  $n+1$  på tidspunktet  $t$

$x_n(t)$ : Posisjonen av Kjøretøyet  $n$  på tidspunktet  $t$

$d_1$ : Avstanden av kjøretøyet  $n+1$  som har kjørt i reaksjonstiden  $T$  (meter)

$d_2$ : Avstanden av kjøretøyet  $n+1$  som har kjørt ved bremsing (meter)

$d_s$ : Avstanden av kjøretøyet  $n$  som har kjørt ved bremsing (meter)

$T$ : Reaksjonstid (sekund)

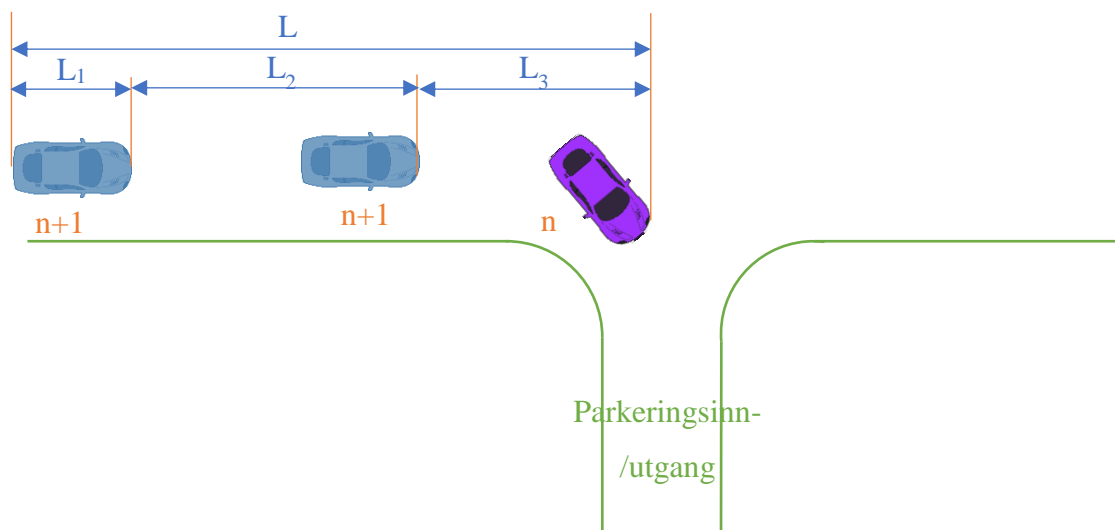
$L$ : Trygg tidsluke (meter)

$\dot{x}_n(t)$ : Hastigheten av kjøretøyet  $n$  på tidspunktet  $t$  (meter/sekund)

$\ddot{x}_n(t)$ : Akselerasjonen av kjøretøyet  $n$  på tidspunktet  $t$  (meter/sekund<sup>2</sup>)

### 3.7 Divergerende trafikkstrømmer

Trafikkstrømmer vil divergeres ved parkeringsinn-/utgangen, som viser på Figur 11 (He, Li, Zhu, & Cai, 2007). Når et kjøretøy  $n$  skal svinge til høyre inn i parkeringsanlegget, vil kjøretøyet bak  $n+1$  bli påvirket.



**Figur 11: Divergerende trafikstrømmer**

$$L = L_1 + L_2 + L_3 \quad (3.12)$$

$L$ : Avstand mellom to kjøretøy som blir påvirket av parkeringsinn-/utgangen (meter)

$L_1$ : Lengden av kjøretøy (meter)

$L_2$ : Reaksjonsavstand (meter)

$$L_2 = \frac{vt}{3.6} \quad (3.13)$$

$V$ : Hastigheten av kjøretøyet  $n+1$  før nedbremsing (kilometer/time)

$t$ : Reaksjonstiden for bremsing (sekund), Vanligvis 2-3 sekunder.

$L_3$ : Bremsseavstand slik at kjøretøyet bak  $n+1$  ikke kjører på kjøretøyet foran  $n$  (meter)

$$L_3 = \frac{V_t^2 - V^2}{2 \cdot 3.6^2 \cdot a} \quad (3.14)$$

Når  $V_t = 0$ , får vi minst bremsseavstand, dvs. kjøretøy bak  $n+1$  blir helt stoppet.

$$L_3 = \frac{-V^2}{2 \cdot 3.6^2 \cdot a}$$

$a$ : Retardasjonen av kjøretøyet bak  $n+1$  som skal rett fram (meter/sekund<sup>2</sup>)

$V_t$ : Hastigheten av kjøretøyet bak  $n+1$  etter bremsing (kilometer/time)

### **3.8 Egenskap av gange og sykkel**

Gange- og sykkelstrømmer er fleksible og tilfeldige. Hvis de ikke har det travelt, vil de gjerne å velge sin mest komfortable fart og rute gjennom parkeringsanlegget. (Fuerstenberg, Dietmayer, & Willhoeft, 2002). De vanligste konfliktene kan være følgende tre punkter:

- 1) På grunn av begrensning for fri sikt eller belysning i parkeringsanlegget, er det vanskelig for sjåfører å merke fotgjengere og syklister fra uforventet side, noe som kan medføre trafikkuhell.
- 2) Fotgjengere og syklister som skal krysse parkeringsinn-/utgang er ganske tilfeldige slik at den kan gjøre kjøretøy bremse ned.
- 3) Vanligvis er farten av fotgjengere og syklister relativt sakte slik at kjøretøy må følge med tilsvarende fart.

## 4 Trafikkstyring

Trafikkstyring er å styre og regulere trafikk, blant annet person, kjøretøy, varetransport. Ved etterspørselsstyring, trafikkinformasjon, trafikkregulering og andre tiltak kan dagens trafikkforholdene forandres, slik at transportsystemet kan bidra til en framkommelig og robust byvennlig miljø (Statens vegvesen, 2010). Prinsippene for trafikkstyring inkluderer: begrensning av total trafikkmengde, divergering/konvergering av trafikkstrømmer, effektivisering av trafikksystem osv..... (Zhai, 2004).

### 4.1 Omfang

#### 4.1.1 Faktorer som påvirker trafikkstyring

Det er mange faktorer som kan påvirke trafikkstyring, blant annet:

##### 1) Vegkategori

På grunn av ulike vegkategorier er kravene til parkeringsinn-/utgang forskjellig. Jo høyere nivå vegkategori er, desto strengere krav til parkeringsanlegg (Haver & Tarnoff, 1991).

##### 2) Sine egne særtrekk

Hvert parkeringsanlegg kan ses som en trafikkattraksjon. Plasseringen av parkeringsanlegg vil påvirke trafikken generering og fordeling til hele vegnett. Et ideelt parkeringsanlegg må ha nok gulvareal, ryddig land, fleksibel utforming (Williams, Stover, Dixon, & Demosthenes, 2014).

##### 3) Nærområdes arealbruk

Når det gjelder nærområder rundt et parkeringsanlegg, er det nødvendig å ta hensyn til samspill mellom ulike typer arealbruk fordi de har sine ulike funksjoner. Vanligvis blir det mye trafikkbelastning i området der arealformål er f.eks. kjøpesenter, kollektivknutepunkt, osv..... En rimelig arealplanlegging kan være stor betydning for områdets trafikkavviklingsevne (Mao, Sun, & Jia, 2007).

#### 4.1.2 Omfangsbestemmelse

Omfanget av trafikkstyring kan deles i forsknings- og innvirkningsområde.

Forskningsområdet påvirkes direkte av f.eks. utforming av parkeringsanlegg, områdets trafikkstrømmer, skiltplan, osv.... mens innvirkningsområdet gjelder hvor påvirkning kan nå (Fu & Cai, 2010). Omfangets størrelse kan også bestemmes av byens infrastruktur, f.eks. g/s-vei, kollektivtilbud, dvs. jo større by, jo mer praktisk infrastruktur. Behovet for bilbruk vil derfor reduseres. Vanligvis er innvirkning av parkeringsanlegg mindre i storbyer (J Usterud Hanssen, Aretun, Fearnley, Hrelja, & Christiansen, 2014).

### **4.2 Optimalisering av parkeringsinn-/utgang**

#### 4.2.1 Optimaliseringsprinsipp

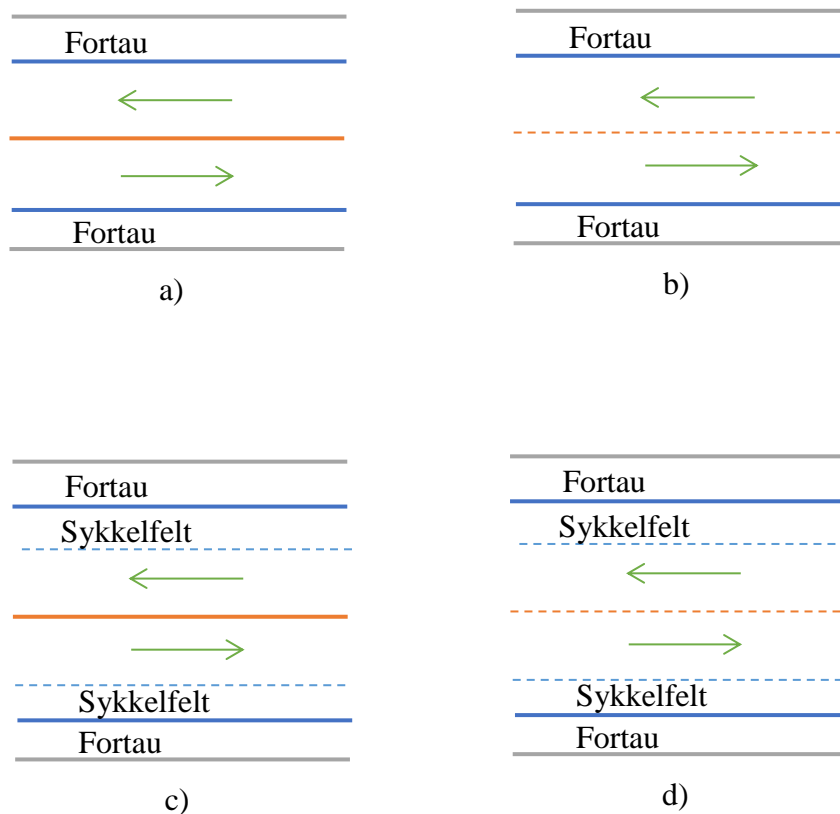
Det er i hovedsak frekvens av inn-/utkjøring og utforming av parkeringsinn-/utgang, som påvirker dynamisk trafikk på lokalt vegnett, blant annet redusering av trafikkavviklingsevne, økning av kølengde. Optimaliseringsprinsipp kan derfor være (Bao, Deng, & Gu, 2010):

- 1) God utforming for å sikre trafikksikkerhet.
- 2) God trafikkavviklingsevne på vegstrekningen. Hvis veien er hovedvei, bør venstresvinger inn/ut av parkeringsanlegg unngås.
- 3) God trafikkavviklingsevne på parkeringsinn-/utgang for å redusere sannsynlighet for kødannelse. Hvis det er mer enn 50 parkeringsplasser i et parkeringsanlegg, bør lengden av parkeringsinn-/utgang være større enn 100 meter. Hvis det er mer enn 100 parkeringsplasser, bør flere antall parkeringsinn-/utganger vurderes.
- 4) Redusering av sjåførens mentale belastning.

#### 4.2.2 Utforming

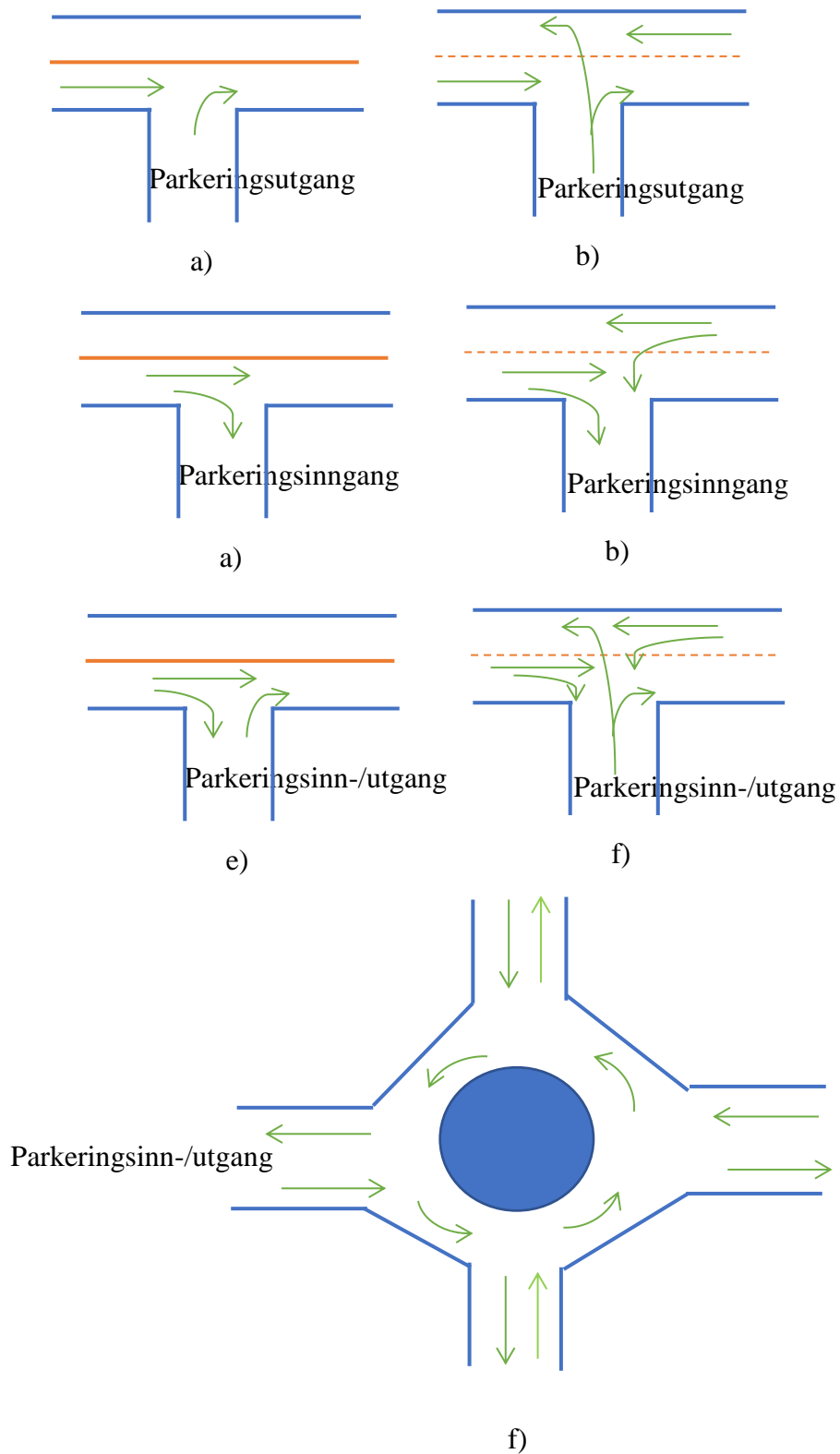
I denne artikkelen vil det kombineres med ulike utforminger av parkeringsinn-/utgang og gateutforminger, som viser på Figur 12 - 13.





**Figur 12: Tverrsnitt av typiske gateutforminger**

- 1) Parkeringsutgang blir koblet til gata som Figur 12a) og c), som viser på Figur 13 a).
- 2) Parkeringsutgang blir koblet til gata som Figur 12 b) og d), som viser på Figur 13 b).
- 3) Parkeringsinngang blir koblet til gata som Figur 12 a) og c), som viser på Figur 13 c).
- 4) Parkeringsinngang blir koblet til gata som Figur 12 b) og d), som viser på Figur 13 d).
- 5) Parkeringsinn-/utgang blir koblet til gata som Figur 12 a) og c), som viser på Figur 13 e).
- 6) Parkeringsinn-/utgang blir koblet til gata som Figur 12 b) og d), som viser på Figur 13 f).
- 7) Parkeringsinn-/utgang blir koblet til rundkjøringen, som viser på Figur 13 g).



**Figur 13: Typiske utforminger av parkeringsinn-/utgang**

### 4.2.3 Beregning av trafikk ut av parkeringsanlegg

Når parkeringsanlegg blir koblet til vegnettet, har trafikk på lokalt vegnett forkjørsrett i henhold til trafikkregler. Hvis kjøretøy som skal ut av parkeringsanlegget, må tidsluke på vegnettet stor nok.

I henhold til *Kelly og Clinch* sin modell, refererer  $t_c$  til minst tidsluke på lokalt vegnett som kjøretøy kan ut av parkeringsanlegget, (tidsbruk for høyresving  $t_c = 4\sim 6s$ , venstresving  $t_c = 6\sim 8s$ ).  $t_f$  er tidsluke på vegnett etter utkjøring. Samtidig bør sjåførens akseptable ventetid også vurderes, som  $t_a = 3\sim 5\text{minutter}$ . Så under sjåførens mental toleranse  $t_a$ , kan faktisk antall lovlige kjøretøy ut av parkeringsanlegg være (Kelly & Clinch, 2006):

$$q_{ut} = t_a \cdot q \int_0^{+\infty} f(t)g(t)dt \quad (4.1)$$

$q$ : Gjennomsnittlig kjøretøy på lokalt vegnett

$f(t)$ : Tetthetsfunksjon av tidsluke på lokalt vegnett

$g(t)$ : Teoretisk antall lovlige kjøretøy ut av parkeringsanlegget hvis det er nok tidsluke på lokalt vegnett

Fra formelen (4.1) ovenfor endres funksjonen  $f(t)$  sammen med antall kjøretøy som skal ut av parkeringsanlegget. Og fordelingen av trafikk på lokalt vegnett er også varierende som viser i Tabell 4 nedenfor.

$f(t)$	$q_a$
<b>Negativ eksponensiell fordeling</b>	$\frac{t_a \cdot q e^{-qt_c}}{1 - e^{-qt_f}}$
<b>Erlang fordeling</b>	$t_a \cdot q \sum_{i=0}^{r-1} \frac{(-1)^i}{i!} \left( \frac{e_x^{-\lambda t_c x}}{1 - e_x^{-\lambda t_f x}} \right)^i \quad (\lambda = kq)$

Tabell 4: Fordelingen av trafikk på lokalt vegnett iht. forskjellige tidsluke

#### 4.2.4 Beregning av trafikkapasitet for parkeringsinnngang

Beregning av kapasiteten til innkjøringen er basert på rushtiden. Derfor kan innkjøring per 15 minutter i parkeringsanlegget beregnes med følgende formel i rushtiden (Mathur et al., 2010):

$$q_{inn} = \frac{rQ}{20} = \frac{rRN}{20} = \frac{kN}{20} \quad (4.2)$$

$Q$ : Antall kjøretøy i parkeringsanlegg.

$r$ : Hastighet til trafikkstrømmer i parkeringsanlegg.

$R$ : Omsetningshastighet i parkeringsanlegg.

$N$ : Kapasitet av parkeringsanlegg.

$k$ : Rushtidens koeffisient.

#### 4.2.5 Utforming av parkeringsinn-/utgang

Iht. *US parking policies* anbefaler det utforming av parkeringsinn-/utgang (Weinberger, Kaehny, & Rufo, 2010):

##### 1) Trygg lengde av parkeringsutgang

Metode 1 iht. 4.2.2-1): Antatt at parkeringsutgangen er et enkelt kjørefelt.

$$L_1(m) \geq q_{ut}(L_{Kjoretøy} + L_{Avstand}) - L_{Avstand} \quad (4.3)$$

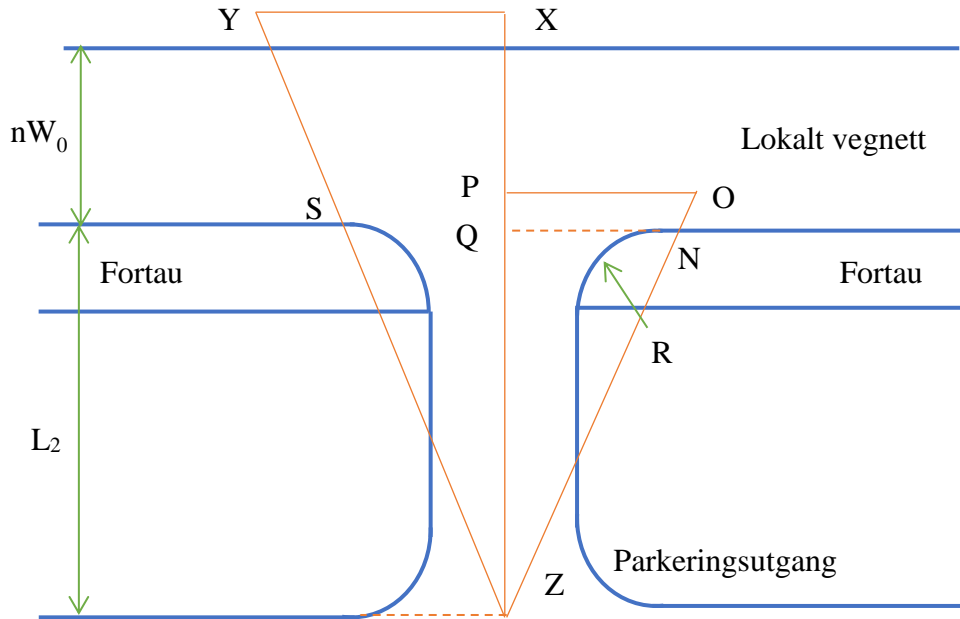
$q_{ut}$ : Antall lovlige utkjøringer.

$L_{Kjoretøy}$ : Gjennomsnitt lengde av kjøretøy. Antatt at de fleste er personbiler, så  $L_{Kjoretøy} = 5,8 \sim 7m$ .

$L_{Avstand}$ : Gjennomsnitt avstand mellom to kjøretøy ut av parkeringsanlegg.

Den blir bestemt av hastighet, vanligvis  $L_{Avstand} = 3 \sim 5m$  i rushtiden.

Metode 2 iht. 4.2.2-2): Antatt at parkeringsutgangen er et enkelt kjørefelt, og utkjøring må tilfredsstillende synskrav.



Figur 14: Siktlinje ved parkeringsutgang

Antatt at kjøretøy på Punkt Z, som er startpunktet for utgangen. Med sikkerhetssyn er sikkerhetsavstanden fra begge sidene av veien iht. Figur 14:

$$\frac{ZQ}{ZP} = \frac{NQ}{OP} \gg \frac{L_2}{L_2 + \frac{W_0}{2}} = \frac{\frac{1}{2}W+R}{L_{høyreut}} \quad (\triangle OPZ \cong \triangle NQZ)$$

$$\frac{ZP}{ZX} = \frac{SQ}{XY} \gg \frac{L_2}{L_2 + (n + \frac{1}{2})W_0} = \frac{\frac{1}{2}W+R}{L_{venstreut}} \quad (\triangle SQZ \cong \triangle YXZ) \quad (4.4)$$

$W$ : Bredde av parkeringsutgang.

$R$ : Svingradius av parkeringsutgang.

$L_2$ : Trygg lengde av parkeringsutgang.

$n$ : Antall kjørefelt av lokalt vegnett.

$L_{høyreut/venstreut}$ : trygg avstand for høyre-/venstresving ut av parkeringsanlegget.

Antatt at kjøretøy i lokalt vegnett er i konstant fart, ifølge Newtons første lov:

$$L_{høyreut} = 0,278vt_{høyreut}$$

$$L_{venstreut} = 0,278vt_{venstreut} \quad (4.5)$$

$v$ : Hastighet av trafikstrømmer på lokalt vegnett. (Kilometer/time)

$t_{høyre/venstreut}$ : tid av høyre-/venstresving ut fra parkeringsanlegget.

Så formlene (4.4) og (4.5) kombineres sammen,

$$L_2(m) = \max \left\{ \frac{W_0}{2} \cdot \frac{\frac{1}{2}W+R}{0,278vt_{høyreut} - (\frac{1}{2}W+R)}, (n + \frac{1}{2})W_0 \cdot \frac{\frac{1}{2}W+R}{0,278vt_{venstreut} - (\frac{1}{2}W+R)} \right\} \quad (4.6)$$

I henhold til Metode 1 og 2, kan trygg lengde av parkeringsutgang være:

$$L_{ut}(m) = \max\{L_1, L_2\} \quad (4.7)$$

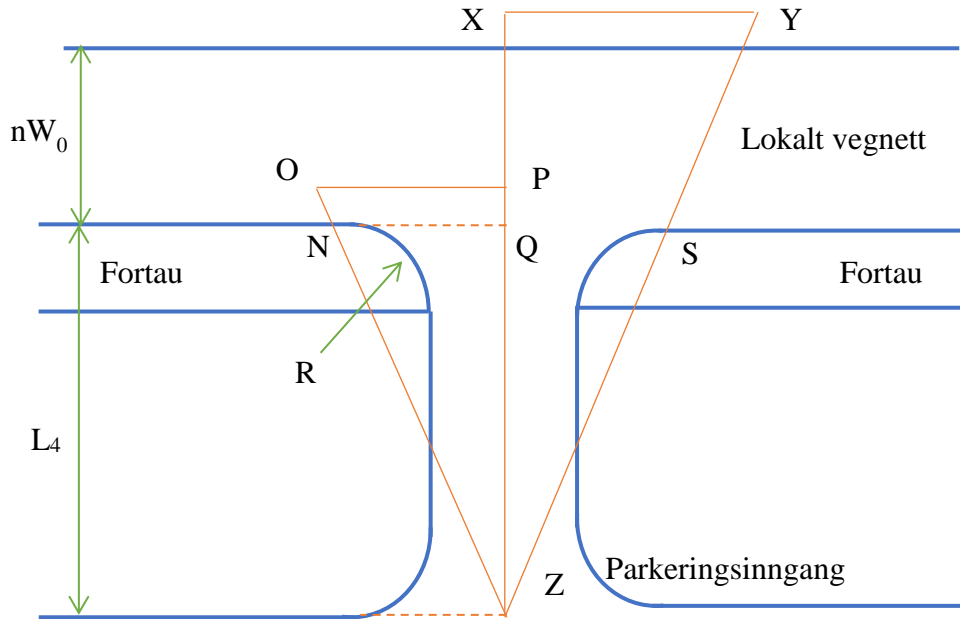
## 2) Trygg lengde av parkeringsinngang

Metode 1 iht. 4.2.2-3): Antatt at parkeringsinngangen er et enkelt kjørefelt.

$$L_3(m) \geq q_{inn}(L_{Kjøretøy} + L_{Avstand}) - L_{Avstand} \quad (4.8)$$

$q_{inn}$ : Antall innkjøringer.

Metode 2 iht. 4.2.2-4): Antatt at parkeringsinngangen er et enkelt kjørefelt, og innkjøring må tilfredsstillе synskrav.



Figur 15: Siktlinje ved parkeringsinngang

Antatt at kjøretøy skal til Punkt Z fra lokalt vegnett, som er slutt punktet for inngangen. Med sikkerhetshensyn er trygg avstand for parkeringsinngang iht.

Figur 15:

$$\frac{ZQ}{ZP} = \frac{NQ}{OP} \gg \frac{L_4}{L_4 + \frac{W_0}{2}} = \frac{\frac{1}{2}W + R}{L_{venstreinn}} \quad (\triangle OPZ \cong \triangle NQZ)$$

$$\frac{ZP}{ZX} = \frac{SQ}{XY} \gg \frac{L_4}{L_4 + (n + \frac{1}{2})W_0} = \frac{\frac{1}{2}W + R}{L_{høyreinn}} \quad (\triangle SQZ \cong \triangle YXZ) \quad (4.9)$$

$W$ : Bredde av parkeringsinngang.

$R$ : Svingradius av parkeringsinngang.

$L_4$ : Trygg avstand av parkeringsinngang.

$L_{høyreinn/venstreinn}$ : Trygg avstand for høyre-/venstresving inn i parkeringsanlegget.

Antatt at kjøretøy i lokalt vegnett er i konstant fart, ifølge Newtons første lov:

$$L_{høyreinn} = 0,278vt_{høyreinn}$$

$$L_{venstreinn} = 0,278vt_{venstreinn} \quad (4.10)$$

$t_{høyreinn/venstreinn}$ : tid av høyre-/venstresving inn i parkeringsanlegget.

Så formlene (4.9) og (4.10) kombineres sammen,

$$L_4(m) = \max \left\{ \frac{W_0}{2} \cdot \frac{\frac{1}{2}W+R}{0,278vt_{venstreinn} - (\frac{1}{2}W+R)}, \left(n + \frac{1}{2}\right)W_0 \cdot \frac{\frac{1}{2}W+R}{0,278vt_{høyreinn} - (\frac{1}{2}W+R)} \right\} \quad (4.11)$$

I henhold til Metode 1 og 2, kan trygg avstand av parkeringsinngang være:

$$L_{inn}(m) = \max\{L_3, L_4\} \quad (4.12)$$

### 3) Trygg avstand av parkeringsinn-/utgang

Metode 1 iht. 4.2.2-5): Antatt at parkeringsinn-/utgangen er to kjørefelt, dvs. et for innkjøring og annet for utkjøring.

$$q = \max\{q_{inn}, q_{ut}\}$$

$$L_5(m) \geq q(L_{Kjørefelt} + L_{Avstand}) - L_{Avstand} \quad (4.13)$$

Metode 2 iht. 4.2.2-6): Antatt at parkeringsinn-/utgangen er to kjørefelt, dvs. et for innkjøring og annet for utkjøring, og inn-/utkjøring må tilfredsstille synskrav ifølge Figur 16 a) og b).

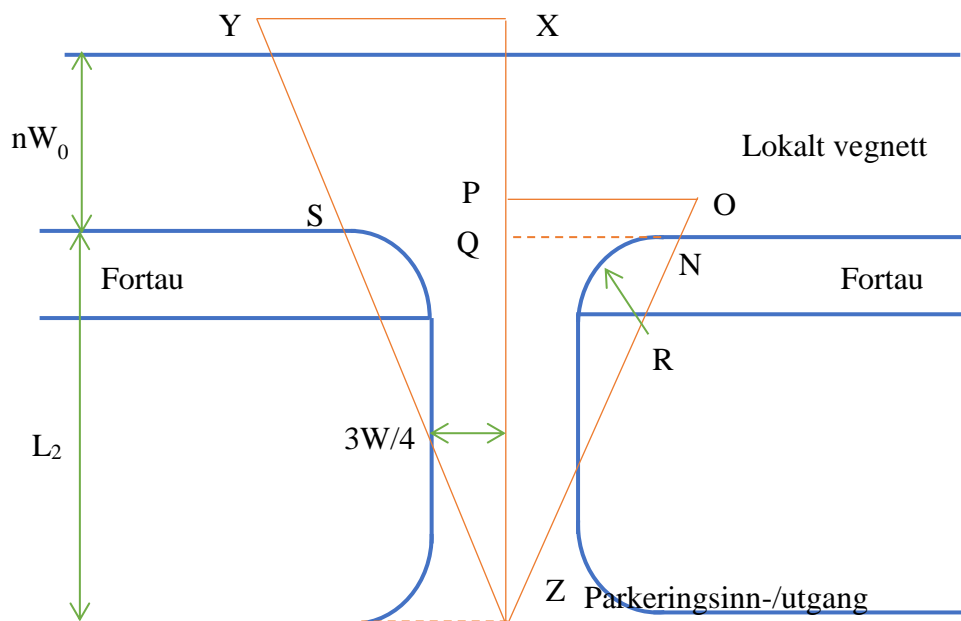
$$L_6(m) = \max \left\{ \frac{W_0}{2} \cdot \frac{\frac{1}{4}W+R}{0,278vt_{høyreinn} - (\frac{1}{4}W+R)}, \left(n + \frac{1}{2}\right)W_0 \cdot \frac{\frac{3}{4}W+R}{0,278vt_{venstreinn} - (\frac{3}{4}W+R)}, \frac{W_0}{2} \cdot \frac{\frac{1}{4}W+R}{0,278vt_{høyreut} - (\frac{1}{4}W+R)}, \left(n + \frac{1}{2}\right)W_0 \cdot \frac{\frac{3}{4}W+R}{0,278vt_{venstreut} - (\frac{3}{4}W+R)} \right\} \quad (4.14)$$

I henhold til Metode 1 og 2, kan trygg avstand av parkeringsinn-/utgang være:

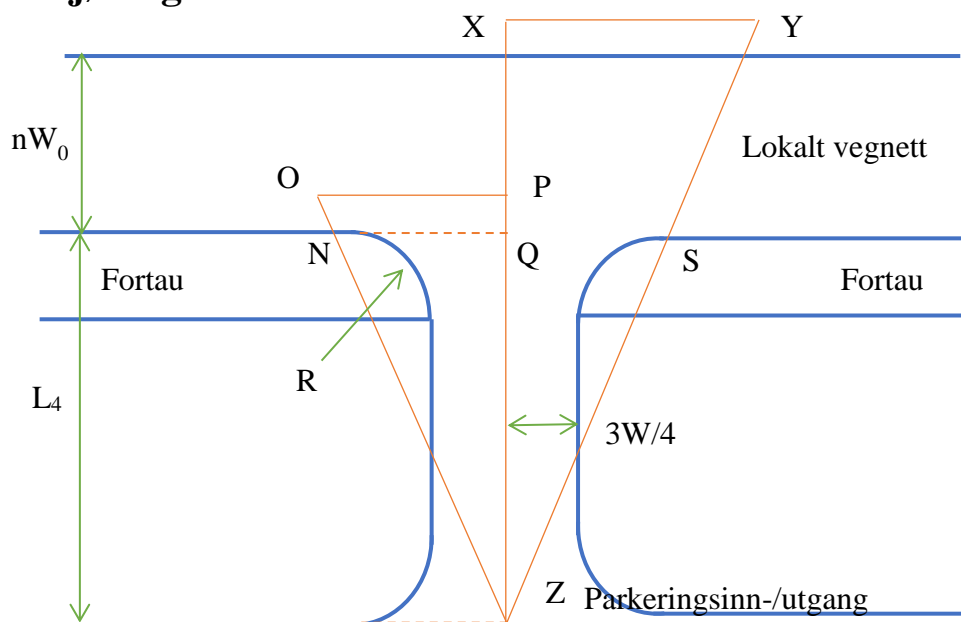
$$L_{inn/ut}(m) = \max\{L_5, L_6\} \quad (4.15)$$



### a) utkjøring



### b) innkjøring

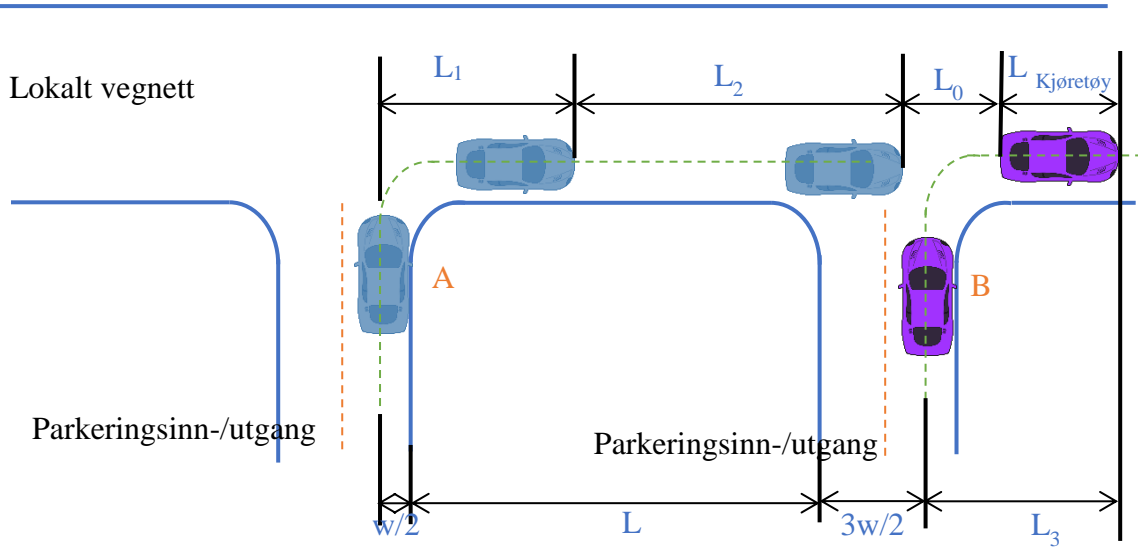


Figur 16: Siktlinje ved parkeringsinn-/utgang

## 4.3 Avstand mellom parkeringsinn-/utganger

I henhold til *the principles of urban parking facility planning* må avstanden mellom parkeringsinn-/utganger diskuteres på 2 tilfelle (MOURD, 2015):

Situasjon 1: Antatt at parkeringsanlegg er stort med over 200 parkeringsplasser, og parkeringsinn-/utganger er plassert på samme side av parkeringsanlegget, som viser på Figur 17 nedenfor.



Figur 17: Avstand mellom parkeringsinn-/utganger

Fra Figur 17 får vi slik sammenhengen som følger:

$$L + \frac{w}{2} + \frac{3w}{2} + L_3 \geq L_1 + L_2 + L_0 + L_{Kjøretøy}$$

$$\gg L \geq L_1 + L_2 + L_0 + L_{Kjøretøy} - L_3 - 2w \quad (4.16)$$

Ifølge Newtons første lov:

$$L_1 = \frac{V_1^2}{3.6^2 \cdot 2a_1} \quad L_2 = \frac{V_2^2 - V_1^2}{3.6^2 \cdot 2a_3} \quad L_3 = \frac{V_2^2}{3.6^2 \cdot 2a_2} \quad (4.17)$$

$$a_1 = \frac{V_2 - V_1}{V_2/a_2} \quad (4.18)$$

(4.16), (4.17) og (4.18) kombineres sammen:

$$L \geq \frac{V_1^2}{3.6^2 \cdot 2a_1} + \frac{(V_1 + V_2)V_2}{3.6^2 \cdot 2a_2} + L_0 + L_{Kjøretøy} - \frac{V_2^2}{3.6^2 \cdot 2a_2} - 2w$$

Men hensyn til stor mangel på areal i byen, brukes likestegnet istedenfor.

$$L_{min} = \frac{V_1^2}{3.6^2 \cdot 2a_1} + \frac{(V_1 + V_2)V_2}{3.6^2 \cdot 2a_2} + L_0 + L_{Kjøretøy} - \frac{V_2^2}{3.6^2 \cdot 2a_2} - 2w \quad (4.19)$$

$L$ : Avstand mellom parkeringsinn-/utganger.

$w$ : Bredde av et kjørefelt for parkeringsinn-/utganger.

$L_{Kjøretøy}$ : Gjennomsnittlig lengde av kjøretøy.

$L_0$ : Minst trygg avstand mellom 2 kjøretøy. På grunn av lav hastighet, bruker vi 3 m.

$L_1$ : Minst tidsluke som kjøretøyet A trenger å kjøre inn i vegnettet.

$L_2$ : Tidsluke mellom kjøretøyet A og B når kjøretøyet B kjøre inn i vegnettet.

$L_3$ : Minst tidsluke som kjøretøyet B trenger å kjøre inn i vegnettet.

$v_1$ : Hastighet for kjøretøyet A i vegnettet.

$v_2$ : Hastighet for kjøretøyet B i vegnettet.

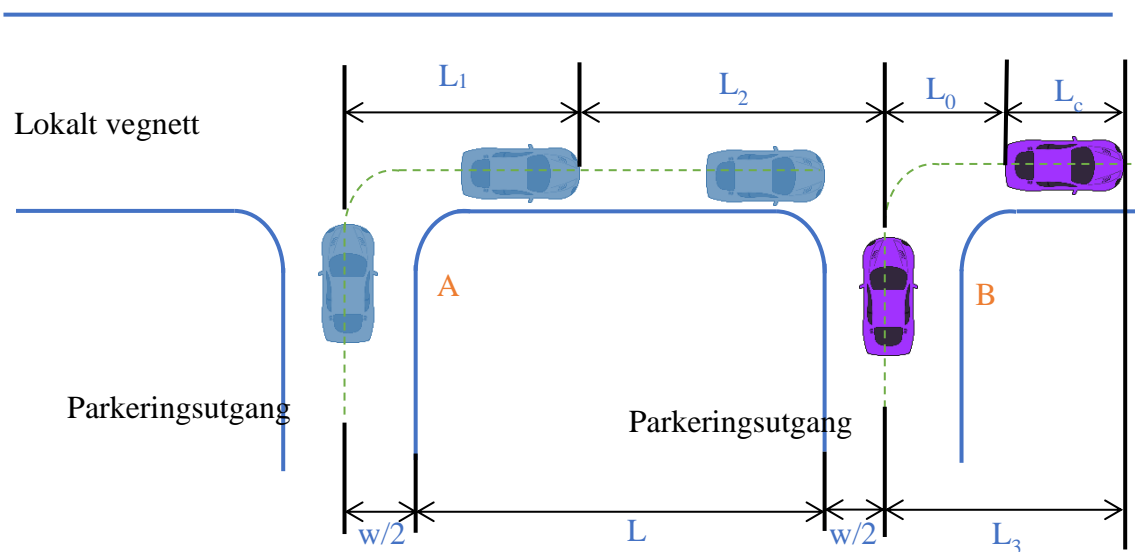
$a_1$ : Akselerasjon når kjøretøyet A kjører inn i vegnettet.

$a_2$ : Akselerasjon når kjøretøyet B kjører inn i vegnettet.

$a_3$ : Minst trygg reduksjon for kjøretøyet A uten påkjøring på kjøretøyet B.

Situasjon 2: Antatt at parkeringsanlegget er stort med over 300 parkeringsplasser.

Parkeringsutganger er plassert på samme side av parkeringsanlegg, som viser på Figur 18 nedenfor:



**Figur 18: Avstand mellom to parkeringsutganger**

Fra Figur 18, får vi slik sammenhengen som følge:

$$L + \frac{w}{2} + \frac{w}{2} + L_3 \geq L_1 + L_2 + L_0 + L_c$$

$$\gg L \geq L_1 + L_2 + L_0 + L_c - L_3 - w$$

På den samme måten brukes minst avstand for parkeringsutganger også:

$$\gg L_{min} = L_1 + L_2 + L_0 + L_c - L_3 - w \quad (4.21)$$

$L$ : Avstand mellom parkeringsutganger.

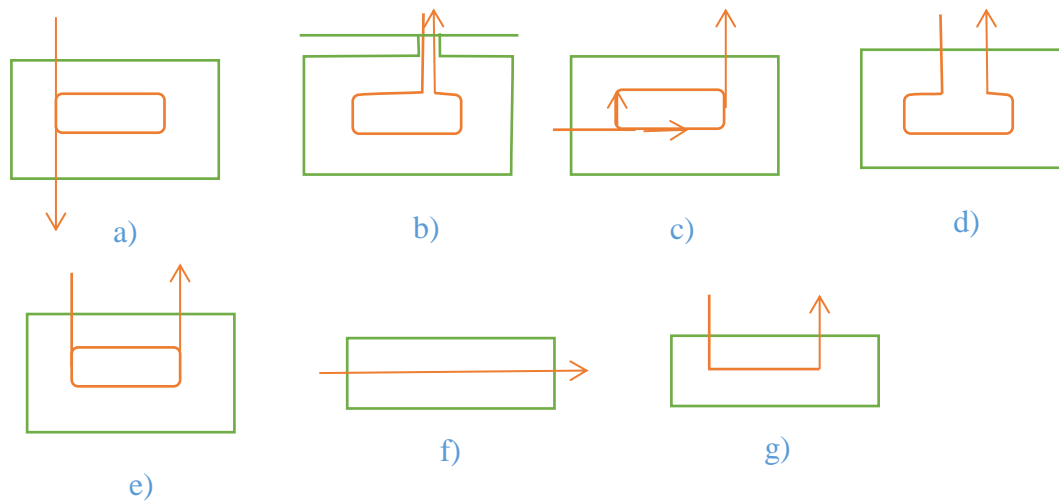
$w$ : Bredde av parkeringsutgang.

## **4.4 Trafikkstyring i parkeringsanlegg**

### 4.4.1 Trafikkstrømmer i parkeringsanlegg

Det er hovedsakelig 2 typer trafikkstrømmer i parkeringsanlegget: kjøretøystrømmer og gang- og sykkelstrømmer. For kjøretøystrømmer kan det beskrives som kjøretøy fra inngang, kjørefelt, parkeringsplass, kjørefelt og videre til utgang, som viser på Figur 19.

I henhold til Figur 19 nedenfor viser det at et kjøretøy må reise minst en half rund i parkeringsanlegget for å kjøre ut på grunn av rombegrensninger og krav om avkjørsel. I tillegg er parkeringsplasser ved inngangen dårlig utnyttet. Dette skyldes at mange sjåførere synes at parkeringsinngangen er langt bort fra utgangen og vil gjerne parkere inne. Men hvis det ikke er noen ledig plass inne, må de kjøre en rund tilbake til inngangen. Denne oppførselen er ikke miljøvennlig. Derfor er det nødvendig å bruke tilleggs ledesystem til å hjelpe sjåførere med å finne en ledig plass direkte.



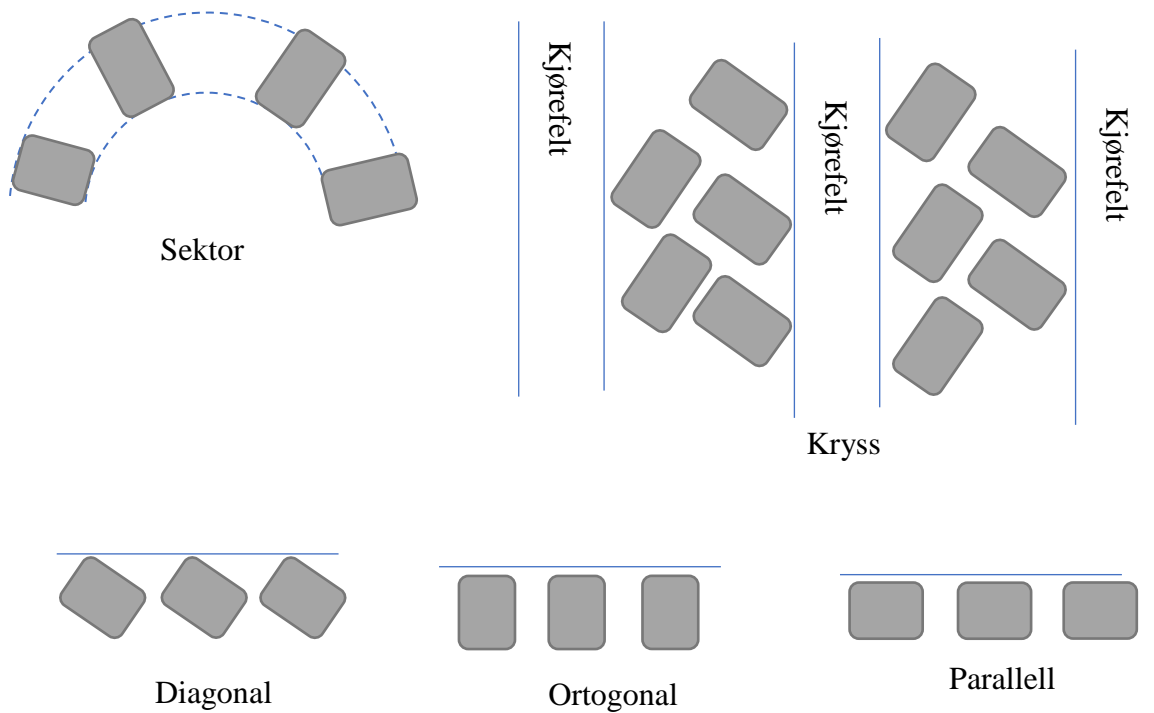
**Figur 19: Typiske kjøretøystrømmer**

For gang- og sykkelstrømmer er det nødvendig å ha tydelig vegoppmerking for spesielt felt i parkeringsanlegget.

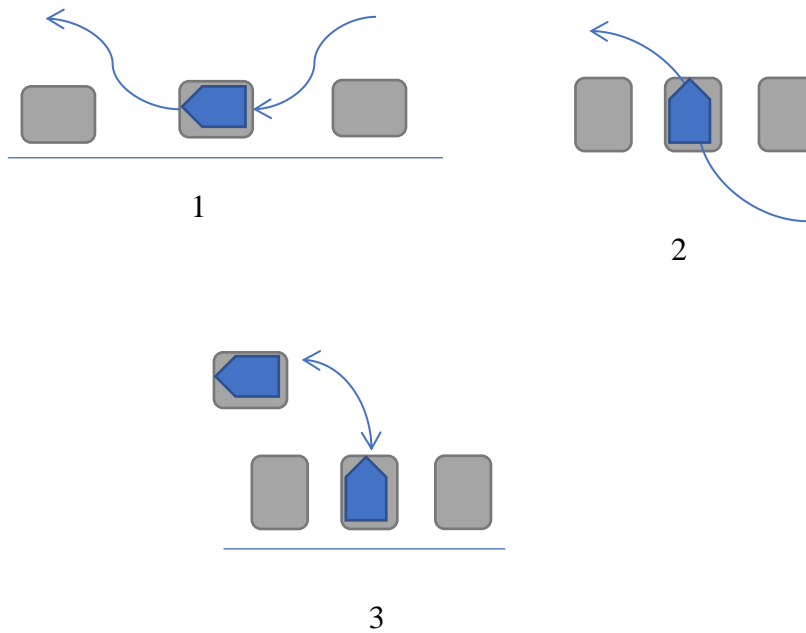
#### 4.4.2 Parkeringsplasser

Parkeringsplasser vil variere med ulike typer kjøretøy. I denne artikkelen gjelder det kun personbiler. I henhold til modellen til *Chrest*, anbefales avstanden mellom bilene med 1-1,5m og hver parkeringsplass bør minst være 2.5\*6m (Chrest, Smith, Bhuyan, Iqbal, & Monahan, 2012).

Typisk plassering av parkeringsplasser kan være 5 typer, og detaljer viser på Figur 20, 21 og Tabell 5.



Figur 20: Typisk plassering av parkeringsplasser



Figur 21: Typisk inn-/utkjøring av en parkeringsplass

Formet	Fordel	Ulempe
Sektor	God estetikk	Arealkrevende, tilpasser kun uregelmessig areal

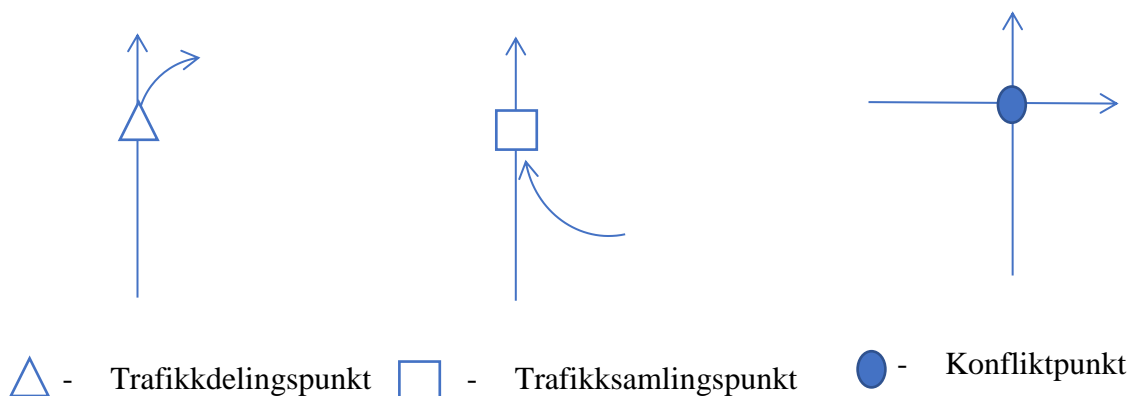
<b>Kryss</b>	Enkelt å parkere	Stor påvirkning til nabobiler
<b>Diagonal</b>	Fleksibelt å parkere	Vanskelig å kjøre ut ved gateparkering
<b>Ortogonal</b>	Stor kapasitet	Påvirkning til nabobiler
<b>Parallell</b>	Stor kapasitet	Tidkrevende for lukeparkering

Tabell 5: Fordel og ulempe av typisk plassering av parkeringsplasser

Ved å sammenligne innhold i Tabell 5 ovenfor er ortogonalformen mest praksis.

#### 4.5 Trafikkstyring på tilkoblet byens vegnett

Ifølge konfliktanalysen av trafikkstrømmer ved ulike kryss eller strekninger vil konflikttypene være forskjellig, som viser på Figur 22 nedenfor (Vegdirektoratet, 2013).



Figur 22: Konflikttype

I Tabell 6 nedenfor viser det resultat av konfliktanalysen på Figur 13: Typiske utforminger av parkeringsinn-/utgang.

Type	Trafikkdeling	Trafikksamling	Konflikt	Kompleksitetsindeks
a	0	1	0	3
b	0	2	1	8
c	1	0	0	1

<b>d</b>	2	0	1	7
<b>e</b>	1	1	0	6
<b>f</b>	2	2	2	15
<b>g</b>	1	1	0	8

**Tabell 6: Resultat av konfliktanalysen på Figur 13: Typiske utforminger av parkeringsinn-/utgang**

Fra analysen i Tabell 6 overfor kan det konkluderes med at dersom venstresvingforbud eller rundkjøring benyttes for parkeringsinn-/utgangen, kan trafikkonflikten reduseres vesentlig.

Trafikkstyring på lokalt vegnett kan derfor hovedsakelig være følgende aspekter (Jin, 2004):

1) Trafikkdeling mellom kjøretøy og sykkel

Ved siden av parkeirngsinn-/utgang må sykkel på lokalt vegnett legges merk til.

Trafikkdeling kan brukes til å redusere trafikk konflikter og unngå uhell, f.eks. fysisk deling og vegoppmerking, som viser i Tabell 7.

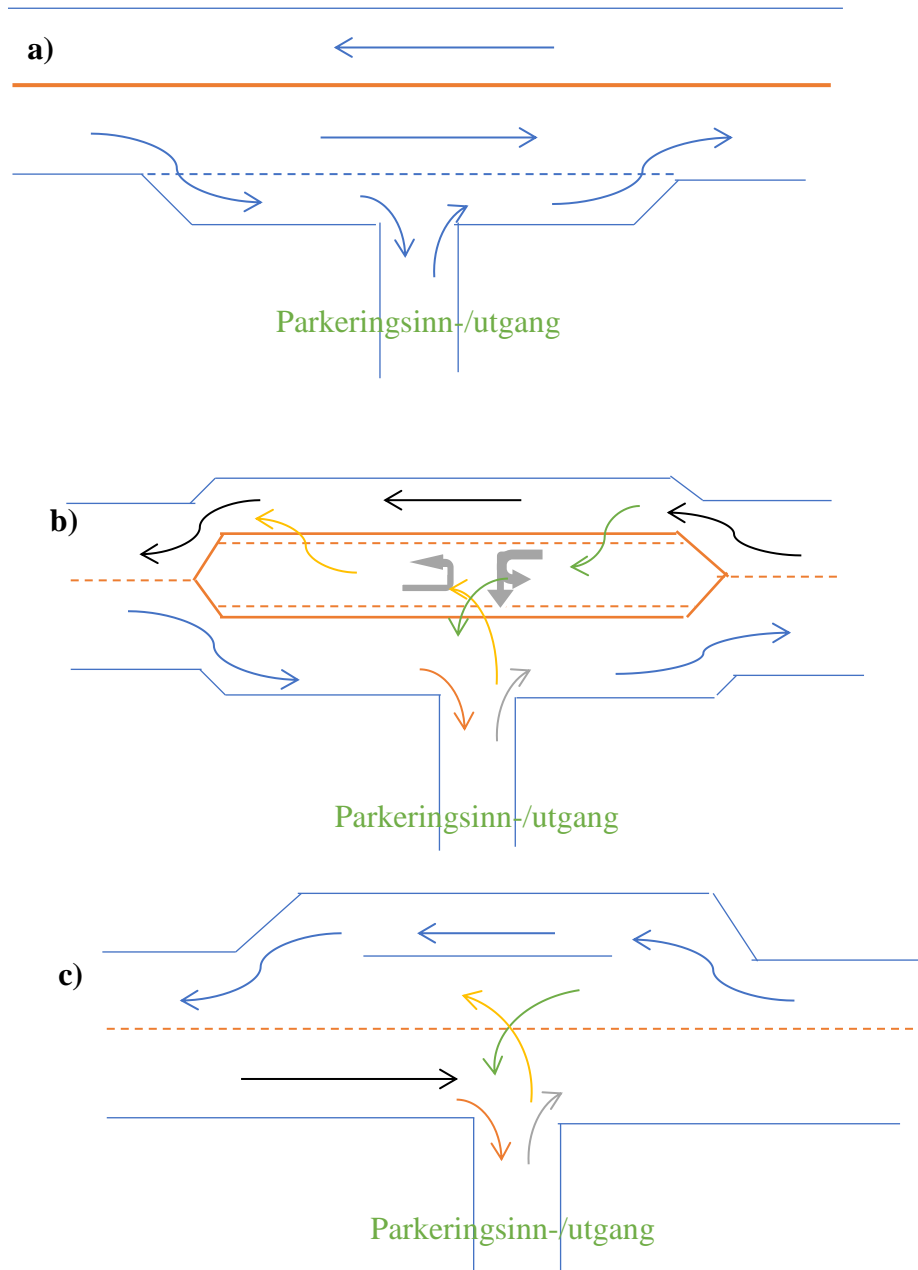
	<b>Vegoppmerking</b>	<b>Fysisk deling</b>
<b>Sammensetning</b>	Hvit bred striplinjje	Rekkverk, refuge
<b>Fordel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lav kostnad</li> <li>• Enkel å lage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mer effektiv til å redusere trafikkuhell.</li> <li>• Lite forstyrrelse mellom sykkel og kjøretøy</li> </ul>
<b>Ulempe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kan være forstyrrelse mellom sykkel og kjøretøy</li> <li>• Ikke synlig i vinter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arealkrevende</li> <li>• Utfordring for vinterdrift</li> </ul>
<b>Anvendelsesområde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vanlig brukt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Høy trafikkmengde</li> </ul>

**Tabell 7: Fordel og ulempe av trafikkdeling mellom kjøretøy og sykkel**



## 2) Svingefelt

Svingefelt for inn-/utkjøring av parkeringsanlegg kan vurderes hvis lokalt vegnett er bredt nok. Ulike typer svingefelt med fordel og ulempe blir vist i Figur 23 og Tabell 7.



Figur 23: Svingefelt ved parkeringsinn-/utgang

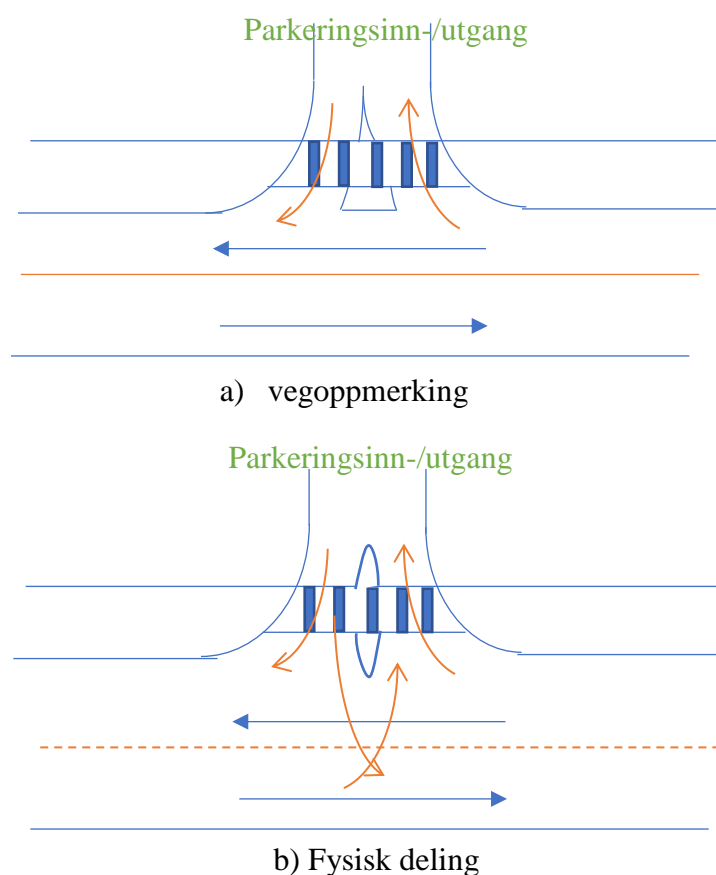
	a	b	c
Sammensetning	Tilleggsfelt blir koblet til parkeringsinn-/utgang	Et senterkjørefelt er utelukkende for venstresvinger som kommer fra begge retninger	Tilleggsfelt for kjøretøy som skal rett fram slik at de ikke blir påvirket av venstresving
Fordel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Øker fremkommelighet for hovedkjørefelt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganske fleksibel</li> <li>• Reduserer omkjøring</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduserer trafikkuhell</li> <li>• Øker fremkommelighet for kjøretøy som skal rett fram</li> </ul>
Ulempe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lang fotgjengerovergang</li> <li>• Lang kjøreavstand for de som skulle svinge venstre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kan være forstyrrelse for de gående og syklende</li> <li>• Lang fotgjengerovergang</li> <li>• Krever god trafikk-moral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lang fotgjengerovergang</li> <li>• Stort mulig for kødannelse</li> </ul>
Anvendelsesområde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vanlig brukt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foreløpig ingen i Norge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vanlig brukt</li> </ul>

Tabell 8: Fordel og ulempe av svingefelt

### 3) Trafikkdeling mellom inn-/utkjøring

Hvis trafikken fra parkingsinn-/utgangen er høy, brukes trafikkdeling for trafikksikkerhetsmessige årsaker, slik at den kan spille en separasjonsfunksjon for kjøretøy fra motgående retning, som viser på Figur 24.

Slik trafikkdelingen har også lignende to typer, som fysisk deling og vegoppmerking. Den bidrar også til trafikksikkerhet for de gående og syklende på fortau.



Figur 24: Trafikkdeling mellom inn-/utkjøring

## 4.6 System av parkeringsveiledning

System av parkeringsveiledning (PGS) er å sende ønskende informasjon til sjåførere med å finne frem parkeringsplass, f.eks. veivisning til parkeringsanlegg, omliggende vegforhold, antall ledige parkeringsplasser, osv.... (Guan, Liu, & Liao, 2003). Ved hjelp av PGS kan det være med å redusere tidsbruk til å lette etter en fornøy parkeringsplass, dermed å øke bruksfrekvens, balansere romlig-temporalt parkeringsbehov og forbedre driftseffektivitet.



## 5 Simulering og evaluering av scenario

### 5.1 Trafikksimulering

Trafikksimulering er bruk av datateknologi til å simulere noen komplekse trafikksituasjoner for analyse eller evaluasjon. Den primære fordelene ved trafikksimulering er visualisering, gjentaking, nøyaktighet, lav kostnad, relativt lett å lære. Sammenlignet med analytisk eller empirisk modell i trafikkteknikk, mangler det bare noen grunnleggende data og logikk i simuleringmodellen. Hele systemet er i noen grad komplekst, men det hjelper brukere med å finne dynamisk resultat. (de Dios Ortuzar & Willumsen, 2011; Rawal & Rodgers, 2005).

### 5.2 Evalueringsindekssystem

Evalueringsindekssystemet er et viktig grunnlag for å evaluere ulike scenario for parkeringsanlegg som viser på Tabell 9 nedenfor.

Primærindikator	Sekundær indikator	Egenskap
Indikator for tilkoblet byens vegnett	Separasjonsgrad mellom kjøretøy og de gående og syklende C <sub>1</sub>	Grovt kvalitativ
	Metningsgrad til vegstrekning C <sub>2</sub>	Kvantitativ
	Reisetidsreduksjon C <sub>3</sub>	Kvantitativ
	Gjennomsnittlig forsinkelsestidsreduksjon C <sub>4</sub>	Kvantitativ
	Total forsinkelsestidsreduksjon C <sub>5</sub>	Kvantitativ
	Sikkerhet av vegkryssanlegg C <sub>6</sub>	Grovt kvalitativ

Indikator for parkeringsanlegg	Kølengdereduksjon C <sub>7</sub>	Kvantitativ
	Dekningsgrad av parkeringsveiledning C <sub>8</sub>	Grovt kvalitativ
	Reduksjon av trafikkonfliktpunkt C <sub>9</sub>	Kvantitativ
	Sikkerhetsfaktor C <sub>10</sub>	Grovt kvalitativ
	Implementeringsmulighet av forbedringstiltak C <sub>11</sub>	Grovt kvalitativ

Tabell 9: Evalueringsindekssystem

### 5.3 Evaluering

Evaluering av ulike scenario for parkeringsanlegg er basert på av simuleringdata til å få kvantifisert resultat. Hovedmetodikker er ved å studere forandring av områdets trafikkforhold, analysere ulike involvert faktorer og vurdere utveksling mellom kvalitet og kvantitet (Zhang, He, Xiong, & Zhu, 2014).

Gitt at et forbedringsforslag er  $N$ , dets evalueringsindikator er  $C$  og tilsvarende karakter er  $v(X)$ , som utgjør resultat etter forbedringsforslag  $R = (N, C, v)$  (Group, 2002):

$$R = \begin{bmatrix} N \\ C \quad v(X) \end{bmatrix}$$

Forutsatt at antall  $n$  forbedringsforslag har antall  $m$  evalueringsindikatorer  $C_1, C_2, \dots, C_m$  og tilsvarende karakter  $(X_{11}), v(X_{21}), \dots, v(X_{n1}), v(X_{12}), v(X_{22}), \dots, v(X_{n2}), \dots, v(X_{1m}), v(X_{2m}), \dots, v(X_{nm}) (m, n \in N)$ , er  $R$  en  $m$ -dimensjonal datasett, som betegnes  $R_{nm}$  (Lu et al., 2014; Palevičius, Paliulis, Venckauskaite, Vengrys, & Management, 2013):

$$R_{nm} = \begin{bmatrix} N_1 & N_2 & \dots & N_n \\ C_1 & v(X_{11}) & v(X_{21}) & \dots & v(X_{n1}) \\ C_2 & v(X_{12}) & v(X_{22}) & \dots & v(X_{n2}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_m & v(X_{1m}) & v(X_{2m}) & \dots & v(X_{nm}) \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

### 5.3.1 Normalisering av ulike typer indikator

Siden betydning av hver indikator i trafikkstyring er forskjellig, og sin effekt også er annerledes, er metode for å beregne tilsvarende indeksverdi og sin karakter også forskjellig. Derfor må disse verdiene normaliseres til  $[0, 1]$  slik at det blir lettere å rangere i henhold til Thrane sin bok «*Regresjonsanalyse i praksis*». Forutsatt at  $I^a$ : nytteindeks. Vanligvis, jo større jo bedre.  $I^b$ : kostnadsindeks. Vanligvis, jo mindre jo bedre.  $I^c$ : fast indeks.  $I^d$ : intervallindeks.  $I^d$ : kvalitativ analyseindeks. Normalisering av ulike typer indeks er dermed også forskjellig (Thrane, 2003).

$$\mu_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} x_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n} x_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} x_{ij}}, (i = 1, 2, \dots, n; j \in I^a) \quad (5.2)$$

$$\mu_{ij} = \frac{\max_{1 \leq i \leq n} x_{ij} - x_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n} x_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} x_{ij}}, (i = 1, 2, \dots, n; j \in I^b) \quad (5.3)$$

$$\mu_{ij} = \frac{\max_{1 \leq i \leq n} |x_{ij} - x^*| - |x_{ij} - x^*|}{\max_{1 \leq i \leq n} |x_{ij} - x^*|}, (i = 1, 2, \dots, n; j \in I^c) \quad (5.4)$$

$$\mu_{ij} = f(x) = \begin{cases} 1 - \frac{\max\{c_1^i - x_{ij}, x_{ij} - c_2^i\}}{\max\{c_1^i - \min_{1 \leq i \leq n} x_{ij}, \max_{1 \leq i \leq n} x_{ij} - c_2^i\}}, & x_{ij} \notin [v_1^i, v_2^i] \\ 1, & x_{ij} \in [v_1^i, v_2^i] \end{cases} (i = 1, 2, \dots, n; j \in I^d) \quad (5.5)$$

$$\mu_{ij} = f(x) = \begin{cases} 1 & \text{Megat god} \\ 0,8 & \text{God} \\ 0,6 & \text{Nokså god} \\ 0,4 & \text{Tilstrekkelig} \\ 0,2 & \text{Dårlig} \end{cases} \quad (5.6)$$

$\mu_{ij}$ : Normalisert karakter

Etter normalisering av karakter blir (5.1) slik som

$$R_{nm} = \begin{bmatrix} & M_1 & M_2 & \cdots & M_n \\ C_1 & \mu_{11} & \mu_{21} & \cdots & \mu_{n1} \\ C_2 & \mu_{12} & \mu_{22} & \cdots & \mu_{n2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_m & \mu_{1m} & \mu_{2m} & \cdots & \mu_{nm} \end{bmatrix} \quad (5.7)$$



## 6 Utslippsvurdering

Transportsektoren består av kjøretøy, tog, skip og fly. Transporten på vei slipper ut ca. 55%-99% av den totale, hvorav 2/3 skyldes personbil, primært i form av CO<sub>2</sub>. Klimagass forekommer i naturen, som inkluderer i hovedsak vanndamp, karbondioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), nitrogenoksid (N<sub>2</sub>O) og ozon (O<sub>3</sub>). Men på grunn av menneskelig aktivitet gjøres det en dramatisk økning av klimagass. Dette kan være med å øke fart av global oppvarming (Oecd, 2002). Nedenfor skal det tas et innblikk over hovedindikatorer om utslippsvurdering.

### 6.1 Drivstofforbruk

Det forutsettes at hvert kjøretøy enten står på tomgang eller i konstant fart, eller øke/senke fart. Drivstofforbrukene beregnes derfor i henhold til slike tilstander (Ferreira, 1982).

### 6.2 Karbondioksid (CO<sub>2</sub>)

CO<sub>2</sub> og vanndamp er de meste eksoskomponentene etter forbrenning av drivstoff f.eks. bensin, diesel, naturgass, osv..... Med katalytiske og andre eksosanlegg oksideres en stor del av karbonmonoksidet (CO) og hydrokarboner (HC) til CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>O. Dette er grunnen at CO<sub>2</sub> betraktes som dominerende forurensning fra forbrenningsmotor (Lovell, 2010).

### 6.3 Nitrogenoksid (NO<sub>x</sub>)

Det kan gis en rekke negative helse- og miljøkonsekvens fra NO<sub>x</sub>-utslippen. En gang i atmosfæren reagerer NO<sub>x</sub> med andre forurensninger til å danne smog. NO<sub>x</sub> er også en viktig del for sur nedbør som kan påvirke både terrestriske og akvatiske økosystemer. Samtidig kan nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>) irritere lunger og øke fare for luftveisinfeksjon. Den påvirker også til synlighet (Engstrøm, 2006).

### 6.4 Flyktige organiske forbindelser (VOC)

VOC slipper ut enten direkte fra f.eks. bensin eller indirekte som eksos. Eksos er hovedkilden til VOC langs veien, og konsentrasjonen VOC er direkte proporsjonal med trafikkens tetthet. Det finnes mange typer VOC, og dermed varierer trussel mot miljø og helse (Rosland & Martinsen, 1992).

## **6.5 Svevestøv (PM)**

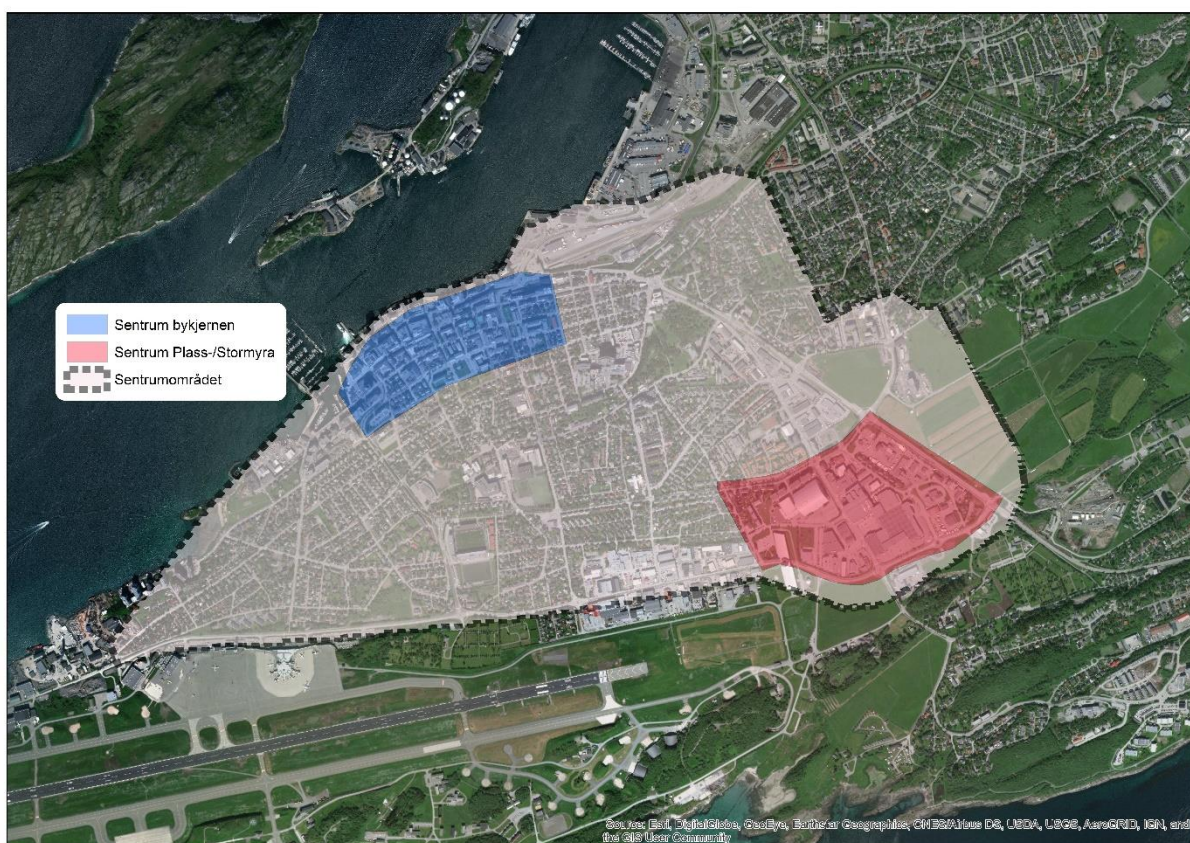
Årsaken til PM langs veien er ganske komplisert, hovedsakelig fra støv og forbrenning av drivstoff. Påvirkning av PM er hovedsakelig gjenspeilet i smog med skarp lukt, og enda trussel mot helse (Låg & Statens, 2004).

# 7 Case-studie

## 7.1 Forskningsområde

### 7.1.1 Arealbruk

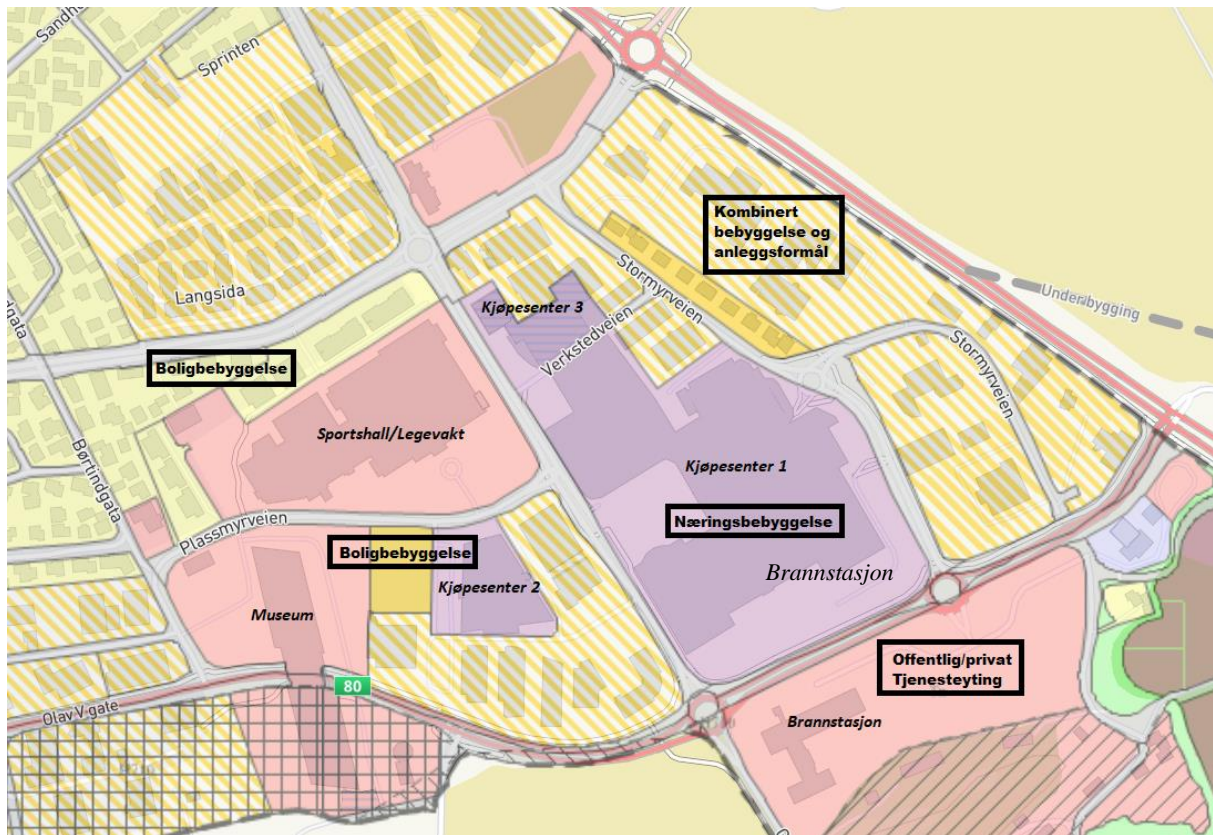
Ifølge *Kommuneplanens arealdel 2018 – 2030 – Planbeskrivelse, Bodø kommune*, har Bodøby utviklet seg til 2 hovedområder: «Sentrum Plass-/Stormyra» og «Sentrum bykjernen». Sentrum Plass-/Stormyra er inne i sentrumet, men er ikke en del av bykjernen (Bodø kommune, 2018b). Forskningsområdet ligger også i Sentrum Plass-/Stormyra (Figur 25).








Figur 25: «Sentrum Plass-/Stormyra» og «Sentrum bykjernen» i Bodø

Som på Figur 26 viser det forskningsområdet på hovedkart av kommuneplanen 2018-2030. Hele området er nesten helt brukt for tjenesteyting som sports, museum, hobby, medisin, osv.... og næringsbebyggelse blant annet handelspark, restaurant, bilforhandel, verktøy, osv.... Derfor er utnyttingsgraden veldig høy i dette området. Ifølge ulike arealbruk sorteres

parkeringsanlegg i Tabell 10 (Bodø kommune, 2018a; Kommunal- og Moderniseringsdepartementet, 2014).



Figur 26: Arealbruk i forskningsområdet (Kilde: Bodø kommune)

Arealformål	Parkeringsanlegg
<b>Kjøpesenter</b> 	3 stk
<b>Offentlig eller privat tjenesteyting</b> 	Legevakt, sportshall, brannstasjon, museum
<b>Bebyggelse og anlegg</b> 	Offentlig parkeringsanlegg
<b>Boligbebyggelse</b> 	Privat parkeringsanlegg
<b>Kombinert bebyggelse og anleggsformål</b> 	Mat- og dagligvarebutikk, bilhandel, bildeler butikk, verksted, undervisningsinstitutt, trafikkstasjon, bussparkeirng

Tabell 10: Parkeringsanlegg sorteres iht. arealbruk

### 7.1.2 Vegnett

I utgangspunktet skal vegnettet i små eller mellomstore byer gi positiv bekvemmeligheter til folkets daglige liv og produksjon. I planlegging må trafiksikkerhet og bærekraftig utvikling første og fremst tas hensyn til, og samtidig må det også legges merk til om knutepunktene for både passasjer og gods (Chen, Liu, & Hu, 2008). Spesielt i småbyer er trafikken i byen ganske liten, mens den gjennomkjørende trafikken er relativt mye større. Slik trafikkoppbygningen kan gi en viktig rolle i byplanlegging (Snellen, Borgers, & Timmermans, 2002).

I forskningsområdet er vegnettet ikke så komplisert, og derfor er vegkategorien definert i hovedsak for 3 kategorier: riksvei, primær kommunevei og kommunevei i Tabell 11. I Bodøby er vegforholdet av Rv. 80 ganske godt, og bærer den fleste gjennomkjørende trafikken for både gods og person mot Bodø flyplass, jernbaneterminal og havn. Samtidig er 2 primære kommuneveier med å dele mye trafikk fra Rv. 80, som danner en effektiv vegrute i området. Men når det gjelder kommunevei, er mange av dem ikke tilfredsstillende på grunn av for smale vegbredde, dårlig dekning, osv.... Myk trafikant er også ganske vanlig spesielt i boligområdet med små barn i lek, gange og sykkel.

Vegkategori rundt forsinkningsområdet	Hovedfunksjon	Krav
Rv. 80	Betjener hele regionen eller landet	<ul style="list-style-type: none"><li>• Krysset er generelt utstyrt med trafikklys eller bygget på stor rundkjøring.</li><li>• Vanligvis er det er ikke lov å bli koblet av avkjørsel direkte.</li><li>• Bussfelt kan blir vurdert ved behov.</li><li>• Uten parkering på gaten.</li></ul>

<b>Primær kommunevei</b>	Betjener mellom forskjellige bydeler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krysset kan utstyres med trafikklys, eller veien kan være forkjørvei.</li> <li>• Gateparkering og avkjørsel kan blir vurdert.</li> </ul>
<b>Kommunevei</b>	Betjener internt i et område	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ta hensyn til trafikksikkerhet, f.eks. gange og sykkel, barn i lek.</li> </ul>

**Tabell 11: Hovedfunksjon og krav om vegnett i forsinkningsområdet (Vegdirektoratet, 2014a, 2014b)**



**Figur 27: Vegnett i forsinkningsområdet**

### 7.1.3 Parkeringsfasiliteter og sin tilstand

Ved utgangen av 2018 er det over 2400 parkeringsplasser i handelparken, hvorav ca. 1850 er tilgjengelige for personbiler uten spesiell tillatelse. Ca. 220 av dem er offentlige parkeringsplasser, og 1630 er private eiere. Ifølge reguleringsplanbestemmelse (Bodø

kommune, 2014, 2017) er det fortsatt potensial på areal for ca. 100-200 flateparkeringsplasser hvis handelsparken fortsetter å ekspandere østover. På figur 28 viser det beliggenhet av parkeringsanlegg som er tilgjengelige for personbiler uten spesiell tillatelse. Og fra Tabell 12 nedenfor viser det at privateide parkeringsplasser dominerer, og gir en positiv påvirkning til utviklingen av Sentrum Plass-/Stormyra.



Figur 28: Beliggenhet av parkeringsanlegg som er tilgjengelige for personbiler uten spesiell tillatelse

	Typer	Antall	Andel	Sum antall
<b>I bruk</b>	Offentlig	1630	88%	1850
	Privateide	220	12%	
<b>Planlagt</b>	Offentlig	-	-	-
	Privateide	Areal for ca. 100-200 flateparkeringsplasser	-	

Tabell 12: Tilstand til parkeringsfasiliteter for personbil

#### 7.1.4 Parkeringspris

Det er 3 virksomheter som drifter parkering, blant annet Bodø kommune, Q-park og Onepark i forskningsområdet. Detaljene viser i Tabell 13 nedover.

Navn		Priser (kr)
<b>Bodø kommune</b>	Offentlig parkering	18 kr / t - man - lør (9-15)
<b>Q-park</b>	Sportshall	25 kr, 1. time 30 kr, 2. time 39 kr, 3. og påfølgende timer - man - fre (8-16), lør (8-15)
	Museum	47 kr 4. og påfølgende timer - alle dager (8-18) 21 kr / 1 t - alle dager (18-8) 47 kr / 2 t - alle dager (18-8) 79 kr / 3 t - alle dager (18-8) 32 kr / t, 4. og påfølgende timer - alle dager (18-8)
	Gidsken Jakobsens vei 28-32	Minst 5 kr 28 kr / t
	Kjøpesenter 2	35 kr, 3. t (max 3 t)
<b>One park</b>	Kjøpesenter 1 samt matbutikk	50 kr, 3. t - man - fre (9-22), lør (9-20) / matbutikk man - lør (7-23) 100 kr, 4. t - man - fre (9-22), lør (9-20) / matbutikk man - lør (7-23) 175 kr, 5. t - man - fre (9-22), lør (9-20) / matbutikk man - lør (7-23) 100 kr / t, 6. t og påfølgende timer - man - fre (9-22), lør (9-20) / matbutikk man - lør (7-23) Makspris 500 kr / 24 t
	Kjøpesenter 3	40 kr, 4. time 60 kr, 5. time



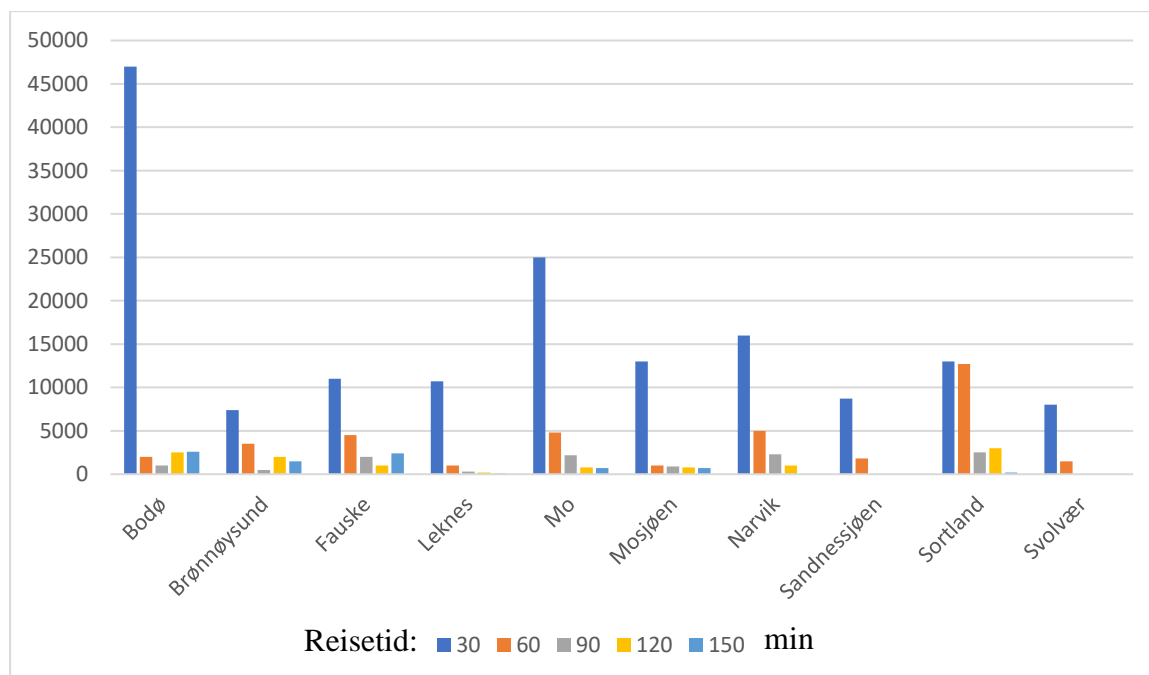
		75 kr, 6. time
		100 kr / t, 7. og påfølgende timer
		Makspris 500 kr / 24 t

Tabell 13: Parkeringspris i handelsparken (Kilde: Bodø kommune, Q-park, Onepark)

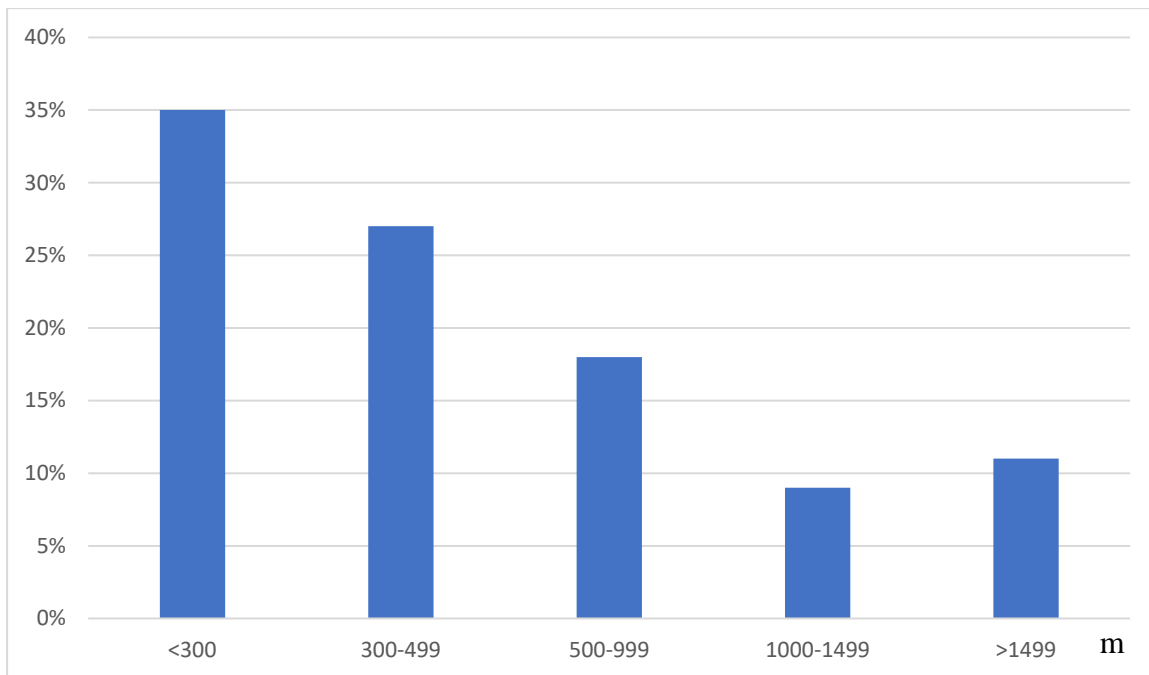
## 7.2 Forskningsobjekter

### 7.2.1 Handelsreise

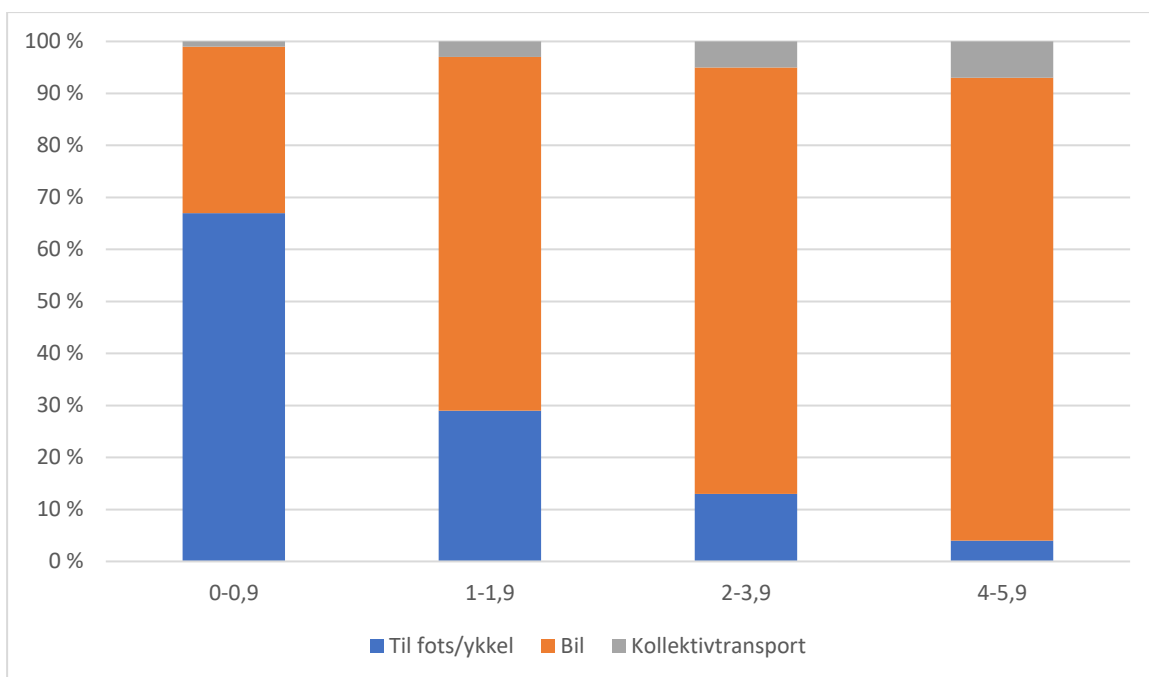
I hensyn til rapporter fra Bodø kommune og TØI, viser det at Bodø er en ganske spesiell by i Nordland med kundegrunnlag på rundt 46 000 som drar til kjøpesenter innen i halv time på Figur 29. De fleste synes gåavstand under 1 kilometer til handelsparken er rimelig på Figur 30, og over 60% av dem vil gjerne bruke gange og sykkel på handlereise til kjøpesenter på Figur 31. (Bodø kommune, 2018c; Engebretsen & Strand, 2010).



Figur 29: Kundegrunnlag til kjøpesenter i Nordland (Kilde: Asplan Viak)



**Figur 30: Akseptabel gangavstand til handel i handelparken (Kilde: Asplan Viak)**



**Figur 31: Transportmiddel for handlereise til kjøpesenter for by over 50 000 befolkninger (Kilde: RUV 2005)**

## 7.2.2 Utvalgte forskningsobjekter

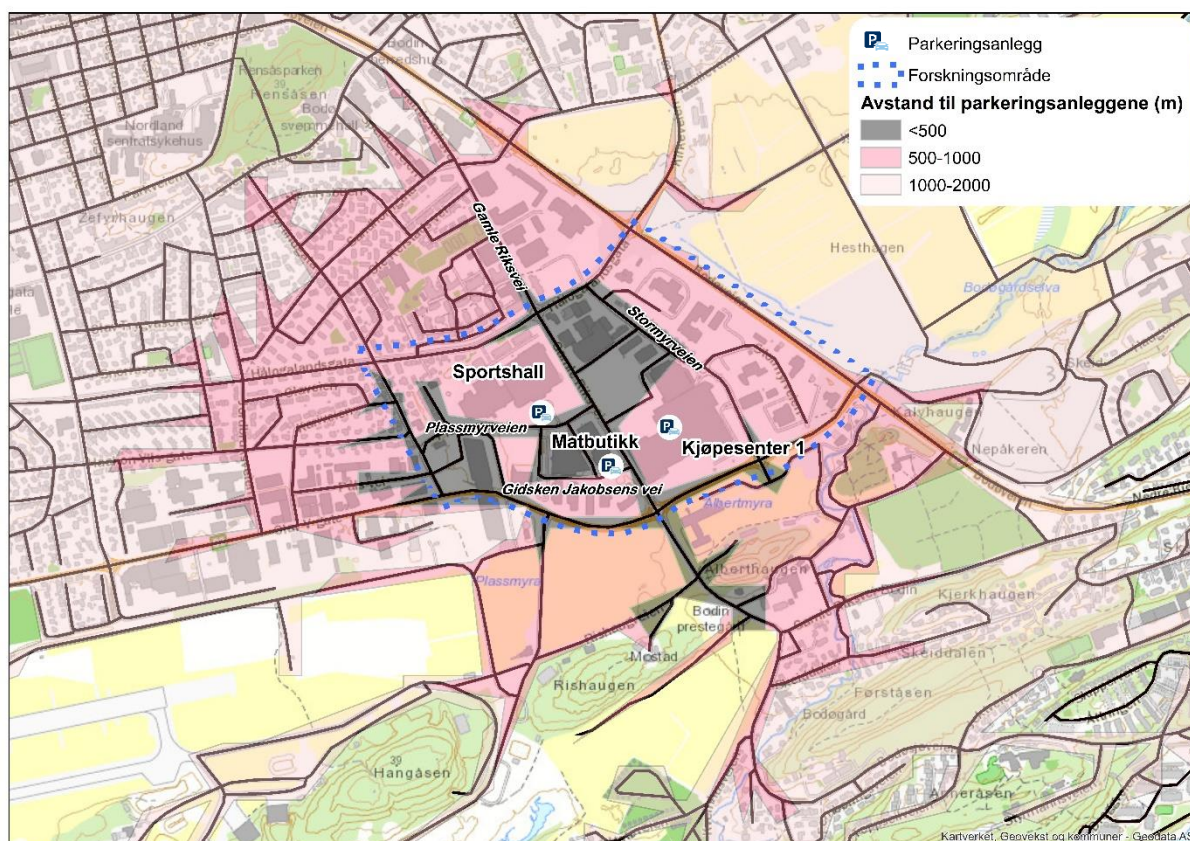
Basert på undersøkelsesdataene fra Bodø kommune blir 3 typiske parkeringsanlegg valgt ut til studiet, blant annet Kjøpesenter 1, matbutikk og sportshall. Antall parkeringsplasser i de 3 valgte parkeringsanleggene viser i Tabell 14 nedover.

	Matbutikk	Kjøpesenter 1	Sportshall
Antall parkeringsplasser	40	800	240

Tabell 14: Antall parkeringsplasser for forskningsobjektene (Kilde: Q-park og Onepark)

### 7.2.3 Innvirkningsområde

Ifølge Kapittel 7.2.1 er det over halvparten vil på under 1km-handletur til kjøpesenter til fots eller sykkel. Derfor kan det vise fakta at de som bor over 1 kilometer bort fra kjøpesenter blir mindre påvirket av trafikkstyring i forskningsområdet, dvs. de vil kjøre uansett. Så avstand under 1 km brukes som innvirkningsområdet på Figur 32 ved nettverksanalyse.



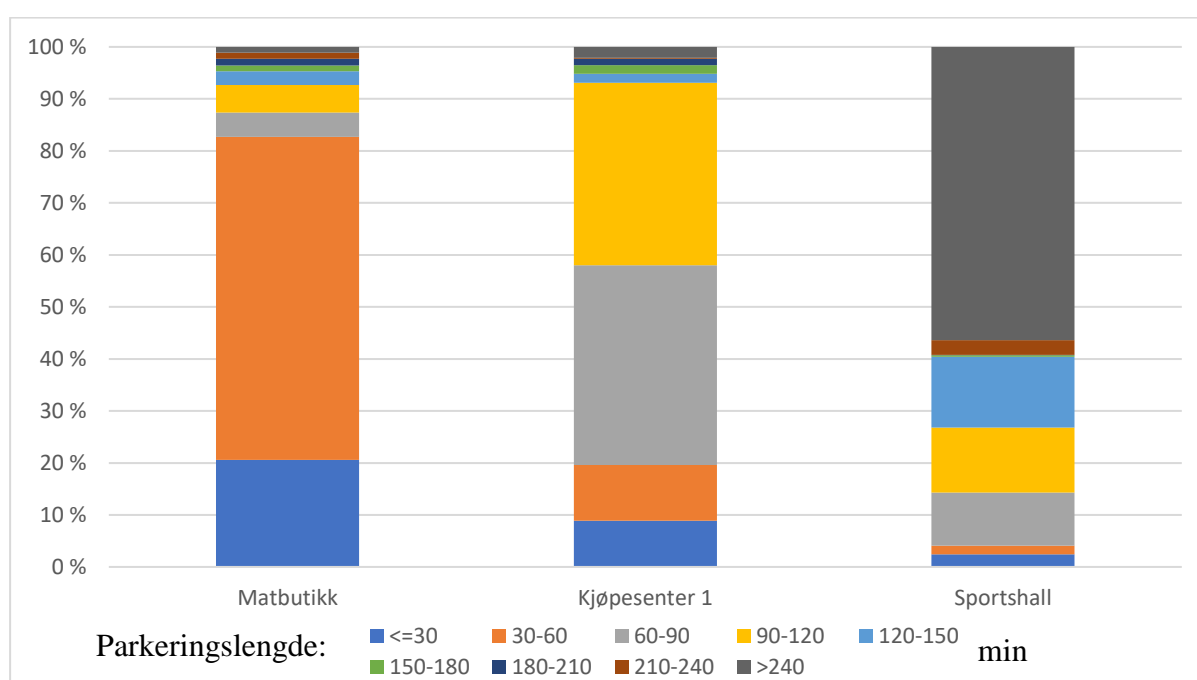
Figur 32: innvirkningsområdet ved nettverksanalyse

### 7.2.4 Egenskap av forskningsobjektene

Parkeringsvarighet for de 3 valgte parkeringsanlegg er sortert ut fra dataene til Q-park og Onepark som viser i Tabell 15 og på Figur 33 nedenfor.

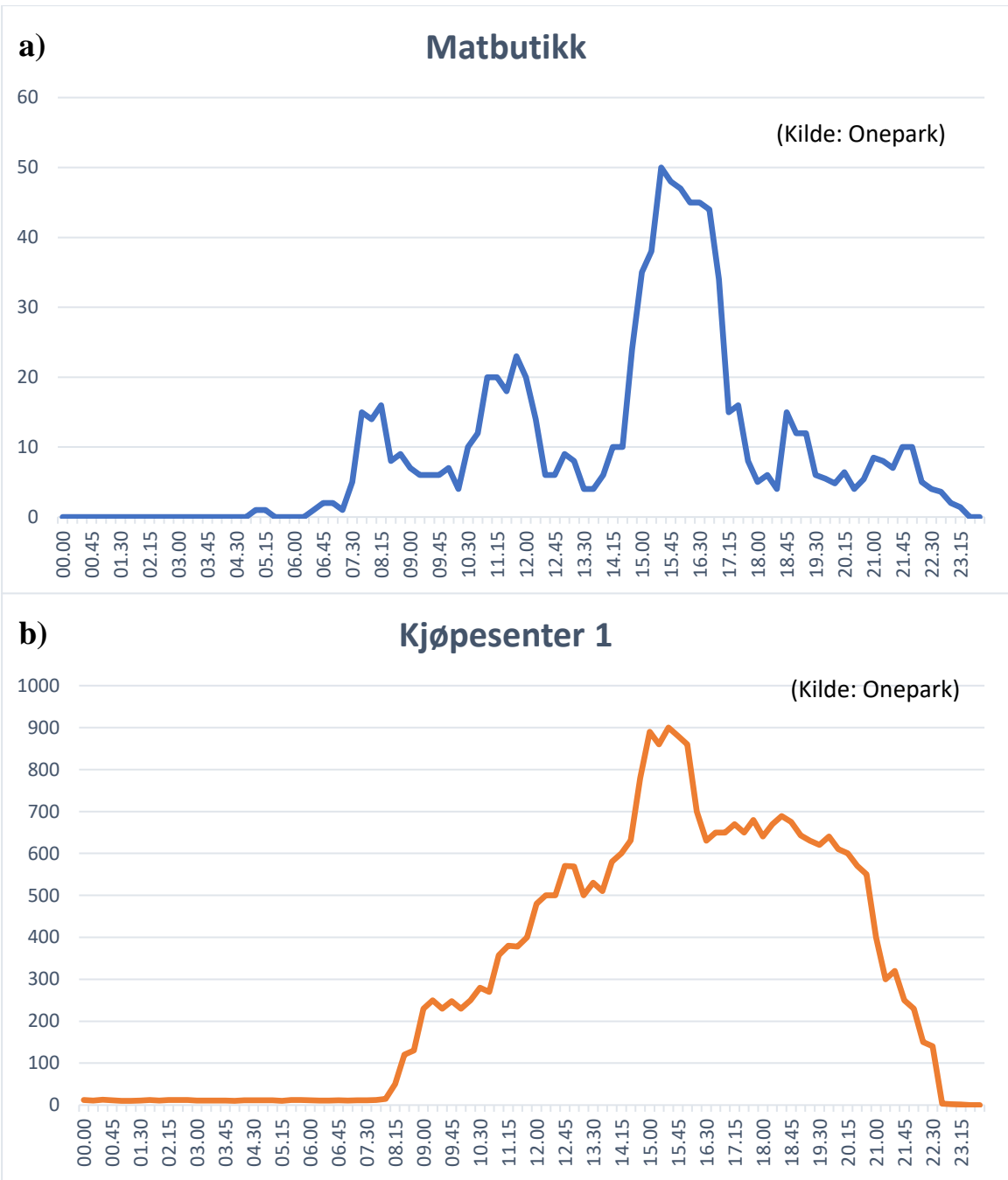
Parkeringsvarighet (min)	<=30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180	180-210	210-240	>240
Matbutikk	20,6	62,1	4,7	5,3	2,6	1,1	1,3	1,2	1,1
Kjøpesenter 1	8,9	10,7	38,4	35,1	1,7	1,7	1,2	0,2	2,1
Sportshall	2,4	1,7	10,2	12,5	13,6	0,3	0,1	2,8	56,4

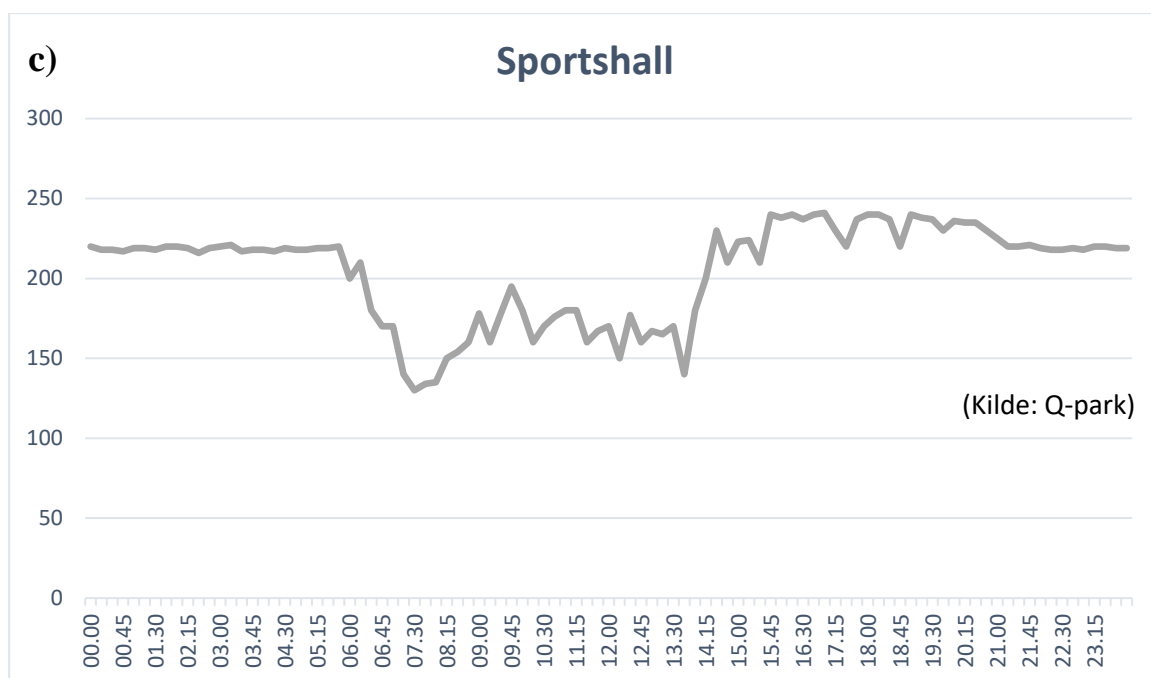
Tabell 15: Parkeringsvarighet av forskningsobjektene (Kilde: Q-park og Onepark)



Figur 33: Fordeling av parkeringsvarighet av forskningsobjektene (Kilde: Q-park og Onepark)

Parkeringselskapene teller parkeringsvarighet med tidspunkt for inn- og utkjøring ved kamerasystem for auto-skiltgjenkjenning. Med enhet av hver 15 minutter kan diagrammet om gjennomsnittlig antall biler i forskningsobjektene tidvis i første halvdel av 2018 på Figur 34 nedenfor. Det er signifikant topp mellom kl. 14:30 og kl. 16:30 på Figur 34 a) og b) på grunn av handletur ved hjemreiser. Men på Figur 34 c) er det fleste biler som parkerer der for overnatting fordi på bak siden av sportshallen er det flere blokker som mangler parkeringsplasser for gjester eller ekstra biler.





**Figur 34: Gjennomsnittlig antall biler i forskningsobjektene tidvis i første halvdel av 2018**

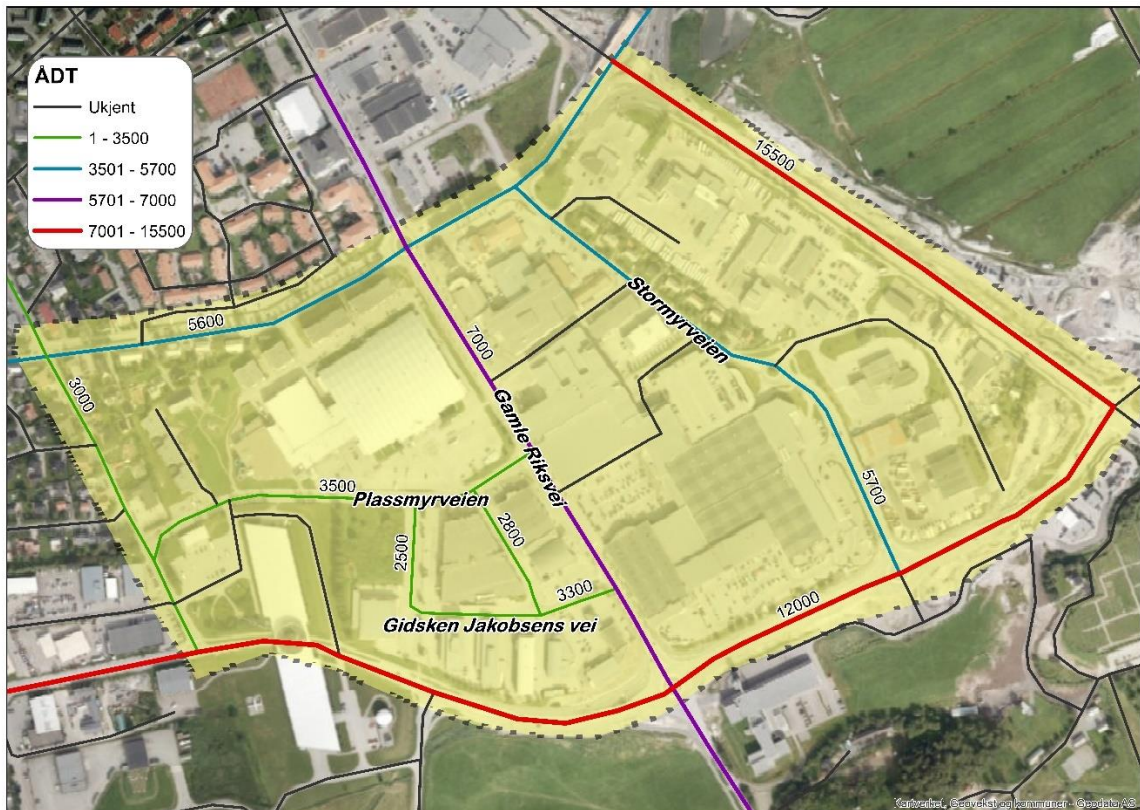
I tråd med metoden i kapittel 3.3 kan egenskap av forskningsobjektene beregnes. Som det fremgår av Tabell 16 nedenfor, er metningsgraden til 2 av parkeringsanleggene større enn 1 i rushtiden mellom kl. 14:30-16:30, hvorav metningsgraden til parkeringsanlegget ved matbutikken er så høy som 1,4. Det indikerer at parkeringsanlegget ved matbutikken er i veldig stor etterspørsel i rushtiden.

	Rushtidens metningsgrad (hver 15 min)	Parkeringsomsetningshastighet (gange/parkeringsplass)	Gjennomsnittlig parkeringsvarighet (min)
Mat-butikk	1,4	2,9	47
Kjøpesenter 1	1	2,2	77
Sportshall	0,76	0,83	243

**Tabell 16: Egenskap av forskningsobjektene**

## 7.2.5 Vegforhold til lokalt vegnett

Trafikkmengden i forskningsområdet blir hentet ut fra NVDB og Bodø kommune, som viser på Figur 35, og vegforhold til vegnettet som kobles til de valgte parkeringsanleggene viser i Tabell 17.



Figur 35: Trafikkmengden (ÅDT) i forskningsområdet

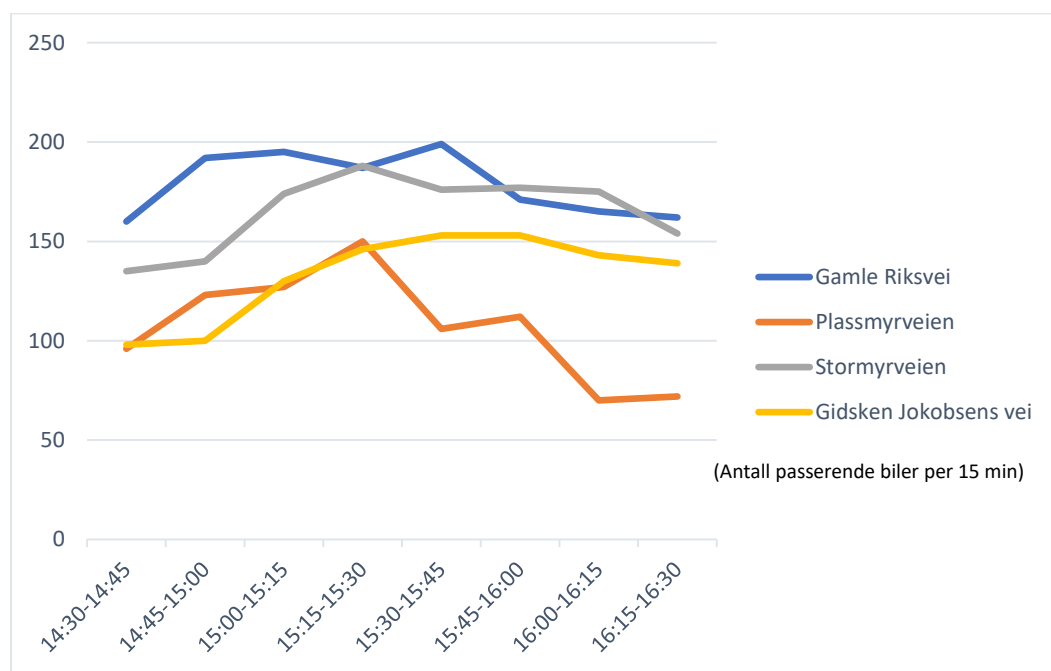
	Vegkategori til tikoblet byens vegnett	Antall felt	Trafikkmengde (ÅDT)	Vegbredde (m)	Bredde av parkeringsinn-/utgang (m)	Antall parkeringsinn-/utgang
Matbutikk	Kommunevei	2	3300/2800	5,5/6	6,5/5,2	2

<b>Kjøpesenter 1</b>	Primær kommunevei og kommunevei	2+2 sykkel felt	7000/5700	15/6,5	5,7/6,5/9,5/14	4
<b>Sportshall</b>	Kommunevei	2	3500	6,3	11/11,5	2

**Tabell 17: Vegforhold til tilkoblet byens vegnett (Kilde: NVDB og Bodø kommune, og bredden måles iht. flybilde fra Norge i bilder)**

### 7.2.6 Hvoedtrekk av rushtidens trafikkstrømmer

Antall passerende biler på Gamle Riksvei, Plassmyrveien, Stormyrveien og Gidsken Jokobsens ble registrert manuelt i rushtiden mellom kl. 14:30-16:30 (Vedlegg 4). Og fordelingen av trafikkmengde på hver 15 min kan dermed vise på Figur 36 nedenfor.



**Figur 36: Trafikkmengden i rushtiden**

### 7.2.7 Hvoedtrekk av rushtidens trafikkstrømmer inn/ut av parkeringsanlegg

Antall gjennomsnittlige inn-/utkjøringer ble tellet av kamerasystem for auto-skiltgjenkjenning i rushtiden mellom kl. 14:30-16:30 med 5-minutters intervall.



- 1) Ved beregning av varians  $S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{k=0}^g (k - m)^2 f_k$  og forventning  $m = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^g k f_k$  oppsummeres verdien av  $S^2/m$  for å finne tilsvarende fordeling og regel.
- 2) Velger parameter
- 3) Bestemmer fordelingstetthet av inn-/utkjøringer av parkeringsanlegg.

Kjøpesenter 1		Matbutikk		Sportshall	
Antall innkjøring	Frekvens $f_k$	Antall innkjøring	Frekvens $f_k$	Antall innkjøring	Frekvens $f_k$
1	0	1	1	1	0
2	0	2	1	2	6
3	0	3	1	3	5
4	0	4	2	4	4
5	0	5	1	5	3
6	1	6	4	6	2
7	4	7	4	7	2
8	2	8	3	8	1
9	4	9	5	9	0
10	1	10	1	10	1
11	3	11	4	11	0
12	2	12	0	12	0
13	2	13	1	13	0
14	3	14	1	14	0
15	2	15	0	15	0
>15	1	>15	0	>15	0

Tabell 18: Antall gjennomsnittlige innkjøringer i rushtiden mellom kl. 14:30-16:30 med 5-minutters intervall (Kilde: Q-park og Onepark)

Kjøpesenter 1		Matbutikk		Sportshall	
Antall utkjøring	Frekvens $f_k$	Antall utkjøring	Frekvens $f_k$	Antall utkjøring	Frekvens $f_k$
1	0	1	0	1	1
2	0	2	1	2	5
3	0	3	3	3	5
4	4	4	4	4	4
5	2	5	4	5	3
6	3	6	4	6	2
7	3	7	2	7	2
8	1	8	2	8	2
9	3	9	1	9	0
10	1	10	0	10	0
11	2	11	1	11	0
12	2	12	0	12	0
13	0	13	0	13	0
14	3	14	0	14	0
15	1	15	0	15	0
>15	0	>15	0	>15	0

Tabell 19: Antall gjennomsnittlige utkjøringer i rushtiden mellom kl. 14:30-16:30 med 5-minutters intervall (Kilde: Q-park og Onepark)

	Kjøpesenter 1		Matbutikk		Sportshall	
	Innkjøring	Utkjøring	Innkjøring	Utkjøring	Innkjøring	Utkjøring
<b>Varians</b>	6,29	11,87	11,36	6,2	4,71	4,11
<b>Forventning</b>	10,46	8,29	7,3	5,87	4,25	4,12
$S^2/m$	0,6	1,43	1,54	1,05	1,1	0,99

Tabell 20: Varians, forventning og  $S^2/m$  av de valgte parkeringsanleggene

Fra Tabell 20 er verdien av  $S^2/m$  til matbutikk sin utkjøring og sportshall sin inn-/utkjøring nærmere til 1, og derfor kan Poisson-fordeling brukes til å simulere.

### 7.3 Dagens konflikt i parkeringsanlegg

Det er noen felles problemer på forskningsobjektene ved befaringer og trafikkmodellering:

- 1) Utkjøring av parkeringsanlegget forstyrrer trafikken på lokalt vegnett. Vanligvis har trafikkstrømmer på vegnettet forkjørsrett når de treffer utkjøringen. Det er bare når tidsluke mellom kjøretøy på vegnettet er stor nok, kan utkjøringen samles inn i vegnettet, men dette medfører reduisering av farten på vegnettet.
- 2) Antall parkerte biler varierer med tiden, særlig som parkeringsanlegg i Kjøpesenter 1 og ved matbutikken.
- 3) De gående og syklende har mye påvirkning på trafikkstrømmer i parkeringsanlegg.
- 4) Urimelig utforming av parkeringsanlegg forårsaker mange flaskehalsar og enda uhell.
- 5) Noen av parkeringsanleggene tar lite hensyn til folkestrømmer på fortau som skal krysse parkingsinn-/utgang.

### 7.4 Optimalisering av dagens trafikk

#### 7.4.1 Forslag til parkeringsinn-/utgangslengde

I tråd med metoden i Kapittel 4.2.6 kan forslag til trygg lengde av parkeringsinn-/utgang være i Tabell 21 nedenfor.

	Kjøpesenter 1	Matbutikk	Sportshall
<b>Den minste lengden målt fra flybilder på <a href="https://www.norgeibilder.no/">https://www.norgeibilder.no/</a></b>	89	15	26
<i>Forslag til trygg lengde</i>			
<b>Parkeringsinngang</b>	57	14	15

<b>Parkeringsutgang</b>	78	8	10
<b>Parkeringsinn-/utgang</b>	78	14	15

Tabell 21: Vurdering av parkeringsinn-/utgangslengde (enhet: m)

Ved å sammenligne lengdeverdien på tabellen ovenfor konkluderes det med at lengden av parkeringsinn-/utgang tilfredsstiller forslagene.

#### 7.4.2 Forslag til avstand mellom parkeringsinn-/utganger

Parkeringsanlegget ved sportshallen er med relativt lavere omsetningshastighet, og dets kapasitet over 200. Ifølge metoden i Kapittel 4.3, antatt at gjennomsnittlig lengde av kjøretøy er 5,8 m, alle biler kan holde fartsgrense 30 km/t med stor nok tidsluke slik at kjøretøy ut fra parkeringsanlegget kan kjøre 30 km/t på vegnettet, trygg avstand mellom 2 kjøretøy er ca. 3 m på grunn av lav hastighet og akselerasjon er 1 m/s<sup>2</sup>. Den minste bredden av parkeringsinn-/utgang (se Tabell 17) skal brukes som 11 m. I tråd med formelen (4.19) kan avstand mellom parkeringsinn-/utganger fås:

$$L_{min} = \frac{V_1^2}{3.6^2 \cdot 2a_1} + \frac{(V_1+V_2)V_2}{3.6^2 \cdot 2a_2} + L_0 + L_c - \frac{V_2^2}{3.6^2 \cdot 2a_2} - 2w = 54 \text{ m} < 125 \text{ m (målt fra flybilder på } \text{https://www.norgeibilder.no/}).$$

På den samme måten kan resultatet av avstand mellom hver parkeringsinn-/utganger ved Kjøpesenteret 1 fås:

$$L_{min} = \frac{V_1^2}{3.6^2 \cdot 2a_1} + \frac{(V_1+V_2)V_2}{3.6^2 \cdot 2a_2} + L_0 + L_c - \frac{V_2^2}{3.6^2 \cdot 2a_2} - 2w = 64 \text{ m} < 90 \text{ og } 98 \text{ m (målt fra flybilder på } \text{https://www.norgeibilder.no/}).$$

Fra resultatene av beregningene er det rimelig for avstand mellom parkeringsinn-/utganger ved sportshallen og Kjøpesenter 1.

#### 7.4.3 Forbedringsforslag til trafikkstyring

##### 1) Kjøpesenteret 1

En av parkeringsinn-/utgangene er koblet til Gamle Riksvei, en primær kommunevei med stor trafikk av gange, sykkel og kjøretøy der det også ligger et viktig knutepunkt til bybuss. Med hensyn av trafiksikkerhet og veiens fremkommelighet anbefales det å

endre privat vei i Kjøpesenteret 1 til ensidig vei, m.a.o. Gamle Riksvei inn og Stormyrveien ut. På den måten kan mer ressurser reserveres for knutepunktet og bybuss.

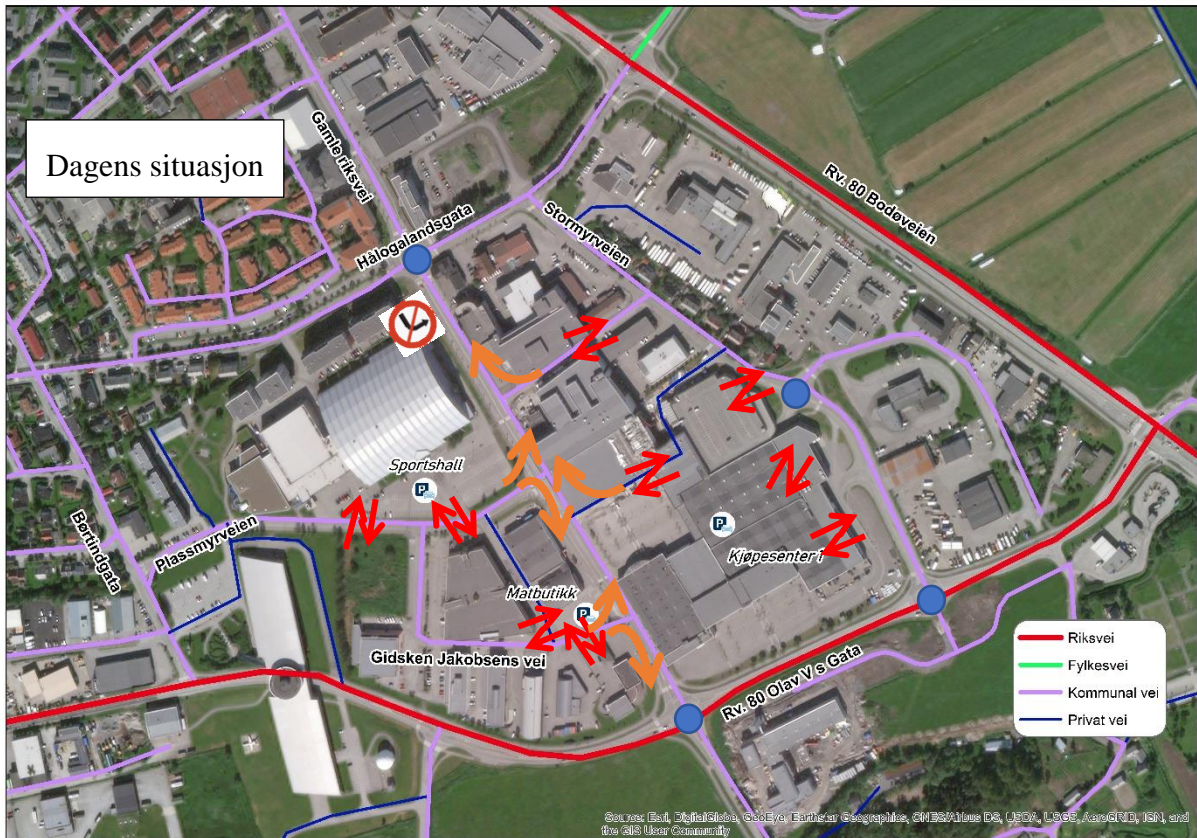
## 2) Matbutikk

Arealet til parkeringsanlegget er lite med høy utnyttelsesgrad og omsetningshastighet, men lengden av parkeringsinn-/utgangen er svært kort. Det medfører dermed lang kø og stor mangel på parkeringsplasser i rushtiden. En av parkeringsinn-/utgangene er koblet til Gisken Jakobsens vei, kommunevei der det er veldig nærmere til krysset med Gamle Riksvei. Det anbefales å endre denne parkeringsinn-/utgangen til kun innkjøring, og tillate kun høyresving på Gisken Jakobsens vei ved krysset med Gamle Riksvei.

## 3) Sportshall

Selv om denne parkeringsplassen ikke har mye parkeringskonflikt, kan parkeringsinn-/utgangene omreguleres slik at en stor del av trafikkstrømmene kan splittes mot vest istedenfor.

Ved forslag nedover er det flere konfliktpunkter blir løst. Og effekten skal studeres i følgende kapittel.

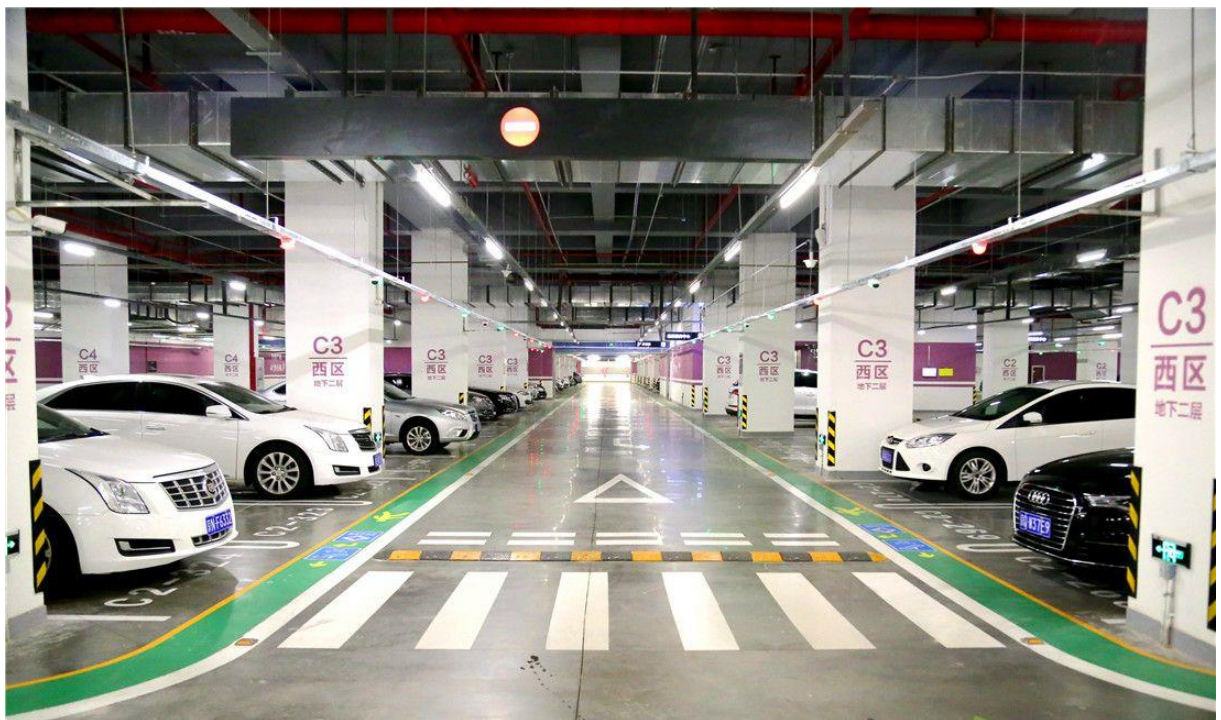


Figur 37: Forbedringsforslag til trafikkstyring

#### 7.4.4 Forslag til sikkerhetstiltak for gang og sykkel

Gående og syklende trafikk er fleksibel og usikker. Spesielt i rushtiden vil mange tilfeldige konfliktpunkter bli lagt til slik at det påvirker normal trafikk. Derfor bør sikkerhetstiltak for gang og sykkel være de følgende punktene:

- 1) Særlig for det store parkeringsanlegget i kjøpesenteret, bør G/S-felt og opphøyd felt krysser kjørebane vurderes med synlig vegoppmerking, som et eksempel av vegoppmerking for gange og sykkel viser på Figur 38 nedenfor.



Figur 38: Et eksempel av vegoppmerking for gange og sykkel (Qianlong, 2017)

- 2) Fotgjengerovergang på lokalt vegnett bør være lang bort fra parkeringsinn-/utgang. For vei med flere felt eller høy trafikkmengde, f.eks. Gamle riksvei bør undergang eller gangbru vurderes over/under knutepunkt.
- 3) Fotgjengerovergang som krysser parkeringsinn-/utgang bør være synlig, eventuell opphøyd felt.
- 4) Det må tas hensyn til global utforming.

## 7.5 Simulering og evaluering av forbedringsforslag

### 7.5.1 Simulering

Med ovennevnte forbedringsforslag kan trafikkstyringen simuleres i Aimsun Next. Resultatet av hvert og samlet tiltak i rushtiden mellom kl. 14:30 – 16:30 som viser i Tabell 22 nedenfor:

	ÅDT på tilkoblet byens vegnett	Dagens gjennomsnittlige forsinkelse (min)	Gjennomsnittlig forsinkelse etter styring (min)
<b>Kjøpesenter 1</b>	7000/5700	5,6/2,7	3/3,3
<b>Matbutikk</b>	3300/2800	5,8/0,9	2,1/1,2
<b>Sportshall</b>	3500	2,3	1,8
<b>Samlet</b>	7000/5700/ 3300/2800/3500	5,6/2,7/5,8/0,9/2,3	2,2/3,2/1,9/1,4/2,1

Tabell 22: Resultat til simulering av trafikkstyring i handelsparken

Som det fremgår av tabelldataene ovenfor, reduseres forsinkelsen vesentlig. Det er på grunn av at trafikkstrømmene blir jevnt fordelt til hver enkelt vei og ledet ut av forskningsområdet med forskjellige retninger.

### 7.5.2 Evaluering

Ifølge indekssystemet i Kapittel 5.3 kan evalueringsgrunnlagene av de valgte parkeringsanleggene normalisert i Tabell 23 og datasett (5.7) nedenfor:

	Kjøpesenter 1	Matbutikk	Sportshall	Samlet
<b>C<sub>1</sub></b>	0,8	0,6	0,4	0,6
<b>C<sub>2</sub></b>	0,6	0,7	0,8	0,67
<b>C<sub>3</sub></b>	0,11	0,09	0,12	0,11



$C_4$	0,89	0,89	0,83	0,86
$C_5$	0,89	0,89	0,83	0,89
$C_6$	0,8	0,6	0,4	0,71
$C_7$	0,48	0,34	0,22	0,33
$C_8$	0,27	0,22	0,18	0,24
$C_9$	0,5	0,37	0,5	0,45
$C_{10}$	0,95	0,96	0,87	0,92
$C_{11}$	0,6	0,8	0,8	0,8

Tabell 23: Evalueringsindikator av de valgte parkeringsanleggene

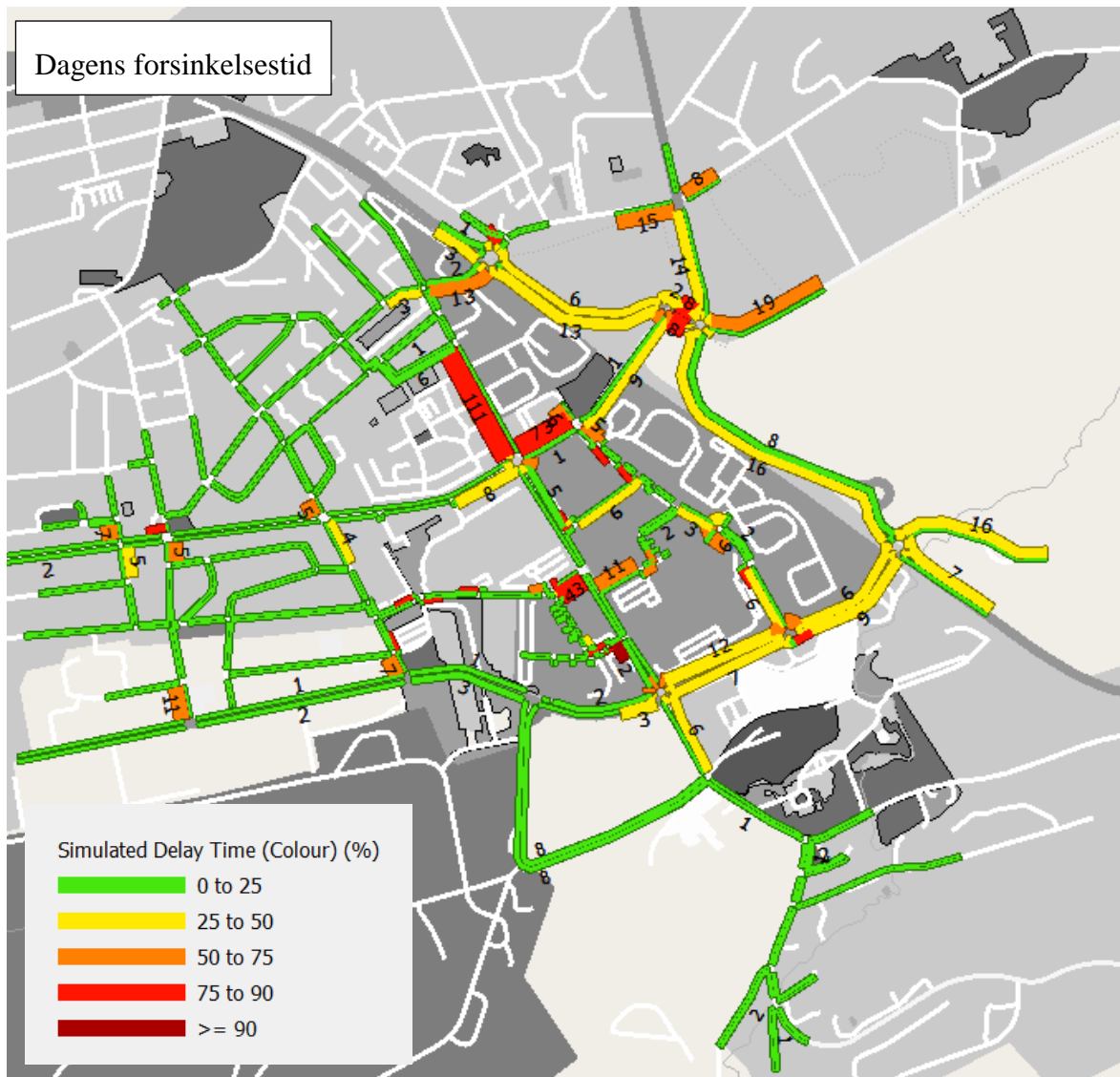
$$R = \begin{bmatrix} & M_{Kjøpesenter\ 1} & M_{Matbutikk} & M_{Sportshall} & Samlet \\ C_1 & 0,8 & 0,6 & 0,4 & 0,6 \\ C_2 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,67 \\ C_3 & 0,11 & 0,09 & 0,12 & 0,11 \\ C_4 & 0,89 & 0,89 & 0,83 & 0,86 \\ C_5 & 0,89 & 0,89 & 0,83 & 0,89 \\ C_6 & 0,8 & 0,6 & 0,4 & 0,71 \\ C_7 & 0,48 & 0,34 & 0,22 & 0,33 \\ C_8 & 0,27 & 0,22 & 0,18 & 0,24 \\ C_9 & 0,5 & 0,37 & 0,5 & 0,45 \\ C_{10} & 0,95 & 0,96 & 0,87 & 0,92 \\ C_{11} & 0,6 & 0,8 & 0,8 & 0,7 \end{bmatrix}$$

Gitt at vekten til forskjellige indikatorer er 1.

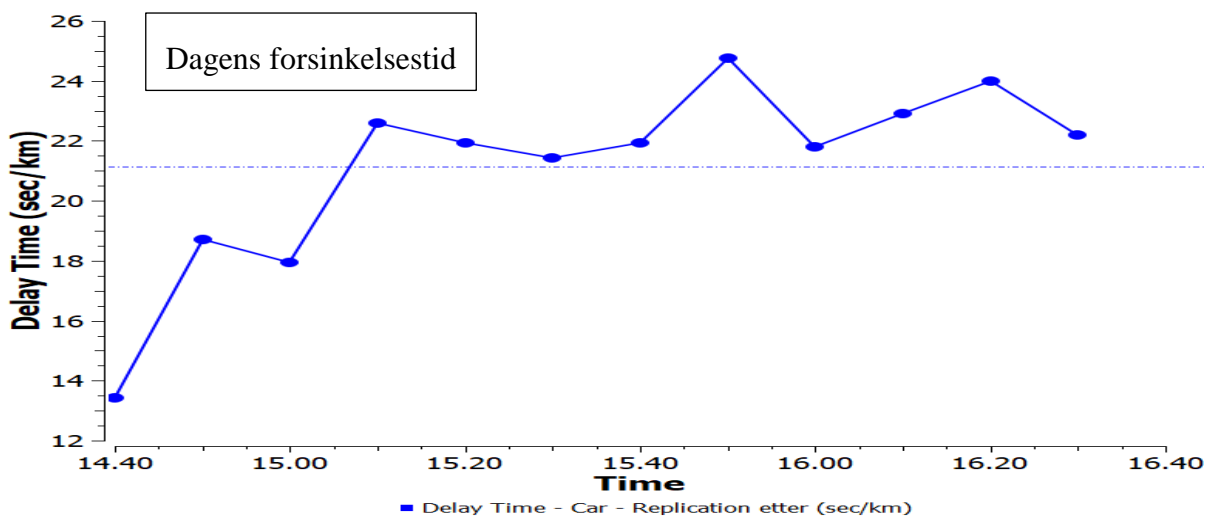
	Total	Rangering
$M_{Kjøpesenter\ 1}$	6,89	1
$M_{Matbutikk}$	6,46	3
$M_{Sportshall}$	5,95	4
Samlet	6,58	2

Tabell 24: Samlet evaluering av de valgte parkeringsanleggene

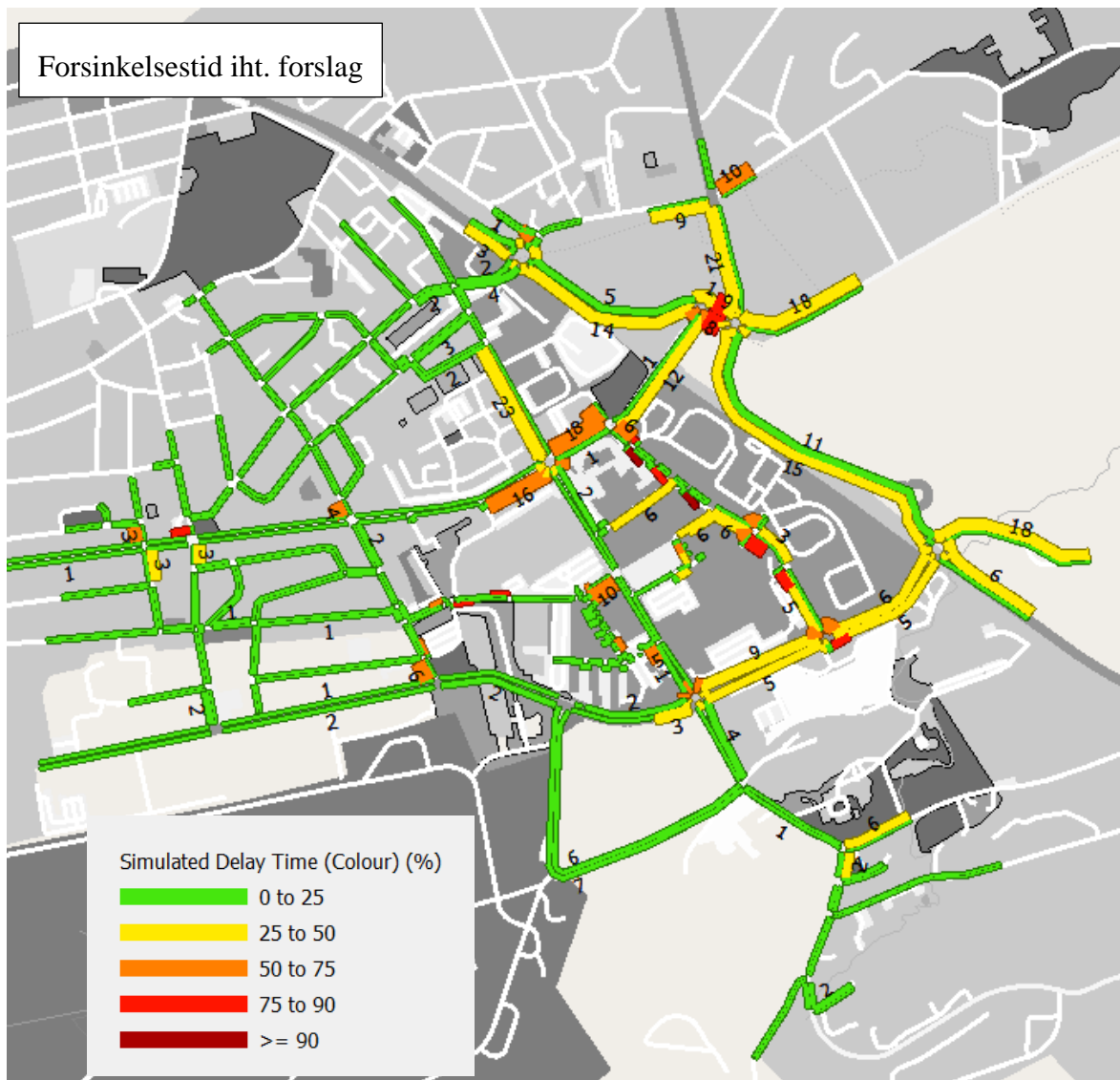
Forbedring om områdets trafikforhold viser på Figur 39- 56 nedenfor.



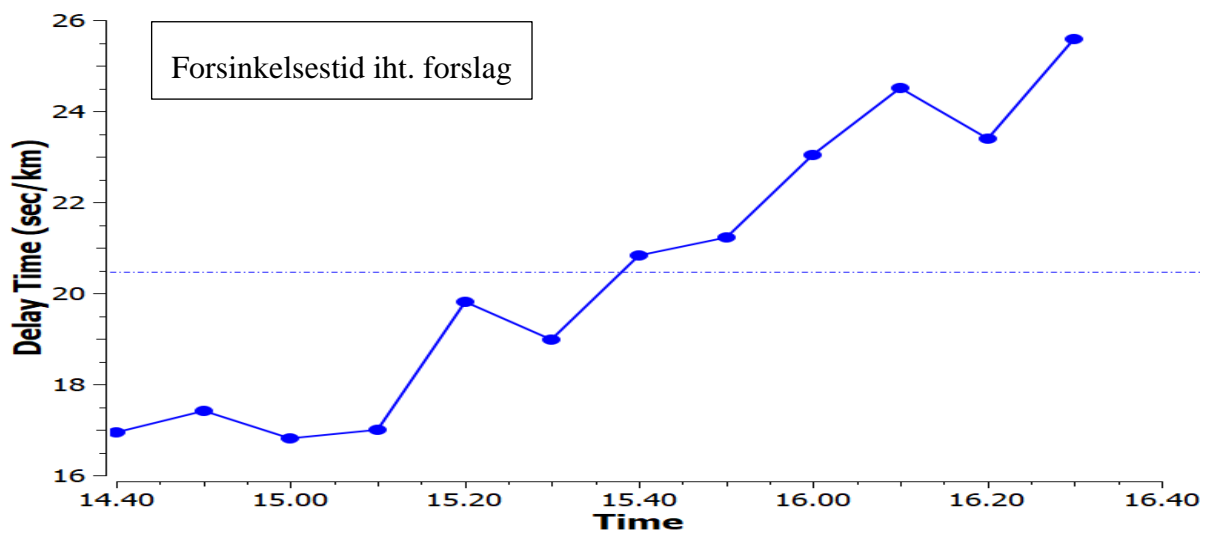
Figur 39: Innvirkningsområdets forsinkelsestid før trafikstyring i rushtiden kl. 15:30



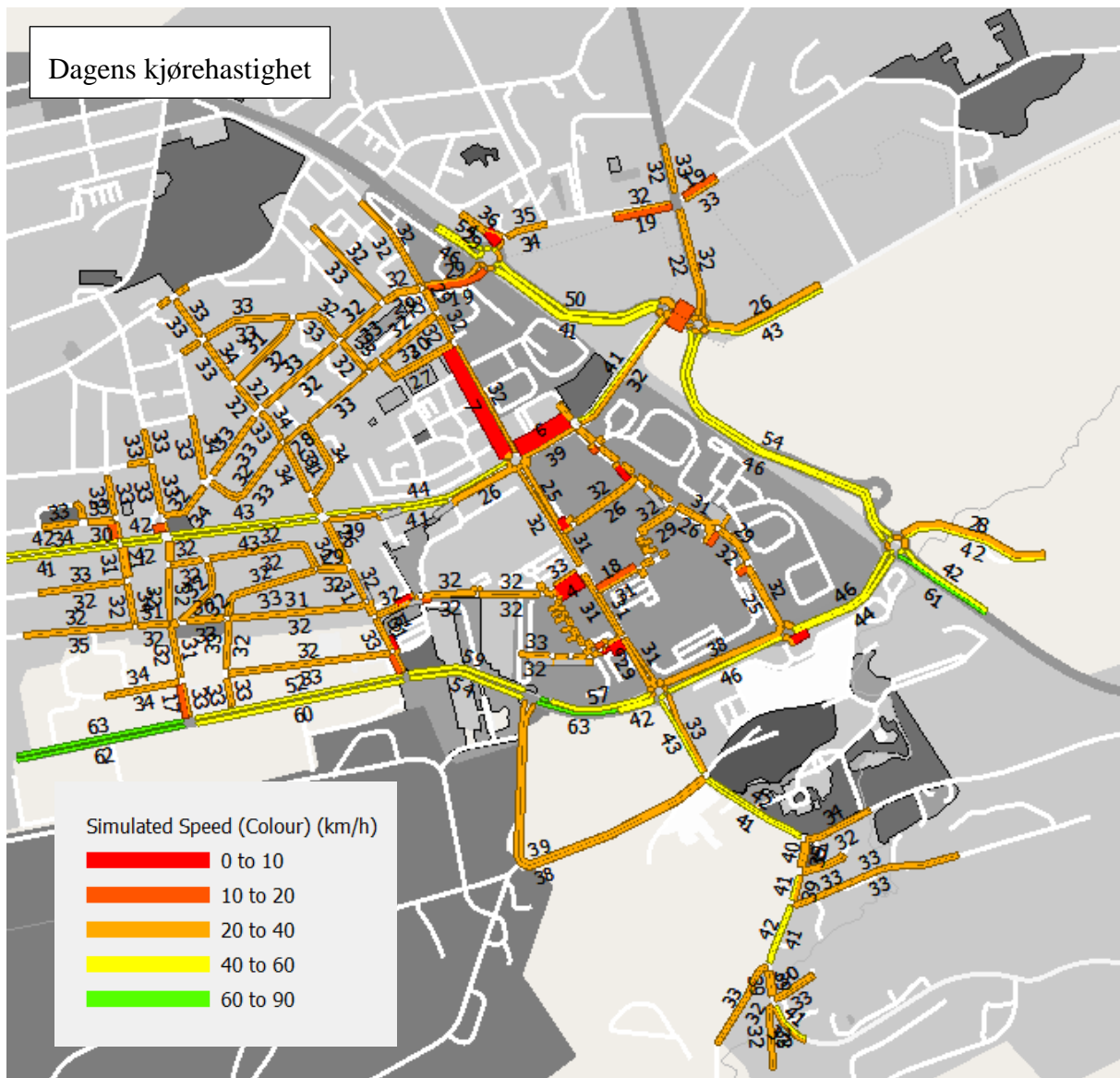
Figur 40: Innvirkningsområdets forsinkelsestid før trafikstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



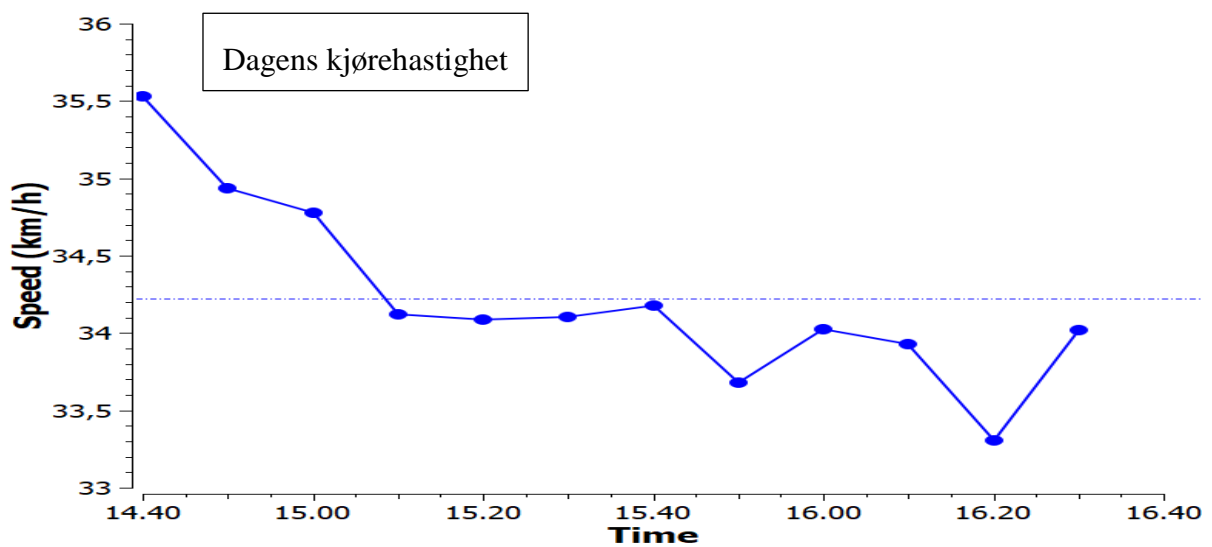
Figur 41: Innvirkningsområdets forsinkelsestid iht. samlet forslag i rushtiden kl. 15:30



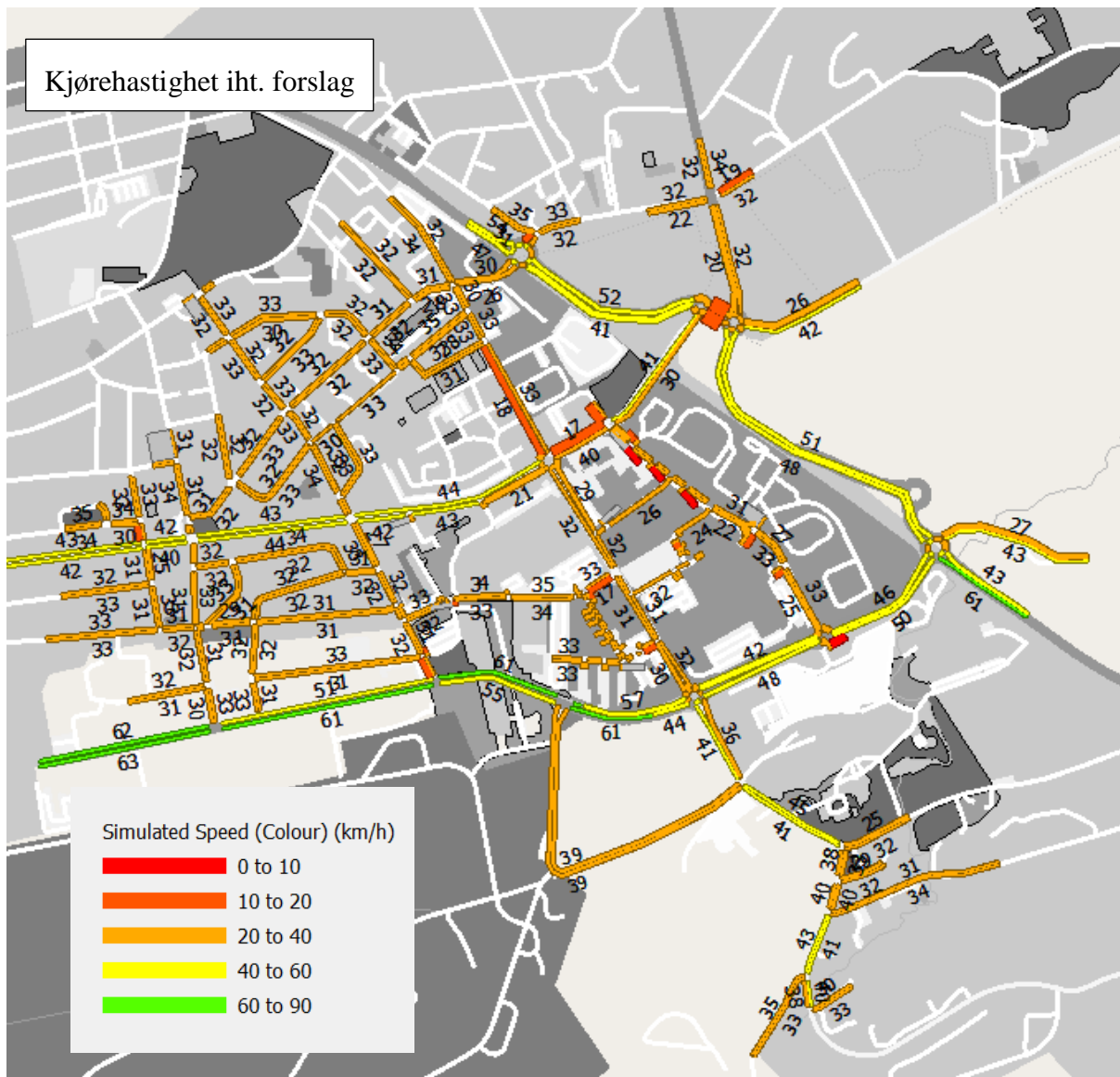
Figur 42: Innvirkningsområdets forsinkelsestid iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30– 16:30



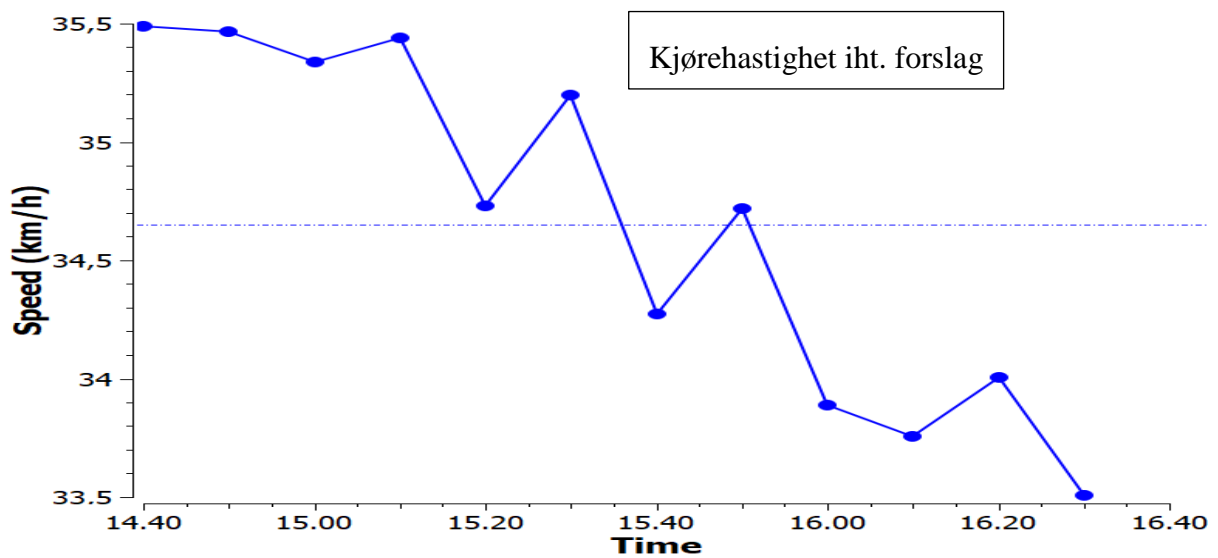
Figur 43: Innvirkningsområdets kjørehastighet før trafikkstyring i rushtiden kl. 15:30



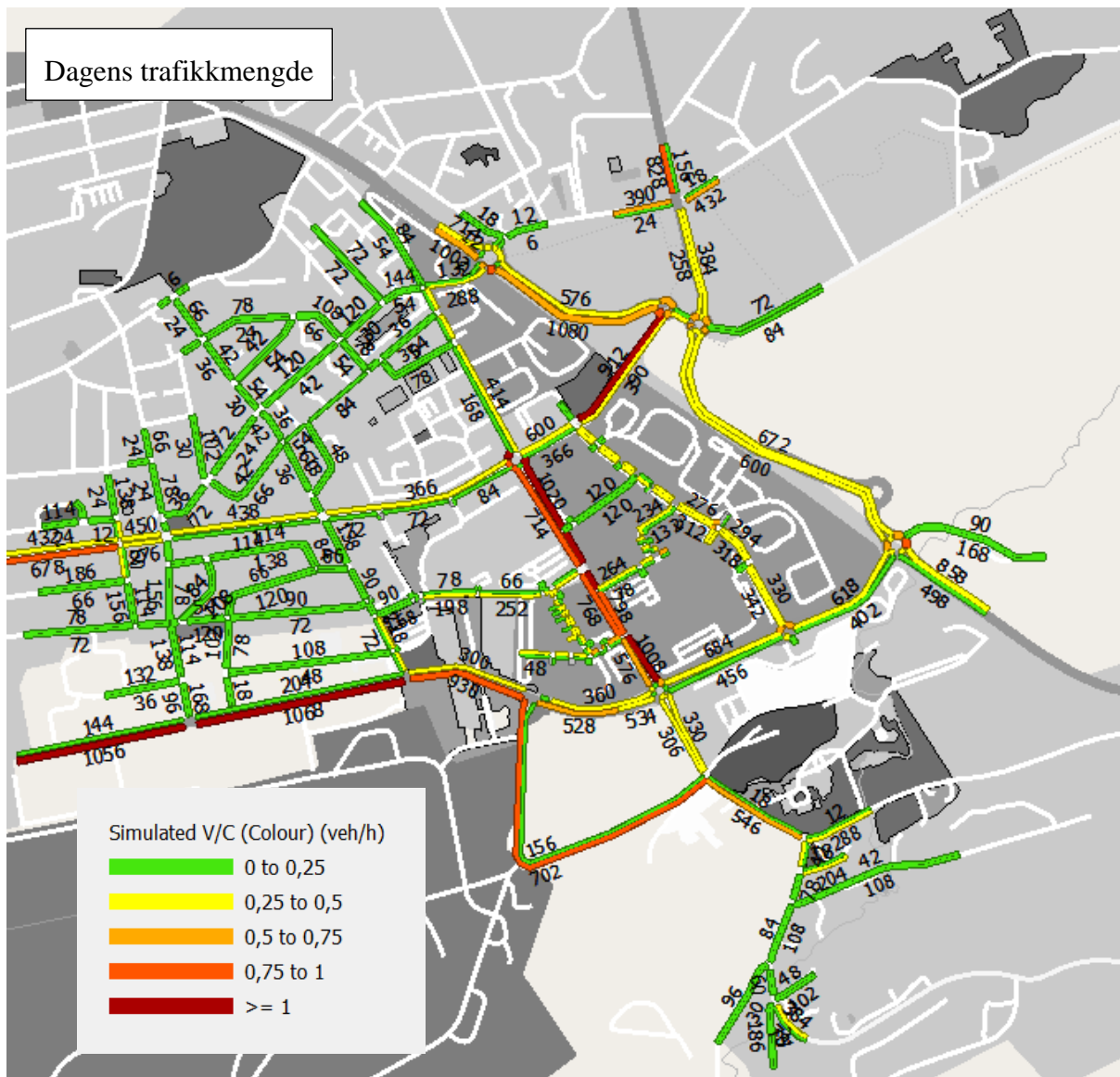
Figur 44: Innvirkningsområdets kjørehastighet før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



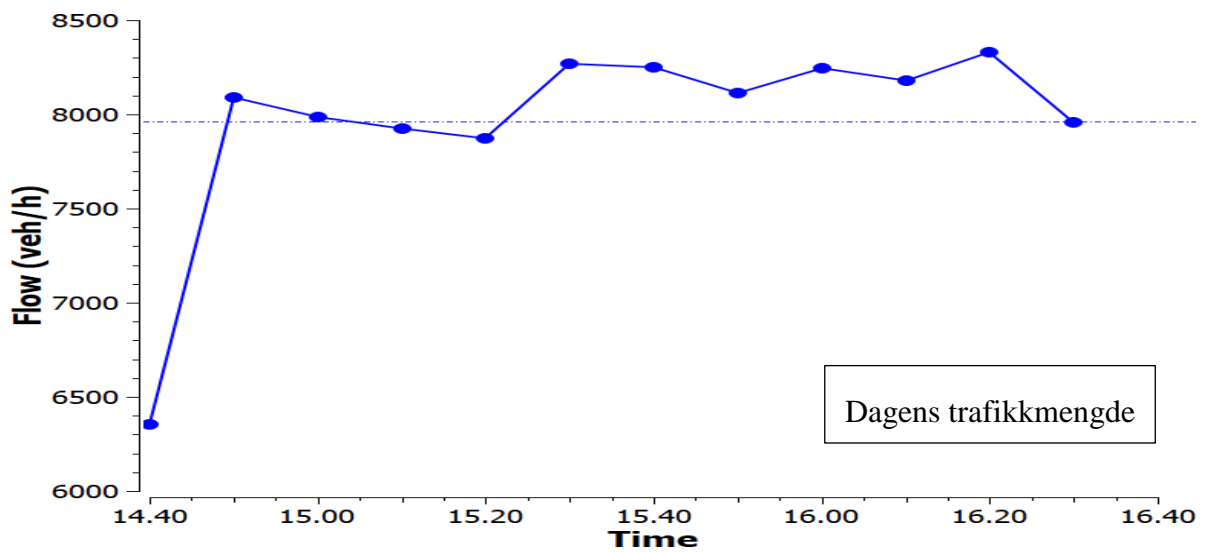
Figur 45: Innvirkningsområdets kjørehastighet iht. samlet forslag i rushtiden kl. 15:30



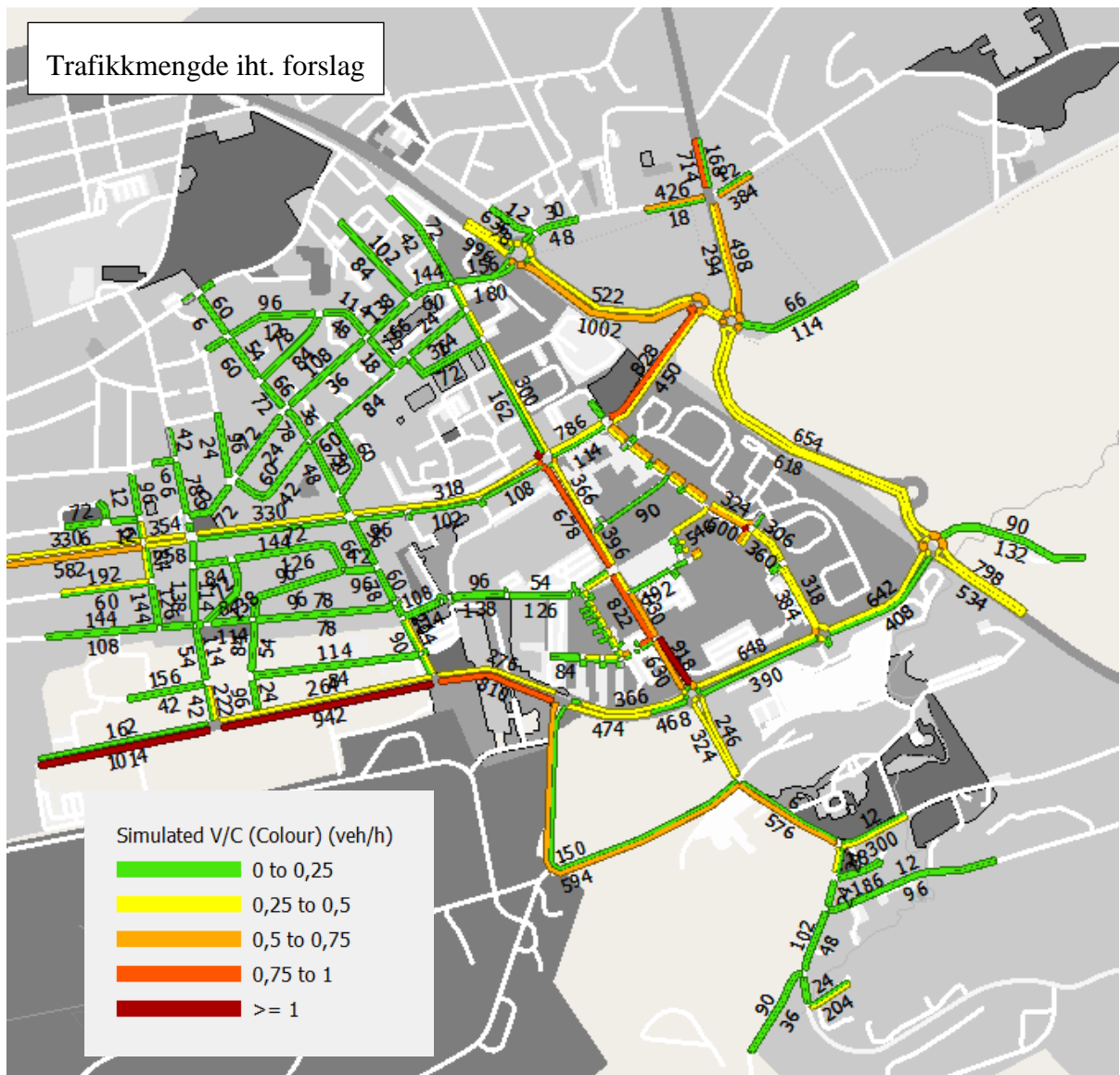
Figur 46: Innvirkningsområdets kjørehastighet iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



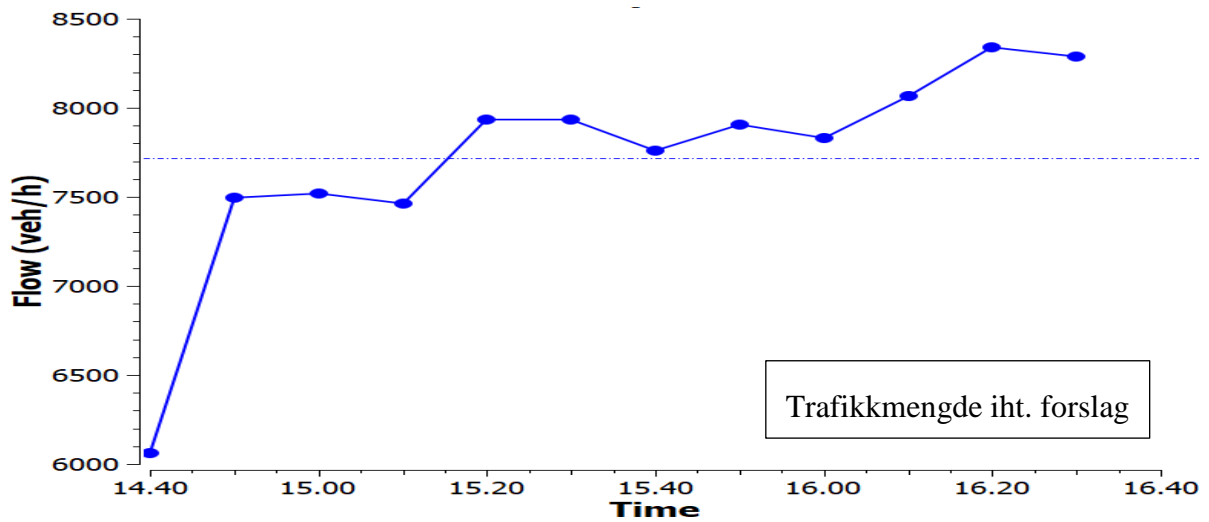
Figur 47: Innvirkningsområdets trafikkmengde før trafikkstyring i rushtiden kl. 15:30



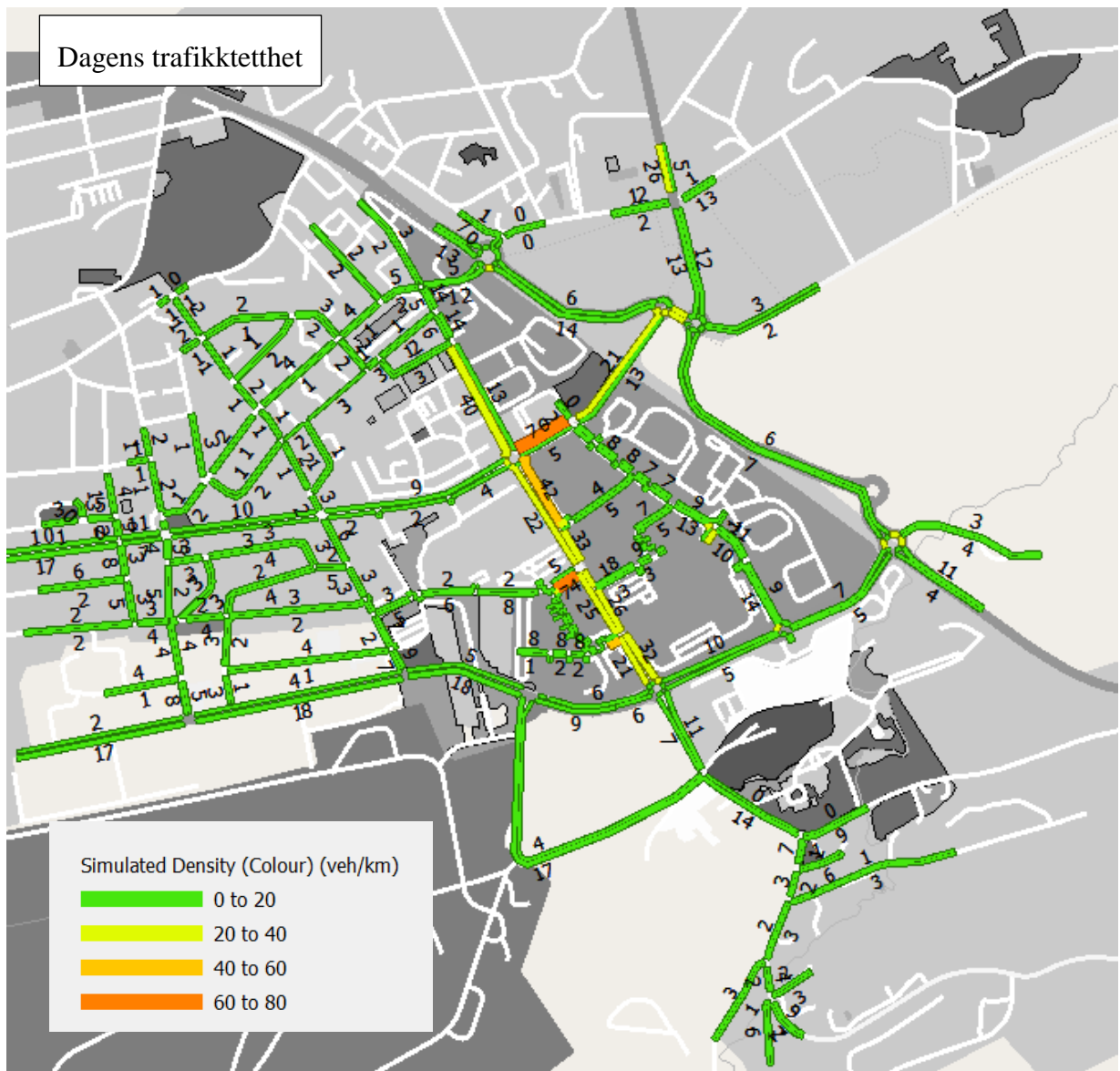
Figur 48: Innvirkningsområdets trafikkmengde før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



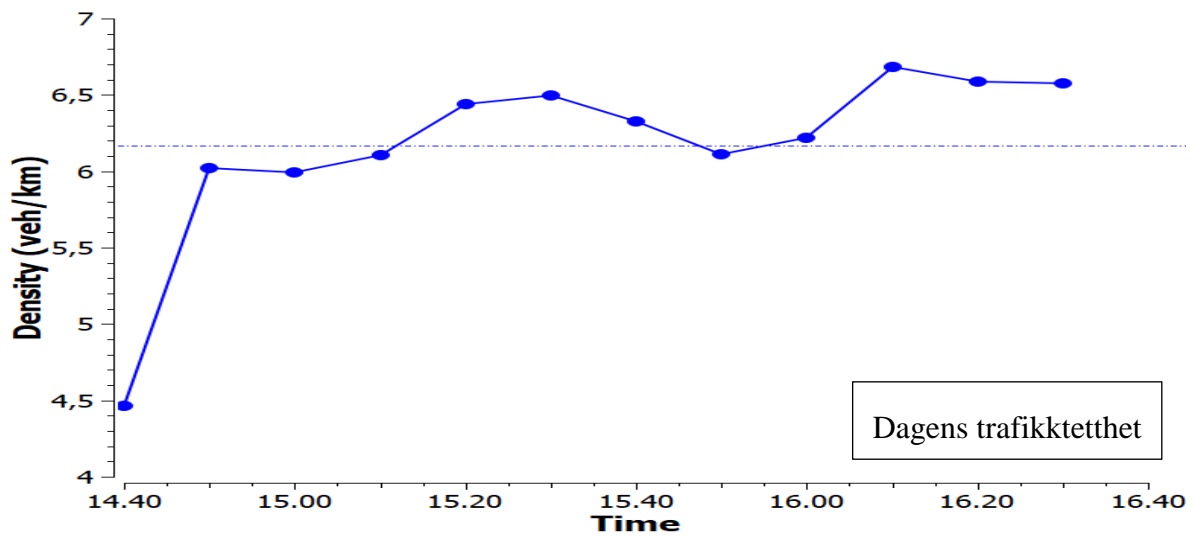
Figur 49: Innvirkningsområdets trafikkmengde iht. samlet forslag i rushtiden kl. 15:30



Figur 50: Innvirkningsområdets trafikkmengde iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30

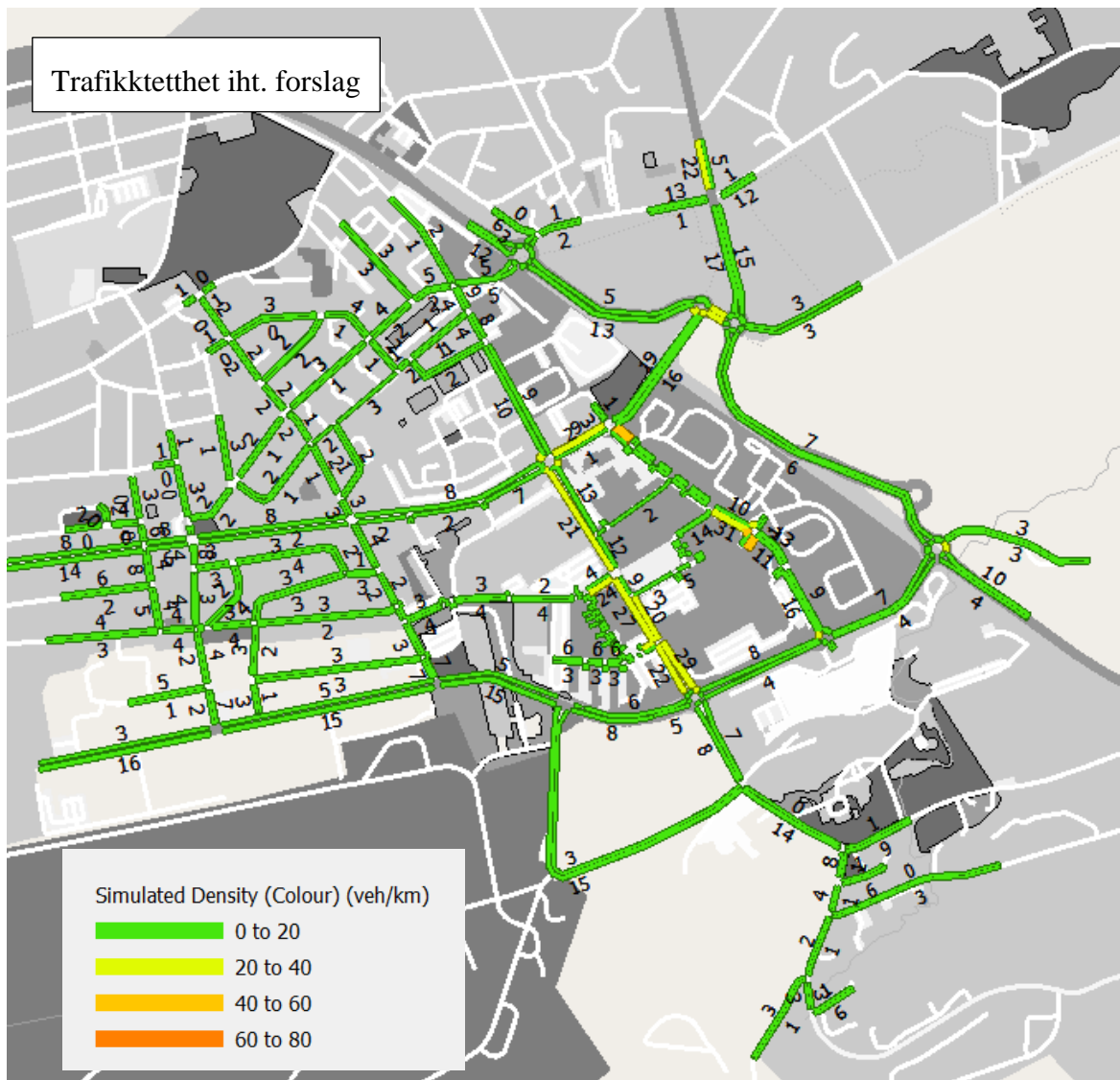


Figur 51: Innvirkningsrådets trafikk tetthet før trafikkstyring i rushtiden kl. 15:30

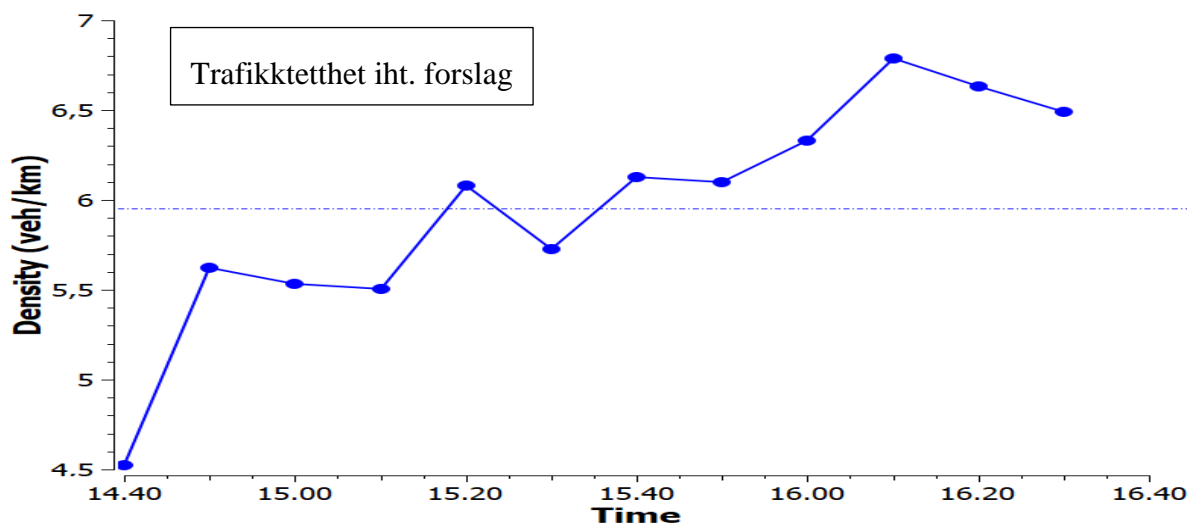


Figur 52: Innvirkningsrådets trafikk tetthet før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30

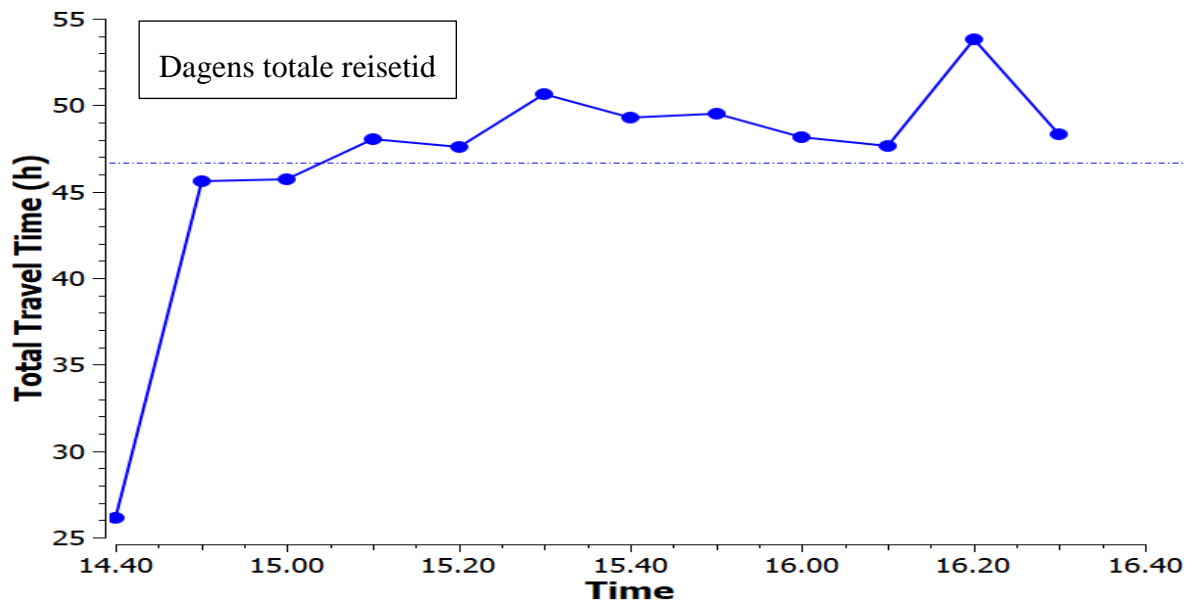




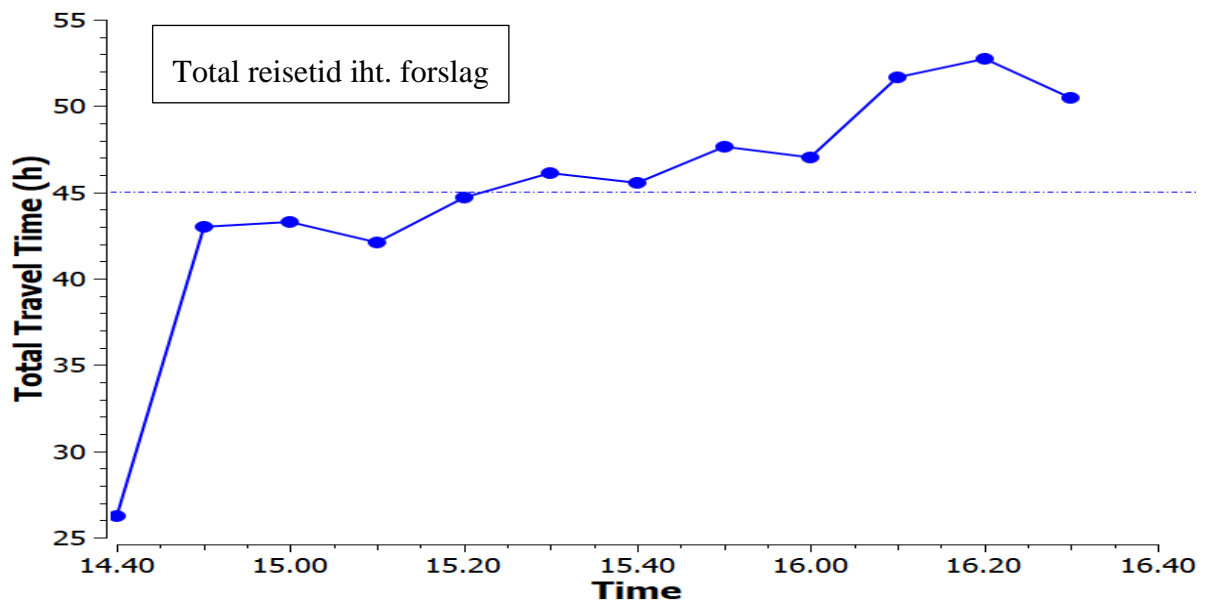
Figur 53: Innvirkningsområdets trafikktetthet iht. samlet forslag i rushtiden kl. 15:30



Figur 54: Innvirkningsområdets trafikktetthet iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



Figur 55: Innvirkningsområdets totale reisetid før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



Figur 56: Innvirkningsområdets totale reisetid iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30

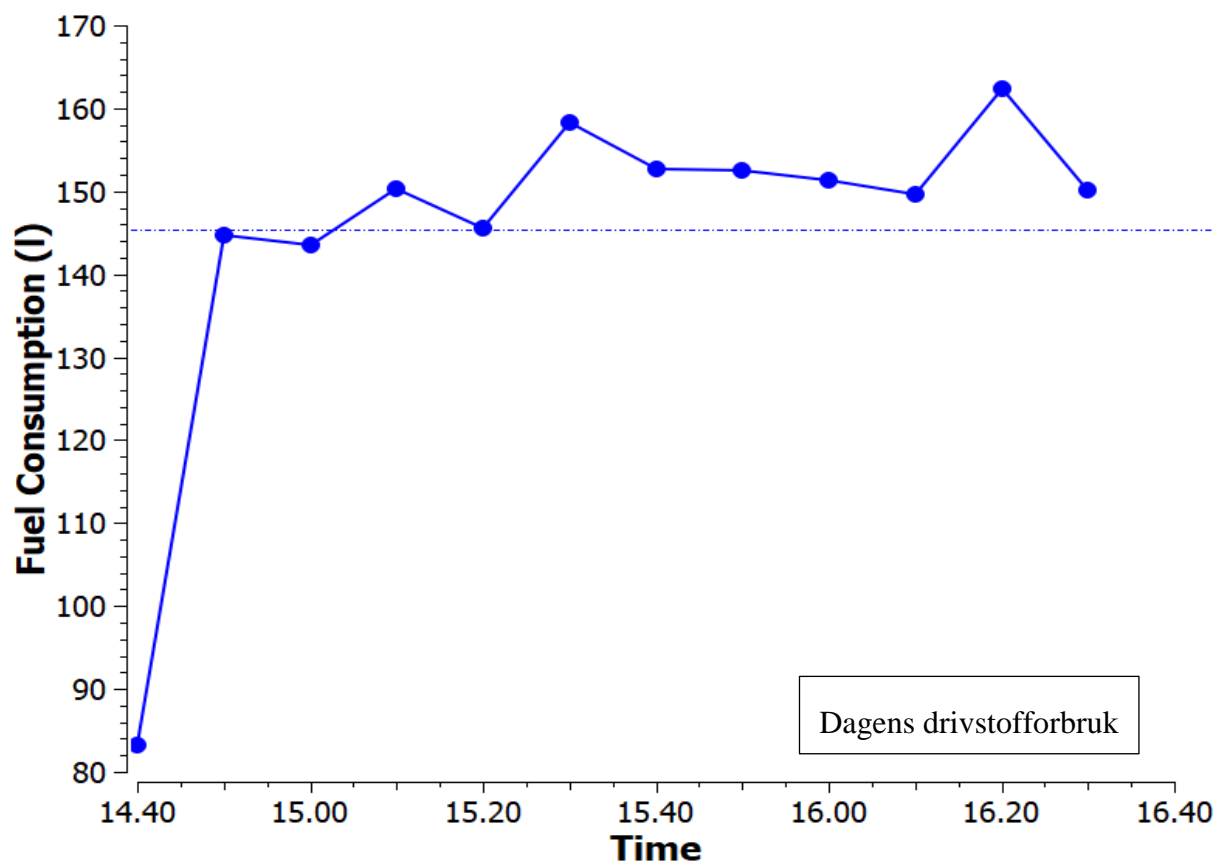
## 7.6 Miljøgevinst

I Aimsun Next blir mikromodelleringen utvidet med egenskap av kjøretøy. Nedenfor viser det type personbil i Bodø 2017 etter drivstoff i Tabell 25.

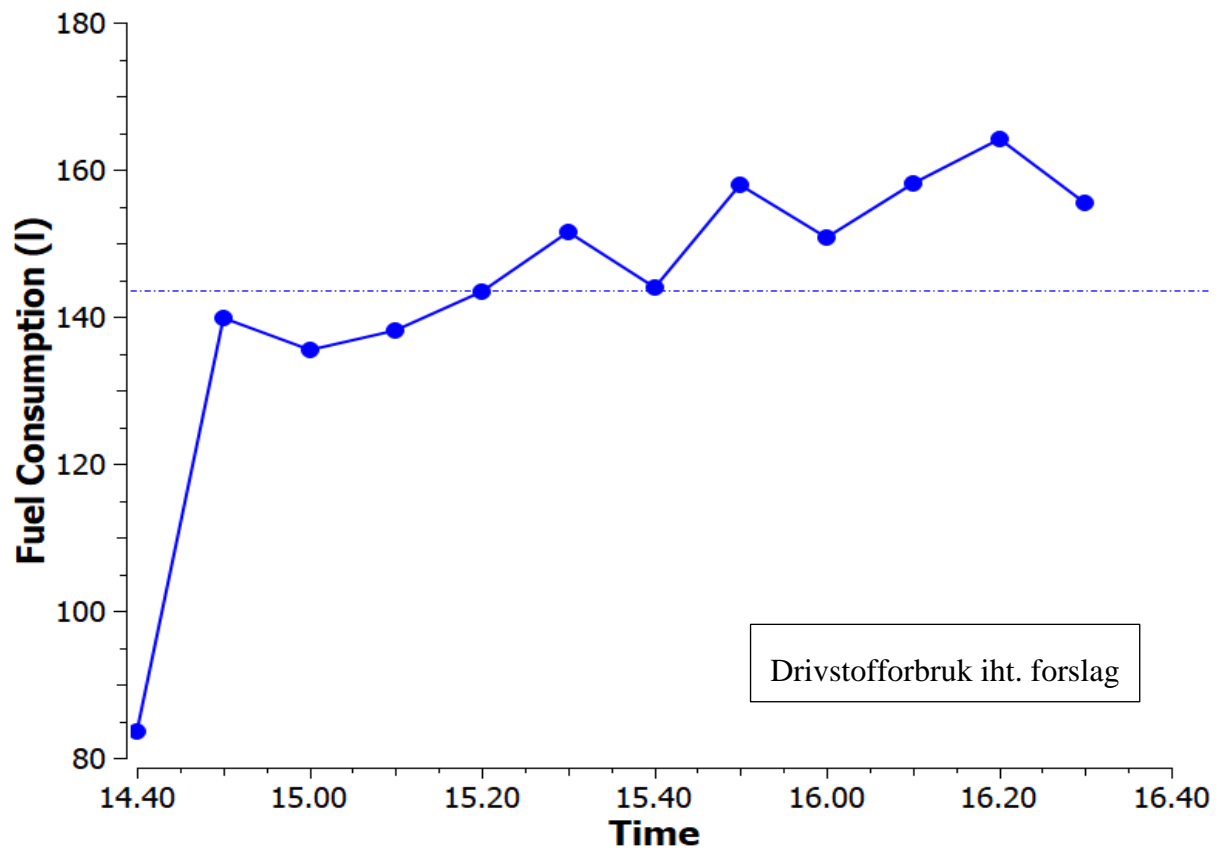
Bensin	Diesel	El
43,78%	47%	6,41%

Tabell 25: Andel personbil etter drivstoff i Bodø 2017 (Kilde: SSB)

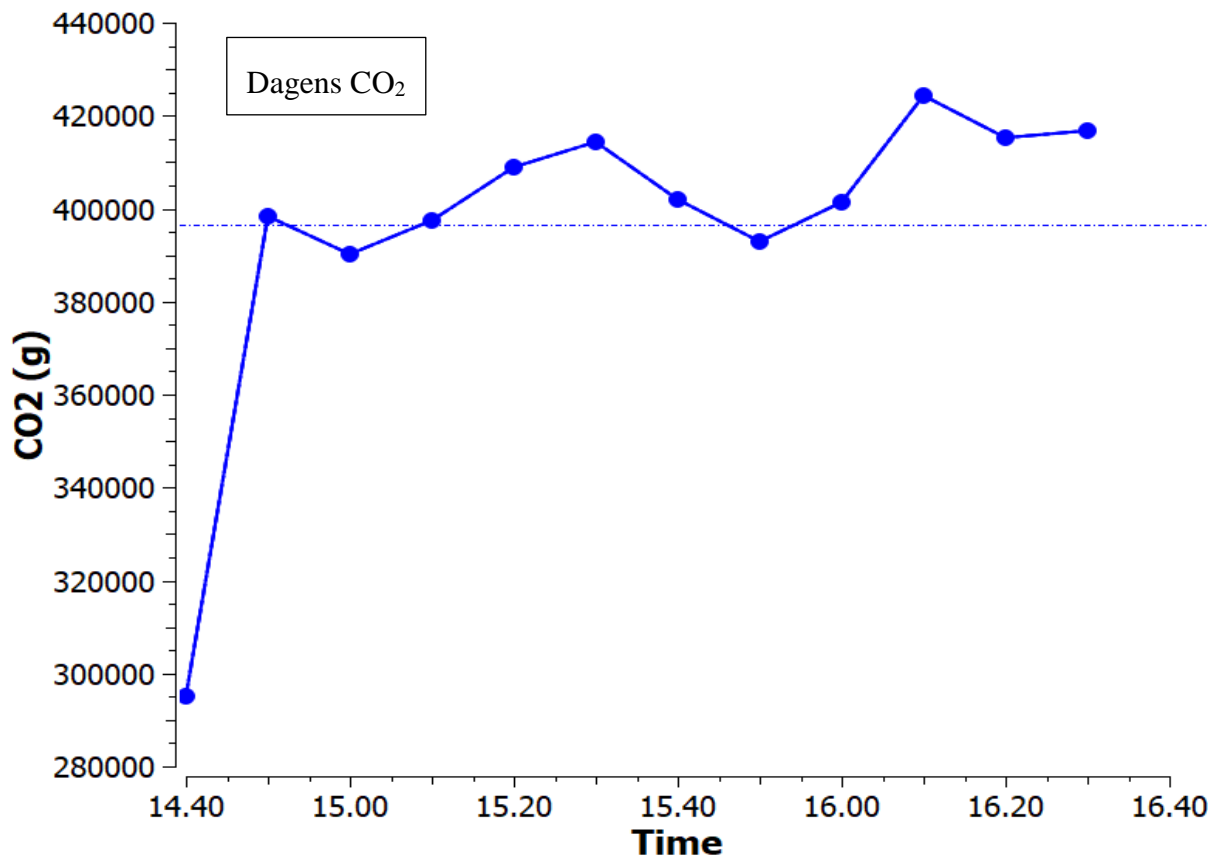
Forandringene om området utslipp viser på Figur 57- 66 nedenfor.



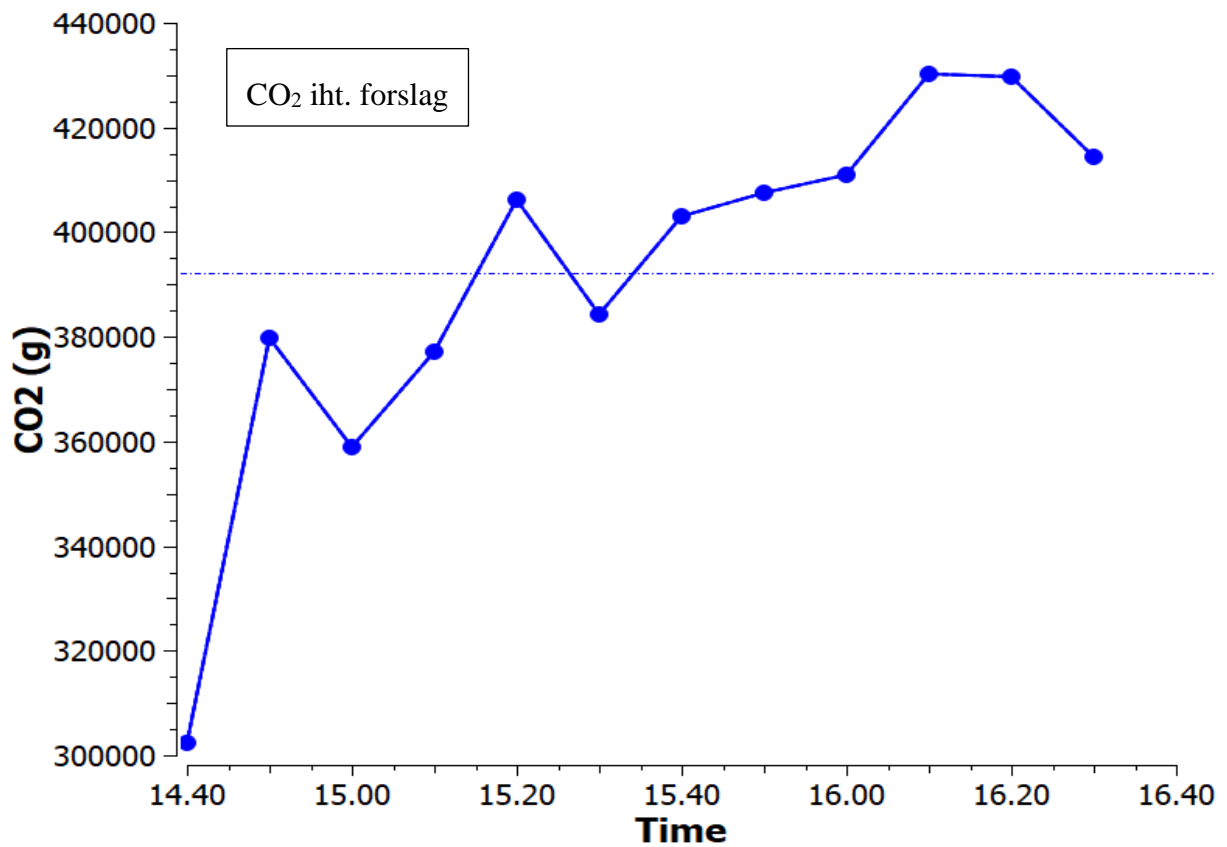
Figur 57: Innvirkningsområdets drivstofforbruk før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



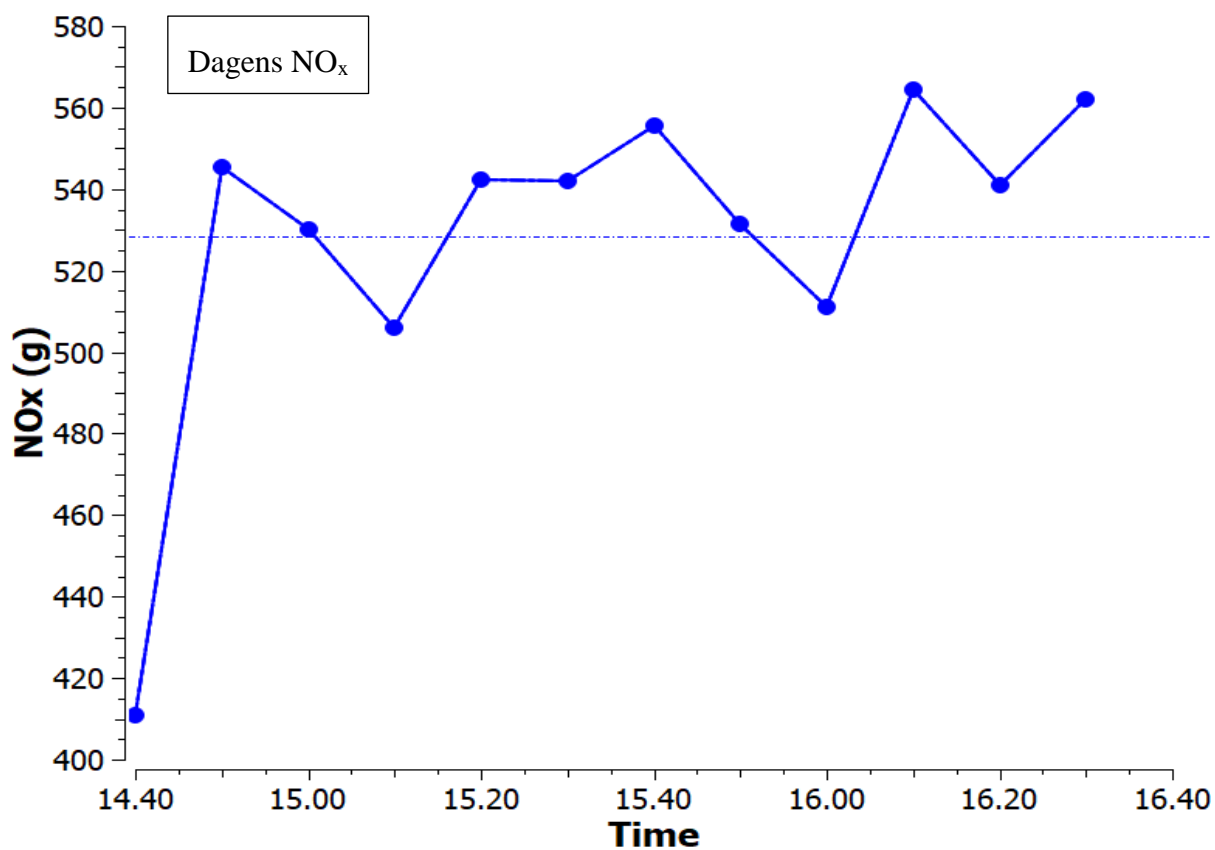
Figur 58: Innvirkningsområdets drivstofforbruk iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



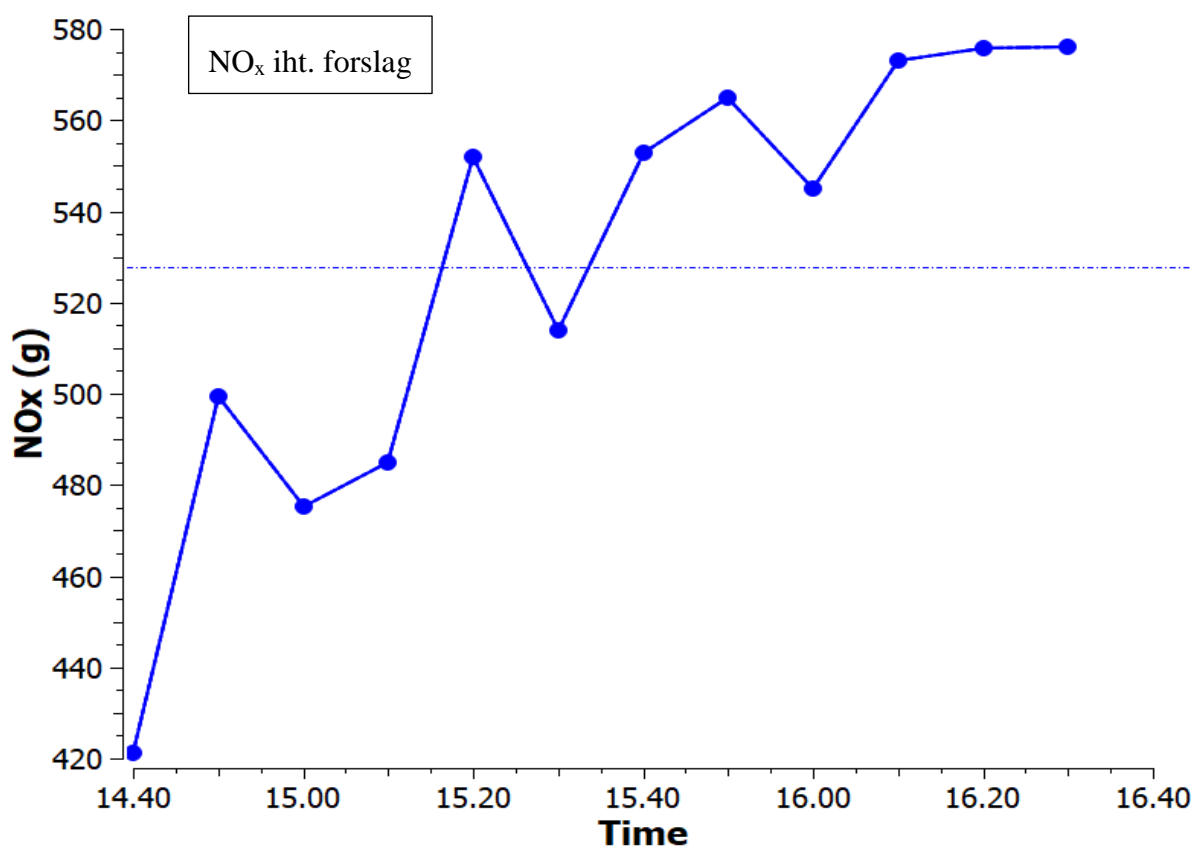
Figur 59: Innvirkningsområdet CO<sub>2</sub> før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



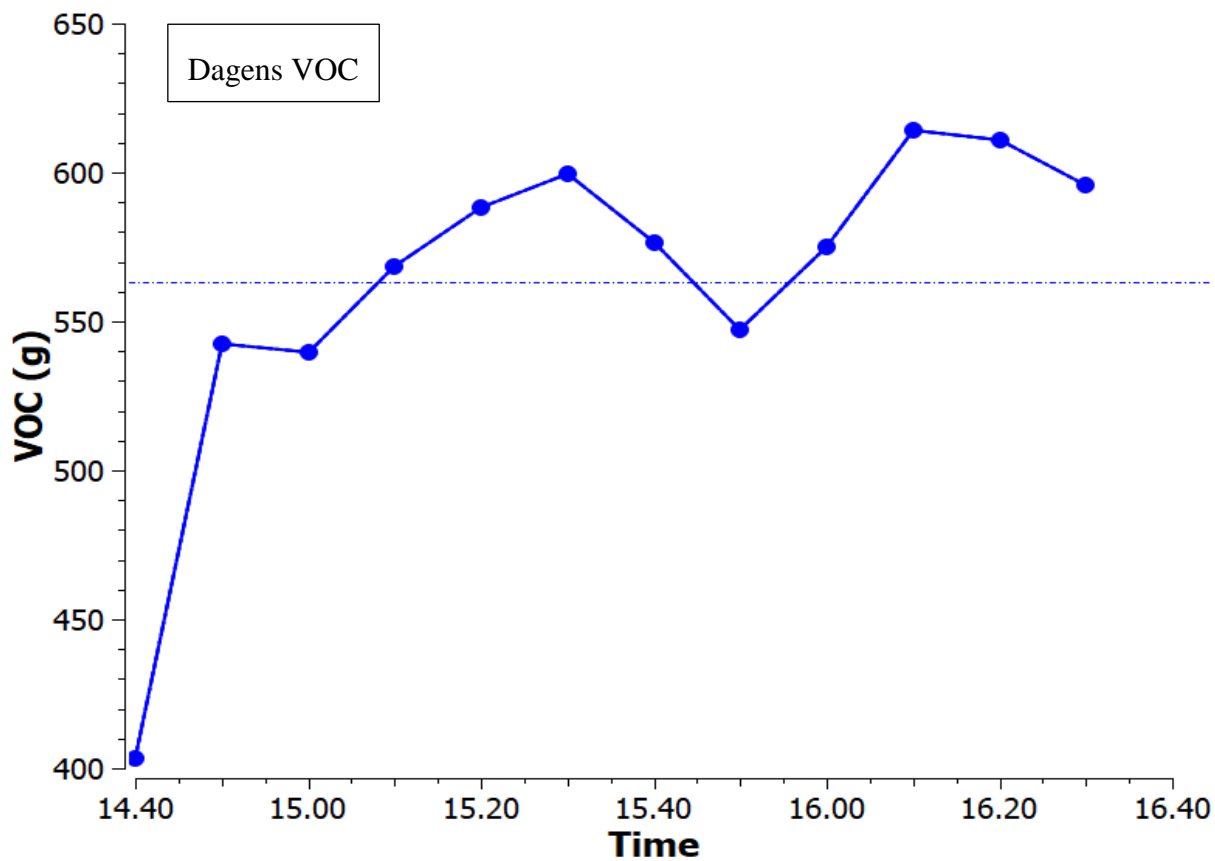
Figur 60: Innvirkningsområdet CO<sub>2</sub> iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



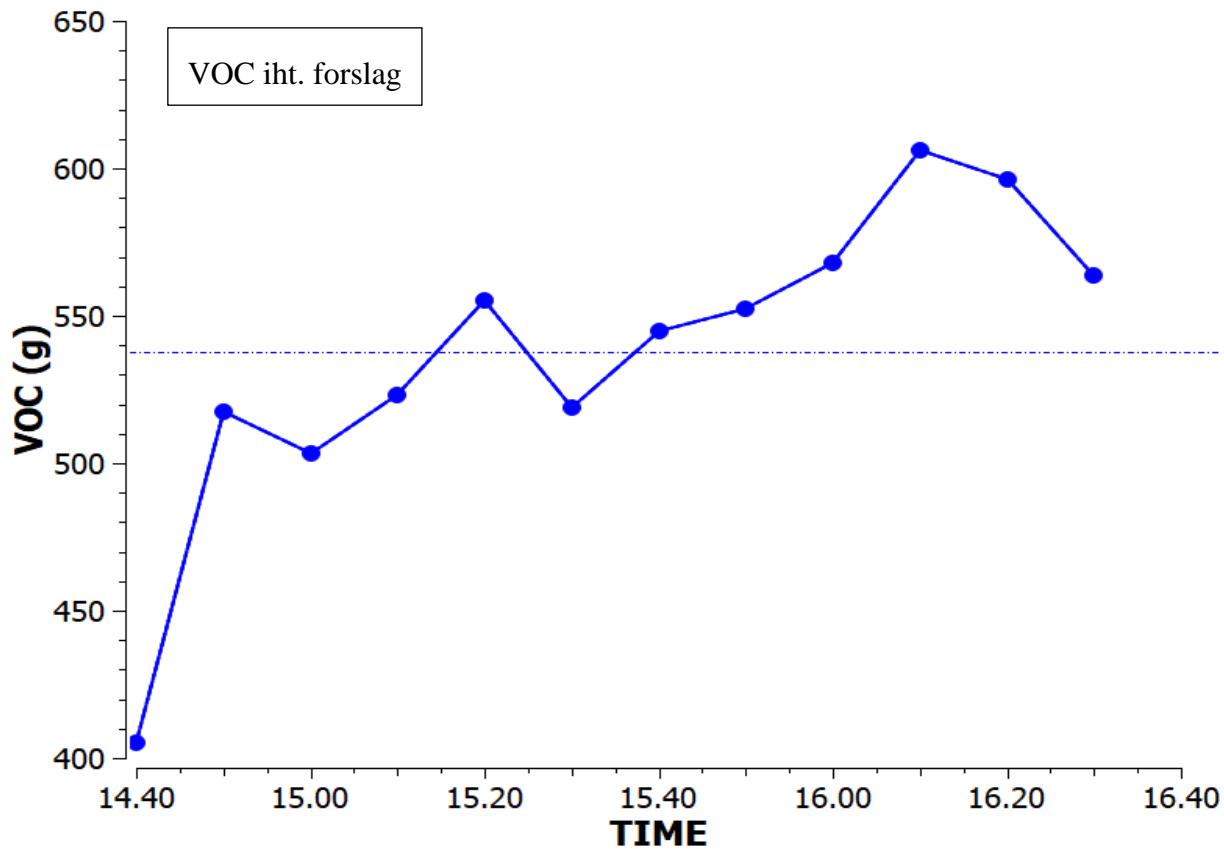
Figur 61: Innvirkningsområdets NO<sub>x</sub> før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



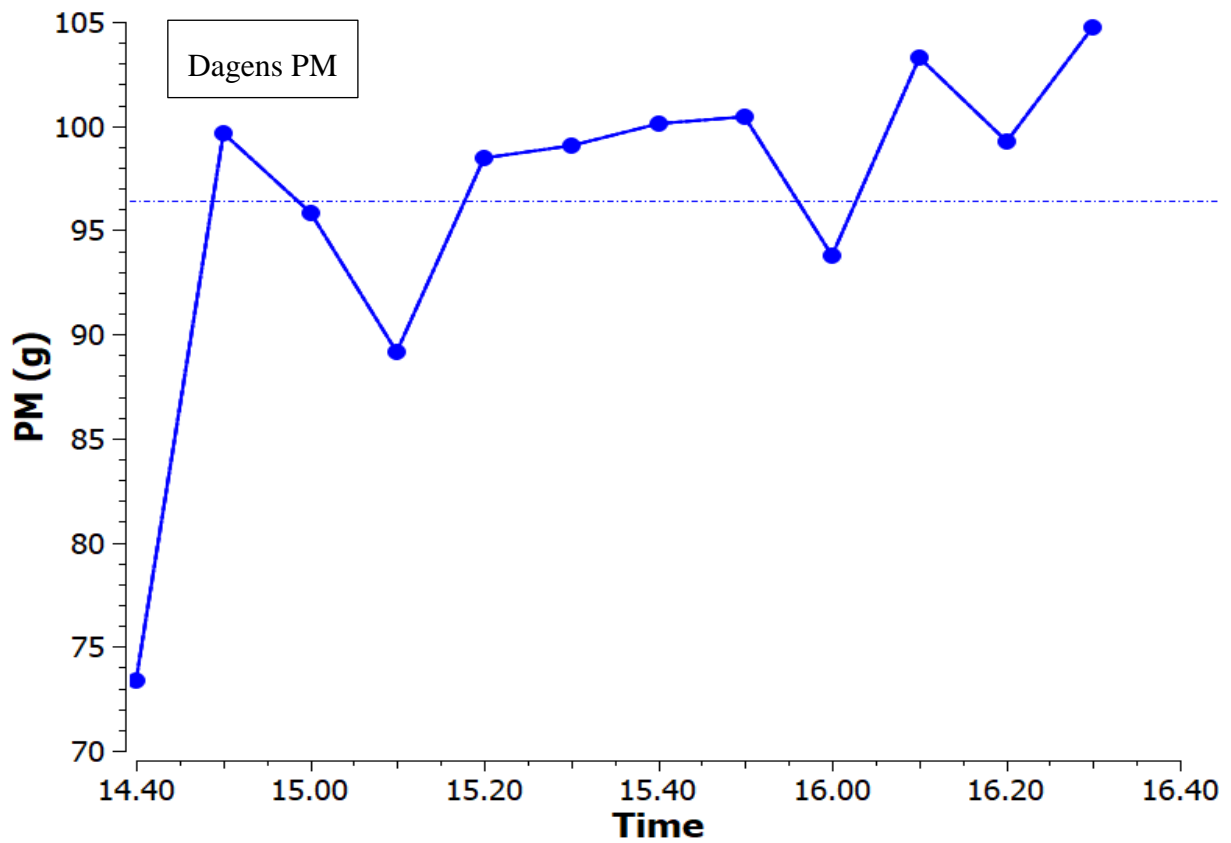
Figur 62: Innvirkningsområdets NO<sub>x</sub> iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



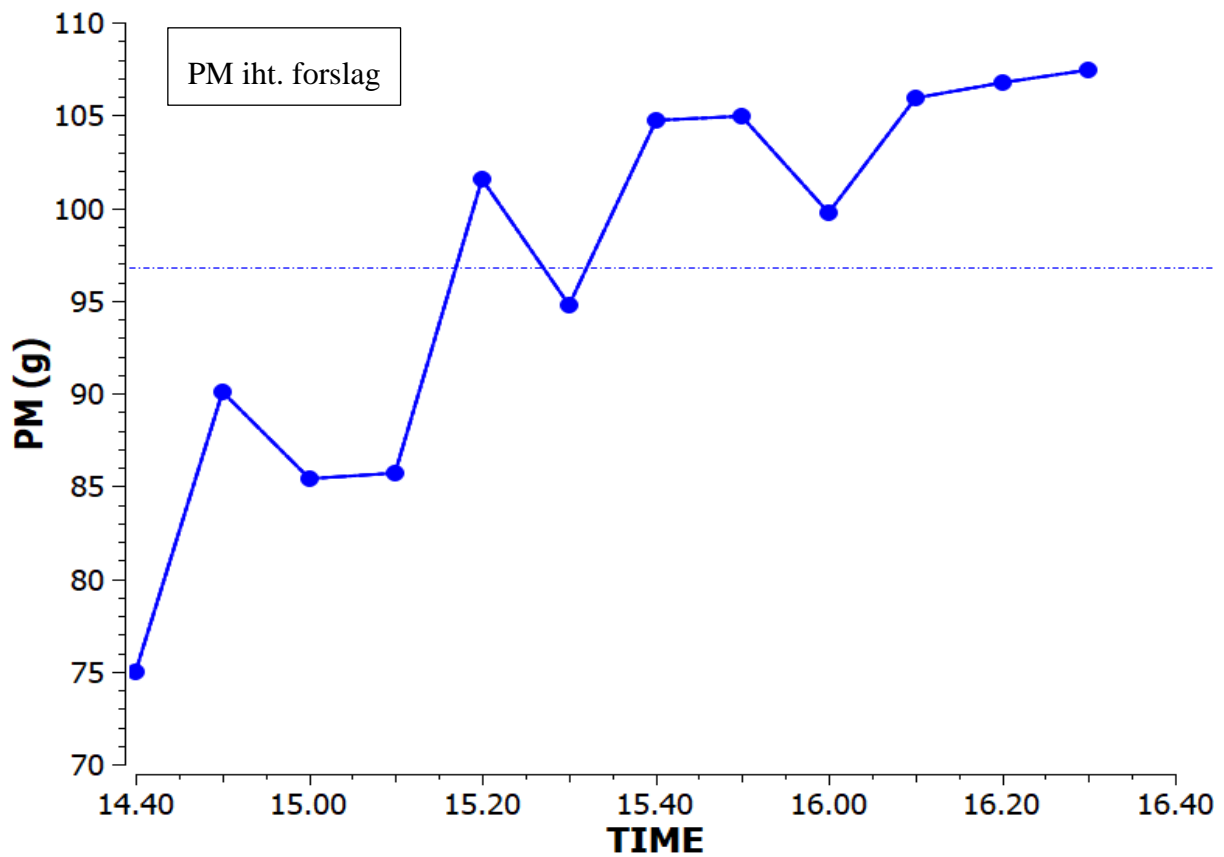
Figur 63: Innvirkningsområdets VOC før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



Figur 64: Innvirkningsområdets VOC iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



Figur 65: Innvirkningsområdets PM før trafikkstyring i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



Figur 66: Innvirkningsområdets PM iht. samlet forslag i rushtiden kl. 14:30 – 16:30



Fra resultat på Figur 57-66 konkluderes det at drivstoffbruket og klimagassutslippet reduseres samt med forbedring av områdets trafikkforhold. For å få enda mindre klimagassutslipp må det tas godt samspill og støtte fra politikk, blant annet bomavgift, miljøavgift, bussvei, bedre kollektivtilbud.



## 8 Oppsummering og forventning

### 8.1 Oppsummering

Basert på oppgavens resultat overfor, foreslår denne artikkelen en gunstig og bærekraftig måte å forbedre området trafikkforhold ved trafikkstyring. Detaljene er som følger:

- 1) Det tas en systematisk analyse om dagens trafikk i handelsparken, særlig fokus om trafikkstrømmer angående de 3 valgte parkeringsanleggene, blant annet i Kjøpesenteret 1, ved matbutikken og sportshall.
- 2) Det tas hensyn til plassering og påvirkning av parkeringsanlegg ved nettverksanalyse i ArcMap. Den analysen kombineres med vegnettets opplysninger samt undersøkelsesdata fra TØI, SSB og Bodø Kommune.
- 3) Når det gjelder trafikksimulering i Aimsun Next, blir det studiet om utforming av parkeringsanlegg og omregulering av trafikkstrømmer. Ved justering av ulike parametere oppnås det noen forbedringsforslag til området trafikkforhold. Samtidig er det også mulig å sjekke forandring av drivstofforbruk og klimagassutslipp ved mikromodellering i Aimsun Next
- 4) Det tas en evaluering for forbedringsforslagene til trafikkstyring i både teknologisk og miljømessig aspekt.

I hensyn til resultatet fra hele prosessen kan det bevise mulighet om en gunstig og bærekraftig måte for å forbedre området trafikkforhold og miljø.

### 8.2 Feikilder

Fordi masteroppgaven har en tidsbegrensning på 800 timer, vil det medføre mye avvik gjennom hele prosessen. Detaljene er som følger:

- 1) Ulike datakilder

Rådataene til modellering kommer fra ulike undersøkelser eller statistikker, noen som gjelder hele landet, og noen er stedbasert. Ulike datakilder gir derfor tvil om pålitelighet av resultatet.

## 2) Varierende metoder og kalibreringer for trafikkteiling av ÅDT

På grunn av ulike virksomheter som er ansvarlige for riksvei og kommunevei, vil det være stor forskjell i organisering av ressurser. Og det er ikke noen overordnet koordinering for standardisert prosedyre for trafikkteiling.

## 3) Indikatorsvekt

Indikatorsvektene er forutsatt til 1 i denne artikkelen. I henhold til forskjellige arealbruk og lokalt behov må vektene justeres.

## 4) Manuell trafikkteiling av antall passerende kjøretøy i rushtiden mellom kl. 14:30-16:30

Manuell registrering ble utført kun ei arbeidsuke for hvert trafikkteilingpunkt i forskningsområdet fra mandag til fredag fra høst 2018 til 2019. Jeg hadde ikke nok tid til å gjøre mer registrering iht. arbeidskrav. Trafikkteilingene ble påvirket vesentlig av vær, høstferie og julehandling

## 5) For få forskningsobjekter

Det er bare tre av parkergsanleggene i handelparken som ble valgt for å studeres i denne oppgaven. Selv om det også er tatt en total analyse for hele forskningsområdet basert på de tre, er påliteligheten til effekten tvilsom. Forskningsobjekter bør være så mange som mulig.

## 6) Mangelfulle opplysninger til vegnett

Det skyldes hovedsakelig at sanntidsdata og gis-teknologi ikke er integrert så godt, og det mangler ressurser til å registrere, feilrette eller oppdatere vegopplysninger for nettverksanalysen i ArcMap og trafikkmodellering i Aimsun Next. Det trengs å registrere i informasjon om f.eks. ensidig vei og dens retning, plassering av fysisk vegsperring, midlertidig vei, stigning, vegoppmerking, osv.....

### 7) Mangelfulle opplysninger på tunge kjøretøy

Som vi alle vet, er varetransport også en viktig del i trafikken rundt handelsparken. Enten om ÅDT til kommunevei eller om utforming av parkeringsanlegg, blir påvirkningsfaktorer for tunge kjøretøy ikke tatt i betraktning.

### 8) Mangelfulle påvirkningsfaktor på bomavgift, gang og sykkel

Det mangler å vurdere påvirkning av bomavgift, gang og sykkel. Det er verdt å bruke mer tid og ressurser til å studere hvordan kvantifisere deres innflytelse på trafikk.

### 9) Programgrense

På grunn av studentversjon av Aimsun Next er det kun lov å ha total 200 km vegstrekning eller 100 noder. Derfor i innvirkningsområdet var det noen detaljer som ikke ble tatt til analysen, f.eks. noen avkjørsler eller småveier.

## **8.3 Forventing**

Denne artikkelen viser mulighet å forbedre området trafikkforhold ved trafikkstyring. På grunn av ulike forstyrrelser fra feilkilder og tidsbegrensning er det ikke mulig å teste modellen i handelsparken i praksis, eller enda hele Bodø-sentrumet.

Praksis er det eneste kriteriet for å teste sannheten. Sist men ikke minst håper jeg at det i fremtiden vil være mulighet for videre samarbeid.



# Referanser

- Axhausen, K. W., & Polak, J. W. (1991). Choice of parking: stated preference approach. *Transportation*, 18(1), 59-81.
- Bao, D., Deng, W., & Gu, S. (2010). Impact of Parking Rates on Resident Travel Behavior. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 10(3), 80-85. doi:10.1016/S1570-6672(09)60049-0
- Beijing Yikating Technology Co. Ltd. (Producer). (2017). Chaoyang District will build 2000 ground parking spaces to ease parking difficulties.
- Bodø kommune. (2014). *Planbestemmelser for detaljregulering av City Nord, Stormyra*, . Bodø: Bodø kommune Retrieved from [http://webhotel2.gisline.no/GisLinePlanarkiv/1804/1307/Dokumenter/1307\\_best.pdf](http://webhotel2.gisline.no/GisLinePlanarkiv/1804/1307/Dokumenter/1307_best.pdf)
- Bodø kommune. (2017). *Planbestemmelser for detaljregulering av Nordviksentert, Stormyra*, . Bodø: Bodø kommune Retrieved from [http://webhotel2.gisline.no/GisLinePlanarkiv/1804/2016004/Dokumenter/2016004\\_best.pdf](http://webhotel2.gisline.no/GisLinePlanarkiv/1804/2016004/Dokumenter/2016004_best.pdf)
- Bodø kommune. (2018a). *Kommuneplanens arealdel 2018 – 2030 – Bykart*. Bodø: Bodø kommune Retrieved from [https://bodo.kommune.no/getfile.php/Borgerportalen/Teknisk%20avdeling/Byplankontoret/KommuneplanensAreal-del/KPA%202018%20DJL/Bykart\\_KPA2018.pdf](https://bodo.kommune.no/getfile.php/Borgerportalen/Teknisk%20avdeling/Byplankontoret/KommuneplanensAreal-del/KPA%202018%20DJL/Bykart_KPA2018.pdf)
- Bodø kommune. (2018b). *Kommuneplanens arealdel 2018 – 2030 – Planbeskrivelse*. Bodø: Bodø kommune Retrieved from <https://bodo.kommune.no/getfile.php/Borgerportalen/Teknisk%20avdeling/Byplankontoret/KommuneplanensAreal-del/KPA%202018%20DJL/Planbeskrivelse%20-%20etter%20sluttbehandl-inga.pdf>
- Bodø kommune. (2018c). *Overordnet handelsanalyse for handelsområde Stormyra i forhold til Bodø sentrum, Tilleggsutredning. Ikke-plasskrevende varers behov for handelsareal*. Bodø: Bodø kommune Retrieved from [http://webhotel2.gisline.no/GisLinePlanarkiv/1804/KPA2018/Dokumenter/1804\\_KPA2018\\_Kp\\_Kommuneplanen\\_rapport1\\_20180614.pdf](http://webhotel2.gisline.no/GisLinePlanarkiv/1804/KPA2018/Dokumenter/1804_KPA2018_Kp_Kommuneplanen_rapport1_20180614.pdf)
- Chen, X.-W., Liu, F., & Hu, Q.-Z. (2008). Appropriate road grade model of road network in small city. *Journal of Traffic Transportation Engineering*, 1(16), 23.
- Cheng, K., Zhang, Y., & Chen, H. (2013). *Planning and control for a fully-automatic parallel parking assist system in narrow parking spaces*. Paper presented at the Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2013 IEEE.
- China Window (Producer). (2016). The underground parking lot near the transportation center in Jiubao opens today. .
- Chinanews (Producer). (2019). Trial operation of the first intelligent three-dimensional parking building in Chongqing.
- Chrest, A. P., Smith, M. S., Bhuyan, S., Iqbal, M., & Monahan, D. R. (2012). *Parking structures: planning, design, construction, maintenance and repair*: Springer Science & Business Media.
- de Dios Ortuzar, J., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport*: John Wiley & Sons.
- Engebreetsen, Ø., & Strand, A. (2010). *Fakta om handel, kjøpesenter og transport (TØI rapport 1087/2010)*. Retrieved from Oslo: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=14876>

- Engstrøm, B. (2006). Unødvendig og forstyrrende kjøring med motorvogn. *Lov og Rett*(01 - 02), 98-105.
- Ferreira, L. J. A. (1982). *Car Fuel Consumption in Urban Traffic. The Results of a Survey in Leeds using Instrumented Vehicles*: Institute of Transport Studies, University of Leeds.
- Fisher, D. L., Lee, J. D., Rizzo, M., & Caird, J. (2011). *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology*: CRC Press.
- Fu, Y., & Cai, Y. (2010). The reserch on planning and traffic organization of external parking lots for Shanghai Expo. *Trafiic og Transportation*(1), 53-56.
- Fuerstenberg, K. C., Dietmayer, K. C., & Willhoeft, V. (2002). *Pedestrian recognition in urban traffic using a vehicle based multilayer laserscanner*. Paper presented at the Intelligent Vehicle Symposium, 2002. IEEE.
- Group, G. M.-a. T. G. J. T. L. (2002). Chemotherapy in adult high-grade glioma: a systematic review and meta-analysis of individual patient data from 12 randomised trials. *359*(9311), 1011-1018.
- Guan, H., Liu, L., & Liao, M. (2003). Approach for Planning of Parking Guidance and Information System. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, *20*(1), 136-139.
- Hanssen, J. U., Aretun, Å., Fearnley, N., Hrelja, R., & Christiansen, P. J. S. o. e. p. b., adferd og økonomi. TØI report. (2014). Parkeringsnormer i utvalgte norske og svenske byer. *1311*.
- Hanssen, J. U., & Christiansen, P. (2013). *Parkeringspolitikken i fem norske byer - mål, normer og erfaringer* (TØI rapport 1266/2013). Retrieved from Oslo: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=33035>
- Haver, D. A., & Tarnoff, P. J. (1991). Future directions for traffic management systems. *IEEE transactions on vehicular technology*, *40*(1), 4-10.
- He, H., Li, J., Zhu, J., & Cai, N. (2007). An Application Study of Computer Simulation in Traffic Diversion Plans. *Central South Highway Engineering*, *32*(2), 99-102.
- Hjorthol, R., Engebretsen, Ø., & Uteng, T. P. (2014). *Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 – nøkkelrapport* (TØI rapport 1383/2014). Retrieved from Oslo: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=33035>
- Jin, Z. (2004). *Road Traffic Planning and Organization*: PHCPPSU.
- Jun, Z., Cao, P., & Wu, w. (2005). Theoretical Analysis of Visual Identity towards Traffic Signs Based on Cognitive Psychology. *China Safety Science Journal*, *15*(8), 8-11.
- Kelly, J. A., & Clinch, J. P. (2006). Influence of varied parking tariffs on parking occupancy levels by trip purpose. *Transport Policy*, *13*(6), 487-495.
- Kommunal- og Moderniseringsdepartementet. (2014). *Nasjonal produktspesifikasjon for arealplan og digitalt planregister Del 2 – Spesifikasjon for tegneregler*. In.
- Litman, T. (2018). Parking Management Strategies. In *Parking Management Best Practices* (pp. 86-225): Routledge.
- Liu, Q., Chen, P., & Sun, F. (2018). Parking Policies in China's Metropolises: Rationales, Consequences, and Implications. *Urban Policy and Research*, *36*(2), 186-200. doi:10.1080/08111146.2017.1328353
- Lovell, B. (2010). *Challenged by carbon : the oil industry and climate change*. Cambridge: Cambridge University Press.



- Lu, B., Wang, H., Zhou, H., Liang, Y., & Mi, J. (2014). Research on Parking Guidance System Evaluation Based on Fuzzy Matter Element. *Journal of Shandong Jiaotong University*, 22(2), 21-26.
- Luo, M., Zhao, Y.-f., Chen, Y.-y., & Liu, X.-m. (2008). Study of Coordination between Urban Transportation and Land Use. In L. F. Cohn (Ed.), *Transportation and Development 2008 : Innovative Best Practices* (pp. 57-62). Beijing: American Society of Civil Engineers.
- Låg, M., & Statens, v. (2004). *Veidekker: Svevestøv og helse : rapport laget på oppdrag fra Statens vegvesen, Vegdirektoratet i samarbeid med Berg- og geoteknikk, NTNU/SINTEF og Avdeling for luftforurensning og støy, Folkehelseinstituttet*. In Rapport (Nasjonalt folkehelseinstitutt : online), Vol. 2004:4.
- Mao, B., Sun, Z., & Jia, S. (2007). *The Method and Practice Research about Optimization of Regional Traffic Organization* China Communications Press.
- Mathur, S., Jin, T., Kasturirangan, N., Chandrasekaran, J., Xue, W., Gruteser, M., & Trappe, W. (2010). *Parknet: drive-by sensing of road-side parking statistics*. Paper presented at the Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services.
- MOURD. (2015). The principles of urban parking facility planning Retrieved from [www.mohurd.gov.cn/wjfb/201509/W020150906040355.pdf](http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201509/W020150906040355.pdf)
- Nordland fylkeskommune. Smartere Transport Bodø. Retrieved from <https://indd.adobe.com/view/3a1500c5-27ac-4c90-9667-fbf1d2827716>
- Oecd. (2002). *Strategies to Reduce Greenhouse Gas Emissions from Road Transport : Analytical Methods*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Palevičius, V., Paliulis, G. M., Venckauskaite, J., Vengrys, B. J. J. o. C. E., & Management. (2013). Evaluation of the requirement for passenger car parking spaces using multi-criteria methods. 19(1), 49-58.
- Parkeringsforskriften. (2017). Forskrift om vilkårsparkering for allmennheten og håndheving av private parkeringsreguleringer (parkeringsforskriften). Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2016-03-18-260>
- Plan- og bygningsloven. (2018). Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven). Retrieved from [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL\\_2-4#KAPITTEL\\_2-4](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_2-4#KAPITTEL_2-4)
- Qianlong (Producer). (2017). The largest car park building i Beijing by Beijing Construction start trial operation this week.
- Rawal, S., & Rodgers, G. (2005). Modelling the gap size distribution of parked cars. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 346(3-4), 621-630.
- Regional planbestemmelse Nordland. (2013). Regional planbestemmelse om etablering av kjøpesenter, jf. plan- og bygningsloven § 8-5, Nordland. Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/OV/forskrift/2013-02-25-299?q=parkering%20bod%C3%B8>
- Rizzo, M. L. (2008). *Statistical computing with R*. Boca Raton, Fla: Chapman & Hall/CRC.
- Roess, R. P., Prassas, E. S., & McShane, W. R. (2004). *Traffic engineering*: Pearson/Prentice Hall.
- Rosland, A., & Martinsen, T. (1992). *Flyktige organiske forbindelser : problem, utslipp og tiltak i Norge = Volatile organic compounds : problem, emissions and measures in Norway* (Vol. 92:11). Oslo: Statens forurensningstilsyn.

- Shaffer, G. S., & Anderson, L. (1985). Perceptions of the security and attractiveness of urban parking lots. *Journal of Environmental Psychology*, 5(4), 311-323.
- Skiltforskriften. (2005). Forskrift om offentlige trafikkskilt, vegoppmerking, trafikksignaler og anvisninger (skiltforskriften). Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2005-10-07-1219?q=parkering>
- Snellen, D., Borgers, A., & Timmermans, H. (2002). Urban form, road network type, and mode choice for frequently conducted activities: a multilevel analysis using quasi-experimental design data. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 34(7), 1207-1220.
- Statens vegvesen. (2010). Trafikkstyring. Retrieved from <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/forskning+og+utvikling/Avsluttede+FoU-program/ITS+pa+veg+mot+2020/Kunnskapsinnhenting/Trafikkstyring/trafikkstyring--100577>
- TDP-China. (2015). *Beijing Parking 2015*. Retrieved from Guangzhou: [https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2015/03/Beijing-parking-1-Mar-2015-ITDP-China\\_cn.pdf](https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2015/03/Beijing-parking-1-Mar-2015-ITDP-China_cn.pdf)
- Thrane, C. (2003). *Regresjonsanalyse i praksis*. Kristiansand: Høyskoleforl.
- Trafikkregler. (1986). Forskrift om kjørende og gående trafikk (trafikkregler). Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1986-03-21-747>
- U.S. Department of Transportation, & Institute of Transportation Engineers. (2004). Human factors issues in intersection safety. *Issue Brief 12*.
- United Nations. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development*. (General Assembly Resolution 42/187). Retrieved from <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>
- Vegdirektoratet. (2013). *Geometrisk utforming av veg- og gatekryss : veiledning : [håndbok V263]*. In Håndbok (Statens vegvesen : online), Vol. 263.
- Vegdirektoratet. (2014a). *Universell utforming av veger og gater : [håndbok V129]*. In Håndbok (Statens vegvesen : online), Vol. 278.
- Vegdirektoratet. (2014b). *Veg- og gateutforming : [håndbok N100]* (Vol. N100). Oslo: Vegdirektoratet.
- Vegdirektoratet, Gensidige NOR Forsikring, Arkitektkontoret Aakerøy, M. B., AS,, & Statkraft Grøner As. (2002). *Utforming og drift av parkeringsanlegg*. Retrieved from Oslo: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/190565/Utforming%20og%20drift%20av%20parkeringsanlegg%20a%5b1%5d.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vegtrafikkloven. (1965). Lov om vegtrafikk (vegtrafikkloven). Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1965-06-18-4>
- Weinberger, R., Kaehny, J., & Rufo, M. (2010). US parking policies: An overview of management strategies.
- Williams, K. M., Stover, V. G., Dixon, K. K., & Demosthenes, P. (2014). *Access management manual*: Transportation Research Board.
- Zhai, Z. (2004). *Optimization of road traffic organization* China Communications Press.
- Zhang, L., He, X., Xiong, C., & Zhu, Z. (2014). *Bayesian stochastic Kriging metamodel for active traffic management of corridors*. Paper presented at the IIE Annual Conference. Proceedings.

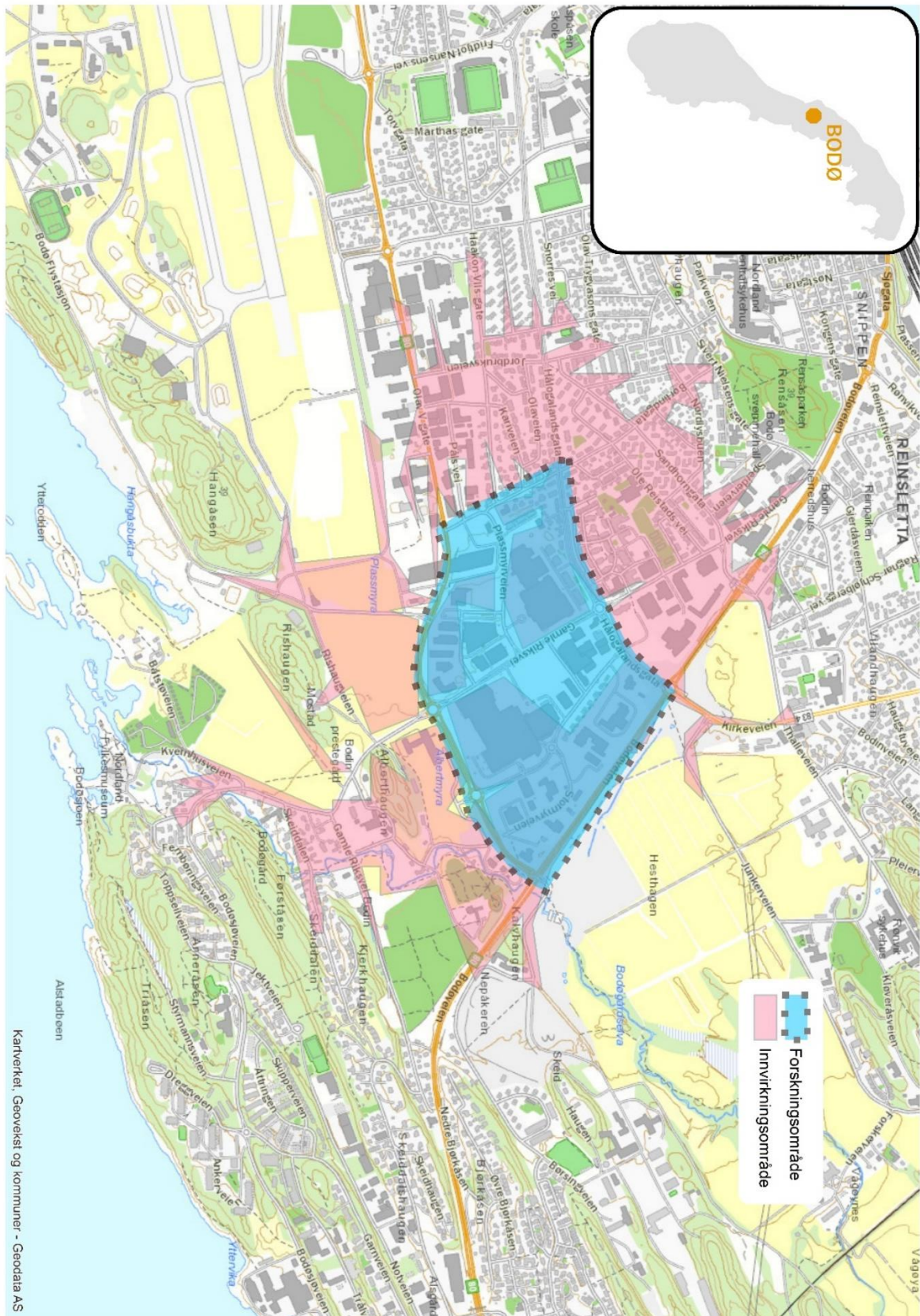
# Vedlegg

**Vedlegg 1:** Oversiktskart

**Vedlegg 2:** 3D-modell

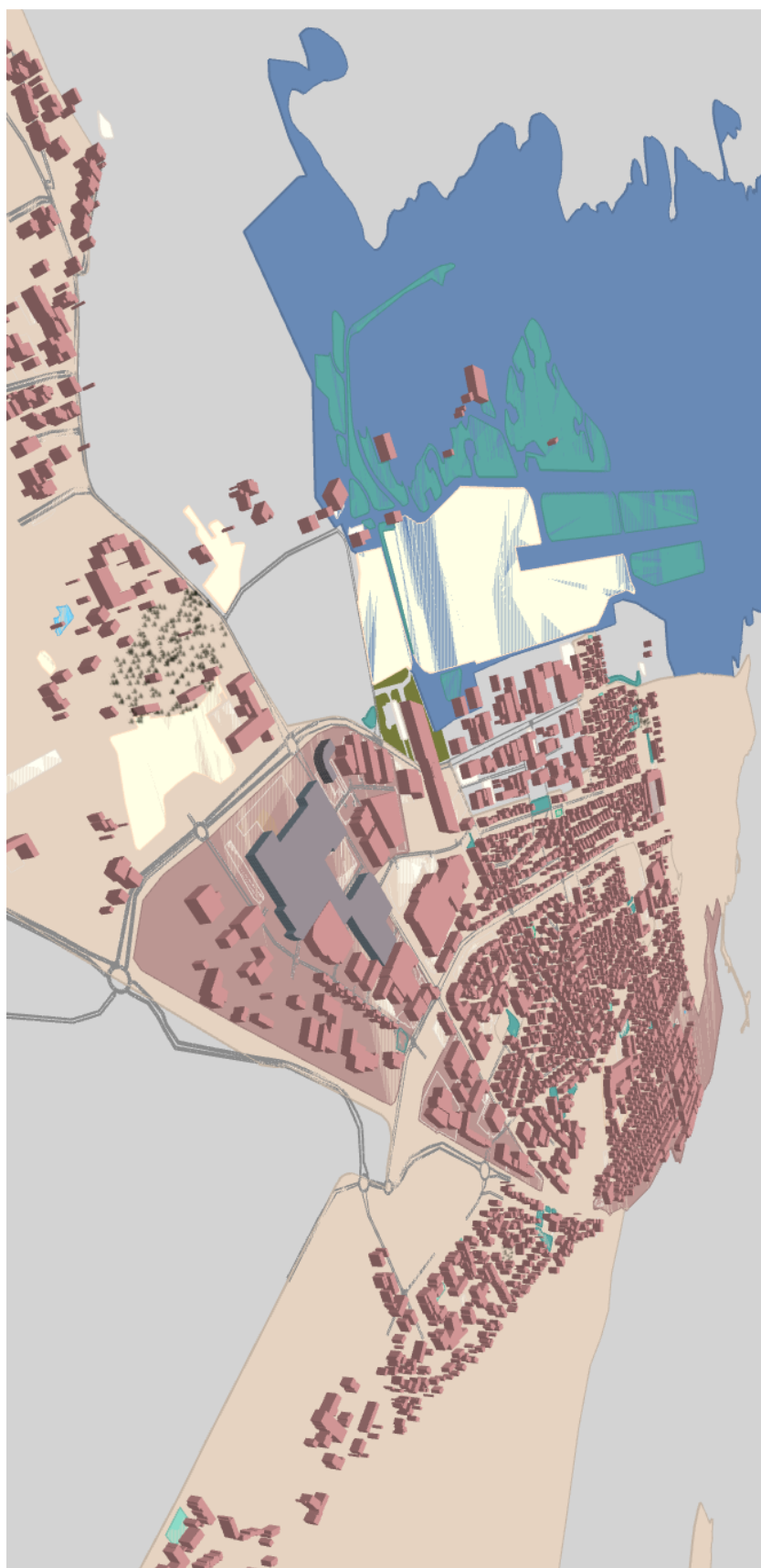
**Vedlegg 3:** Trafikktellinger

# Vedlegg 1: Temakart:



Figur 67: Oversiktskart

**Vedlegg 2: 3D-modell:**



**Figur 68: 3D-modell over Bodø-sentrum**



**Figur 69: 3D-modell over forsinkningsområdet**

**Vedlegg 3: Trafikktellinger:**

Gamle Riksvei	15.10.2018	16.10.2018	17.10.2018	18.10.2018	19.10.2018	Gjennomsnitt
14:30-14:45	174	145	153	120	207	159,8
14:45-15:00	208	180	173	192	206	191,8
15:00-15:15	201	192	188	187	207	195
15:15-15:30	190	187	180	188	186	186,2
15:30-15:45	198	206	200	186	204	198,8
15:45-16:00	180	150	170	160	193	170,6
16:00-16:15	160	155	165	170	175	165
16:15-16:30	163	157	160	167	163	162

**Tabell 26: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 15.-19.10.2018 på Gamle Riksvei**

Plassmyrveien	22.10.2018	23.10.2018	24.10.2018	25.10.2018	26.10.2018	Gjennomsnitt
14:30-14:45	100	91	94	94	98	95,4
14:45-15:00	114	137	127	111	125	122,8
15:00-15:15	125	138	125	117	130	127
15:15-15:30	165	147	141	135	158	149,2
15:30-15:45	123	110	106	102	88	105,8
15:45-16:00	125	142	107	98	85	111,4
16:00-16:15	72	71	60	57	89	69,8
16:15-16:30	75	77	64	66	74	71,2

**Tabell 27: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 22.-26.10.2018 på Plassmyrveien**

Stormyrveien	29.10.2018	30.10.2018	31.10.2018	01.11.2018	02.11.2018	Gjennomsnitt
14:30-14:45	134	156	110	104	171	135
14:45-15:00	160	156	114	100	170	140
15:00-15:15	202	148	155	138	225	173,6
15:15-15:30	233	154	148	154	250	187,8
15:30-15:45	204	154	156	161	204	175,8
15:45-16:00	180	164	170	177	193	176,8
16:00-16:15	182	161	168	169	191	174,2
16:15-16:30	165	133	165	129	176	153,6

Tabell 28: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 29.10.-02.11.2018 på Stormyrveien

Gidsken						
Jokobsens vei	05.11.2018	06.11.2018	07.11.2018	08.11.2018	09.11.2018	Gjennomsnitt
14:30-14:45	102	120	98	97	72	97,8
14:45-15:00	105	134	95	91	71	99,2
15:00-15:15	129	130	154	108	127	129,6
15:15-15:30	151	144	165	116	153	145,8
15:30-15:45	163	158	177	117	150	153
15:45-16:00	170	150	170	134	138	152,4
16:00-16:15	154	133	129	153	145	142,8
16:15-16:30	153	148	131	142	120	138,8

Tabell 29: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 29.10.-02.11.2018 på Gidsken Jokobsens vei



Gamle Riksvei	12.11.2018	13.11.2018	14.11.2018	15.11.2018	16.11.2018	Gjennomsnitt
14:30-14:45	161	168	167	150	157	160,6
14:45-15:00	182	188	188	197	221	195,2
15:00-15:15	191	190	183	191	229	196,8
15:15-15:30	203	199	205	190	225	204,4
15:30-15:45	201	206	200	186	204	199,4
15:45-16:00	180	188	199	187	210	192,8
16:00-16:15	176	174	157	154	207	173,6
16:15-16:30	175	170	159	154	191	169,8

Tabell 30: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 15.-19.10.2018 på Gamle Riksvei

Plassmyrveien	19.11.2018	20.11.2018	21.11.2018	22.11.2018	23.11.2018	Gjennomsnitt
14:30-14:45	123	114	124	121	154	127,2
14:45-15:00	140	133	145	156	208	156,4
15:00-15:15	138	151	149	160	201	159,8
15:15-15:30	171	159	153	165	204	170,4
15:30-15:45	156	148	132	149	188	154,6
15:45-16:00	156	138	138	155	184	154,2
16:00-16:15	137	138	128	130	178	142,2
16:15-16:30	138	116	135	135	210	146,8

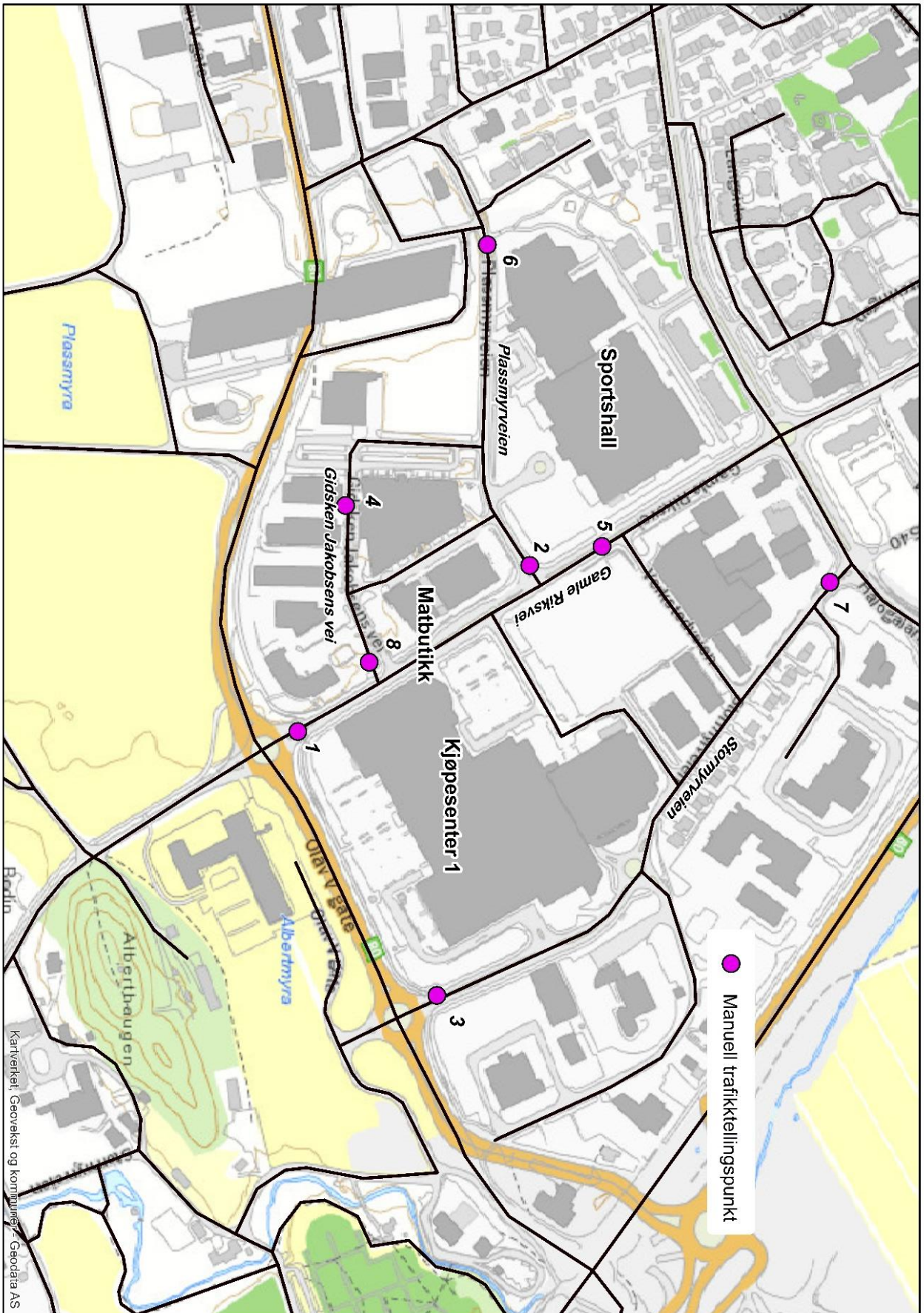
Tabell 31: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 22.-26.10.2018 på Plassmyrveien

Stormyrveien	14.01.2019	15.01.2019	16.01.2019	17.01.2019	18.01.2019	Gjennomsnitt
14:30-14:45	114	120	102	103	114	110,6
14:45-15:00	118	130	124	114	121	121,4
15:00-15:15	135	134	128	123	150	134
15:15-15:30	184	153	149	160	175	164,2
15:30-15:45	186	150	153	157	178	164,8
15:45-16:00	187	173	164	159	179	172,4
16:00-16:15	188	154	159	164	182	169,4
16:15-16:30	132	131	124	137	159	136,6

Tabell 32: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 29.10.-02.11.2018 på Stormyrveien

Gidsken						
Jokobsens vei	21.01.2019	22.01.2019	23.01.2019	24.01.2019	25.01.2019	Gjennomsnitt
14:30-14:45	90	95	100	98	103	97,2
14:45-15:00	120	105	95	91	100	102,2
15:00-15:15	122	114	105	113	147	120,2
15:15-15:30	138	124	114	109	170	131
15:30-15:45	169	147	157	134	190	159,4
15:45-16:00	164	155	157	124	178	155,6
16:00-16:15	149	148	144	118	158	143,4
16:15-16:30	128	132	149	108	152	133,8

Tabell 33: Trafikktellinger kl 14:30-16:30, 29.10.-02.11.2018 på Gidsken Jokobsens vei



Figur 70: Manuell trafikktellingspunkt