

Kristian Johansen

# Taktplanlegging i skoleprosjekter

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk

Veileder: Ola Lædre

Medveileder: Sigmund Aslesen

Juni 2021



Kristian Johansen

# Taktplanlegging i skoleprosjekter

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk  
Veileder: Ola Lædre  
Medveileder: Sigmund Aslesen  
Juni 2021

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









## Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved Institutt for Bygg- og miljøteknikk under Fakultet for ingeniørvitenskap ved NTNU Trondheim. Oppgaven er skrevet våren 2021, og tilsvarer 30 studiepoeng.

Jeg ønsker å takke min hovedveileder på NTNU, Ola Lædre, for kyndig veiledning underveis i studien. Jeg vil spesielt trekke frem hjelp for å komme i kontakt med representanter fra Veidekke, utvikling av forskningsspørsmål, struktur og konstruktive tilbakemeldinger på masteroppgaven. Dette hadde vært utfordrende å mestre på egenhånd.

Masteroppgaven har blitt utformet i samarbeid med Veidekke og deres skoleprosjekt på Ruseløkka med taktbenyttelse. Sommeren 2020 hadde jeg et sommerengasjement for Veidekke, og studien av Ruseløkka er et resultat av mastersamarbeid med entreprenøren. På forhånd er det gjennomført en pilotstudie som et innledende arbeid til denne oppgaven. Studien har bidratt i masteroppgavens tema som kartlegger Ruseløkkas taktgjennomføring og ser på forbedringer til senere prosjekter som et bidrag til utvikling av metoden.

Ruseløkka er en veldig interessant case med kontraster i form av deler med repeterende soner og deler med ikke-repeterende soner. Kombinasjonen gjør at forskningen vil ligge langt fremme i område av takten som ikke er studert i særlig grad. Med Veidekkes ønske om hyppigere bruk av taktmetoden på skolebygg, føler jeg meg heldig som er blitt plukket ut til å studere takten i dette prosjektet.

Jeg vil også få takke min eksterne veileder, Sigmund Aslesen, for stor hjelp med oppstart av studien. Dette spesielt til hva Veidekke ønsker å utvikle og involvering av Ruseløkka som prosjekt. Trygghet og ryddig kommunikasjon med deg som kontaktperson i Veidekke har lagt forholdene til rette for sikker fremdrift i oppgaven.

Takk også til alle intervjuobjekter som satte av tid og ressurser til berikende samtaler om temaet, og dermed gjorde det mulig å gjennomføre studien. Takk rettes også for deling av interne dokumenter som ikke er offentlig tilgjengelig.

Videre vil jeg takke Celine Greger Haugen for god støtte i den tidlige fasen av studien. Jeg vil takke for at du har stilt deg til disposisjon for spørsmål jeg har hatt og svarene har vært oppklarende i mange situasjoner. En ekstra stor takk rettes også mine foreldre som har støttet meg gjennom alle studiens fem år her på Gløshaugen.

Trondheim, 10. juni 2021



---

Kristian Johansen



## Sammendrag

Det er kjent at byggebransjen i Norge har utfordringer med synkende produktivitet. *Takt* er en metode for planlegging og produksjon som kan øke produktiviteten ved å fjerne sløsing (Frandsen et al., 2014). For planlegging av produksjon er det blant forskere en generell oppfattelse at praktisering av modellen varierer internt i prosjektene. Frandsen et al. (2015) konkluderte med at funksjonærer og fagarbeidere som skal delta i produksjonen må planlegge takten grundig. Det for å skape gjensidig samarbeid med ansvar og eierskap til den utarbeidete planen for å fremme prosjektets beste. Med kunnskapsgapet i prosjekter med repeterende og ikke-repeterende soner i samme bygg, vil følgende forsknings-spørsmål blir studert:

1. *Hvordan er planlegging og produksjon med takt utført på Ruseløkka-prosjektet?*
2. *Hvilke erfaringer er det fra planlegging og produksjon med takten?*
3. *Hva bør gjøres annerledes for å forbedre senere taktprosjekter?*

For besvarelse av forskningsspørsmålene er det utført en casestudie med taktplanlegging i skoleprosjekt. Veidekke er totalentreprenør for Ruseløkka skole, sentralt beliggende i Oslo kommune. For bred forståelse og mulighet for triangulering av innsamlet datamateriell er casestudiet støttet av en tradisjonell litteraturstudie, intervju av involverte i prosjektet og dokumentstudier. Samlet indikerer det god intern validitet og bidrar til å fylle kunnskapsgapet for prosjekter med repeterende og ikke-repeterende soner.

Taktbenyttelse på Ruseløkka er praktisert med to separate tog med skinnegang i hver sin del av bygget. Med ulik flyt frigjorde det ene toget tid, mens det andre krevde ekstra oppmerksomhet for produksjonen. Tid frigjort kom fra toget i delen med repeterende soner, og vanskelighetene lå i delen med ikke-repeterende soner. Forskjell i togenes produksjonsflyt tilskrives med ulikheter i variasjon i utforming, innslag av enkeltaktiviteter og tekniske installasjoner. Erfaringer peker mot sen kontrahering av underentreprenør som negativt for å løse større variasjon i utforming, hyppigere innslag av enkeltaktiviteter og flere tekniske installasjoner for de ikke-repeterende sonene. Viktig er det å forankre prinsipp og forpliktelser i kontrakt med underentreprenører. Det skal sikre kontroll og kvalitet gjennom vekslingsprotokoller og mer kontinuitet ved forbud mot praktisering av svenskeuer. En videreføring av tidlig involvering av bas og totalentreprise på stillaskontrakt bør i tillegg prioriteres. Besvarelsen følger så opp med forbedringer til utvikling av takt som metode og forbedringer til smidigere prosjekter med taktbenyttelse. Blant dem er bedre erfaringsoverføring ved oppstart av takt, prosjekterte tegningsgrunnlag rett og i god tid før taktproduksjon, taktisk inndeling av bygget med tettere oppfølging på ukurante soner, og tilstrebe tett bygg enda tidligere. Diskusjonen vurderer utførelse, erfaring og forbedringer basert på eksisterende teori og egne tanker og erfaringer. Det konkluderes med tre tabeller basert på taktens komponenter og mekanismer som forskningen har tatt for seg. En tabell til hvert av forskningsspørsmålene. Analysen av innsamlet data baseres på ett caseprosjekt gjennomført av Veidekke. I videre arbeid vil det være behov for å studere flere prosjekter med taktbenyttelse, også av andre entreprenører for økt ekstern validitet. Flere involverte perspektiver med byggherre, rådgivende og arkitekt til de studerte mekanismene, samt avdekking av potensielt forbigåtte mekanismer, kan nyansere og bedre forståelsen av prosjektene.



## Summary

It's well known that the construction industry in Norway has challenges with declining productivity. *Takt* is a method for planning and production that can increase productivity by removing waste (Frandsen et al., 2014). For planning of production there is a general perception among researchers that practice of *takt* varies internally in the projects. Frandsen et al. (2015) concluded that project management staff and skilled workers who participates in the production must plan *takt* carefully. This for creating mutual cooperation with responsibility and ownership of the prepared plan to promote the project's best interests. In the gap of knowledge for projects with repetitive and non-repetitive work in the same building, the following research questions will be studied:

1. *How is takt time planning carried out in the project of Ruseløkka?*
2. *What are the experiences with takt time planning?*
3. *What should be done differently to improve the method for projects later on?*

To answer those questions, a case study of a school project practicing *takt* has been executed. Veidekke is selected as general contractor for Ruseløkka, located centrally in Oslo. For a broad understanding and the possibility of triangulation of collected data material, the case study is supported by a traditional literature study, interviews and document studies. Overall, it indicates good internal validity and helps to fill the gap of knowledge for projects with repetitive and non-repetitive work.

*Takt* time planning on Ruseløkka is practiced with two separate trains with rails in each part of the building. With different flows, one train freed up time, while the other required extra attention for production. Time freed up came by the train in the section with repetitive work, and the difficulties was uncovered in the section with non-repetitive work. Differences in the trains' production flow are referred to differences in variation in design, elements of individual activities and technical installations. Experiences to late contracting of subcontractors had negative aspects to solve increased variation in design, more frequent elements of individual activities and more technical installations for the non-repetitive work. It is important to anchor principles and obligations in contracts with subcontractors. The anchoring will ensure control and quality through exchange protocols and more continuity by banning the practice of working weeks stretching from Monday to Thursday morning. A continuation of early involvement of foreman and general contracting on scaffolding contract should also be a priority. The study then follows up with improvements to develop the method and for more flexible projects in use of *takt* time planning. Among them are better transfer of experience at the project start-up, projected the drawing material just in time for production start, tactical division of the building with closer follow-up on challenging working areas, and provide more time for the interior work. The discussion assesses execution, experience and improvements based on existing theory and own thoughts and experiences. It concludes with three tables based on the components and mechanisms of the *takt* time planning that the research has addressed. One table for each of the research questions. The analysis of collected data is based on one case project carried out by Veidekke. In further work, there will be a need to study several projects with *takt* time planning, also by other contractors for increased external validity. Several perspectives with the client, consultant and architect of the studied mechanisms, as well as uncovering potentially overlooked mechanisms, can improve the understanding of the projects.



# Innholdsfortegnelse

<b>FORORD</b> .....	<b>I</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>III</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>V</b>
<b>TABELLOVERSIKT</b> .....	<b>IX</b>
<b>FIGUROVERSIKT</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 INTRODUKSJON</b> .....	<b>1</b>
1.1 MASTEROPPGAVENS UTGANGSPUNKT .....	1
1.2 OPPGAVENS FORSKNINGSSPØRSMÅL .....	1
1.3 OPPGAVENS AVGRENSNINGER .....	2
<b>2 METODE</b> .....	<b>3</b>
2.1 FORSKNINGSSTRATEGI .....	3
2.1.1 <i>Kvalitativ forskningsprosess</i> .....	3
2.1.2 <i>Validitet og reliabilitet</i> .....	3
2.1.3 <i>Pilotstudie</i> .....	4
2.2 FORSKNINGSMETODER .....	4
2.2.1 <i>Litteraturstudie</i> .....	4
2.2.2 <i>Casestudie</i> .....	8
2.2.3 <i>Intervju</i> .....	10
2.2.4 <i>Dokumentstudier</i> .....	12
2.3 ANALYSE .....	13
<b>3 TEORI</b> .....	<b>15</b>
3.1 LEAN – HISTORISK BAKGRUNN .....	15
3.1.1 <i>Produksjonspraksis ved Ford og Toyota</i> .....	15
3.1.2 <i>Dette er Lean</i> .....	16
3.1.3 <i>Lean Construction</i> .....	18
3.2 LEAN – PRINSIPP .....	18
3.3 LEAN – METODER .....	20
3.3.1 <i>Last Planner System™</i> .....	20
3.3.2 <i>Involverende planlegging</i> .....	21
3.3.3 <i>Taktproduksjon</i> .....	23
3.3.4 <i>Standardisering og variasjon</i> .....	26
<b>4 RESULTATER</b> .....	<b>29</b>
4.1 TAKTPANLEGGING I SKOLEPROSJEKT – RUSELØKKA .....	29
4.1.1 <i>Taktens introduksjon og oppstart</i> .....	29
4.1.2 <i>Involverende planlegging (IP)</i> .....	30
4.1.3 <i>Premisser og logistikk</i> .....	31
4.2 SONEINDELING .....	32
4.2.1 <i>Standardisering og variasjon</i> .....	32
4.2.2 <i>Buffere</i> .....	33
4.2.3 <i>Kontroll og kvalitet</i> .....	34
4.2.4 <i>Replanlegging</i> .....	35
4.3 VOGNSYSTEMET .....	36



4.3.1	<i>Standardisering og variasjon</i> .....	36
4.3.2	<i>Buffer</i> .....	37
4.3.3	<i>Kontroll og kvalitet</i> .....	38
4.3.4	<i>Replanlegging</i> .....	39
4.4	<b>BEMANNING</b> .....	40
4.4.1	<i>Standardisering og variasjon</i> .....	40
4.4.2	<i>Buffere</i> .....	41
4.4.3	<i>Kontroll og kvalitet</i> .....	41
4.4.4	<i>Replanlegging</i> .....	42
<b>5</b>	<b>DISKUSJON</b> .....	<b>43</b>
5.1	<b>TAKTPLANLEGGING I SKOLEPROSJEKT – RUSELØKKA</b> .....	43
5.1.1	<i>Taktens introduksjon og oppstart</i> .....	43
5.1.2	<i>Involverende planlegging (IP)</i> .....	44
5.1.3	<i>Premisser og logistikk</i> .....	45
5.2	<b>SONEINDELING</b> .....	46
5.2.1	<i>Standardisering og variasjon</i> .....	46
5.2.2	<i>Buffere</i> .....	47
5.2.3	<i>Kontroll og kvalitet</i> .....	47
5.2.4	<i>Replanlegging</i> .....	48
5.3	<b>VOGNSYSTEMET</b> .....	48
5.3.1	<i>Standardisering og variasjon</i> .....	48
5.3.2	<i>Buffer</i> .....	49
5.3.3	<i>Kontroll og kvalitet</i> .....	50
5.3.4	<i>Replanlegging</i> .....	51
5.4	<b>BEMANNING</b> .....	52
5.4.1	<i>Standardisering og variasjon</i> .....	52
5.4.2	<i>Buffere</i> .....	52
5.4.3	<i>Kontroll og kvalitet</i> .....	53
5.4.4	<i>Replanlegging</i> .....	54
<b>6</b>	<b>KONKLUSJON</b> .....	<b>55</b>
6.1	<b>KUNNSKAPSGAPET VED STUDIEN</b> .....	55
6.1.1	<i>Utførelse av taktplanlegging og -produksjon Ruseløkka</i> .....	55
6.1.2	<i>Erfaringer fra taktplanlegging og -produksjon Ruseløkka</i> .....	57
6.1.3	<i>Forbedringer til senere taktprosjekter</i> .....	58
6.2	<b>VIDERE ARBEID</b> .....	59
	<b>KILDER</b> .....	<b>60</b>
	<b>VEDLEGG A – TAKTPLAN RUSELØKKA</b> .....	<b>1</b>
	<b>VEDLEGG B – SONEINDELING RUSELØKKA</b> .....	<b>4</b>
	<b>VEDLEGG C – INTERVJUGUIDE MASTEROPPGAVE</b> .....	<b>8</b>
	<b>VEDLEGG D – INTERVJUGUIDE PROSJEKTOPPGAVE</b> .....	<b>11</b>
	<b>VEDLEGG E – PROSJEKTOPPGAVE (PILOTSTUDIE)</b> .....	<b>15</b>

## Tabelloversikt

Tabell 2.1: Matrisens søkefraser og tilhørende treff i hhv. «Takt prosjekt Veidekke» og «Soneinndeling», (Egenprodusert).....	6
Tabell 2.2: Intervjuobjekter til studien, (Egenprodusert).....	10
Tabell 2.3: Studiens dokumentinnhenting, (Egenprodusert).....	13
Tabell 3.1: Eksempelvis redskaper til hvert nivå av Lean-konseptet, (Egenprodusert fritt etter Modig & Åhlström (2019) og TPS).....	17
Tabell 3.2: IPs hovedelementer og innhold, (Egenprodusert fritt etter Bølviken et al. (2014)). ...	22
Tabell 3.3: Modell for sikker og effektiv drift, (Hentet fra Bølviken et al. (2014)). .....	23
Tabell 6.1: Utførelse med taktmetode Ruseløkka, (Egenprodusert).....	56
Tabell 6.2: Erfaring med taktmetode Ruseløkka, (Egenprodusert). .....	57
Tabell 6.3: Forbedringer til kommende taktprosjekter, (Egenprodusert).....	58

## Figuroversikt

Figur 2.1: Utvelgelsesstrategi for filtrering til kompetent tekstutvalg, (Egenprodusert).....	7
Figur 3.1: Nivåinndeling Lean-konseptet, (Egenprodusert fritt etter Modig & Åhlström (2019))....	17
Figur 3.2: Pull-system med kanban i uttak og produksjon, (Tommelein & Weissenberger, 1999). ..	19
Figur 3.3: LPS' hierarkiske flytskjema for planlegging, (Ballard, 2000). .....	21
Figur 3.4: Samlebåndsproduksjon for bil- og byggebransjen, (Porsche Consulting, 2011). .....	24
Figur 3.5: Iterative prosesser for grunnlaget til en taktplan, (Veidekke). .....	25
Figur 3.6: Jevn bemanning mot høy bemanningstopp, (Veidekke). .....	28
Figur 4.1: Ruseløkka Skoles fordeling av romtyper, (Egenprodusert). .....	32
Figur 4.2: Soneinndelingen for underetasje og 3.etasje, (Veidekke).....	33
Figur 4.3: Utdrag av Ruseløkkas taktplan med tidsbuffer markert i hvit, (Veidekke).....	37

# 1 Introduksjon

*I dette kapitlet presenteres tema og bakgrunn for temaet i studien. Det presenteres i tillegg hvilke forskningsspørsmål som skal besvares og avgrensninger i oppgaven.*

## 1.1 Masteroppgavens utgangspunkt

Det er kjent at byggebransjen i Norge har utfordringer med synkende produktivitet. *Takt* er en metode for planlegging og produksjon som kan øke produktiviteten ved å fjerne sløsing (Frandsen et al., 2014). For planlegging av produksjon er det blant forskere en generell oppfattelse at praktisering av modellen varierer internt i prosjektene. Frandsen et al. (2015) konkluderte med at funksjonærer og fagarbeidere som skal delta i produksjonen må planlegge takten grundig. Det for å skape gjensidig samarbeid med ansvar og eierskap til den utarbeidete planen for å fremme prosjektets beste.

Veidekke startet med taktproduksjon i 2010 og resultatene har variert mellom effektive vellykkede prosjekter til sammenbrudd av hele taktsystemet (Gardarsson et al., 2019). Det er kjent at graden av repeterende arbeidsoppgaver og soner er fordelaktig for benyttelsen av takt. Det har ført til utstrakt bruk i leilighetskomplekser, med studentby Moholt 50|50 ansett som et vellykket prosjekt. I studentbyprosjektet var det likevel rom for forbedringer blant fordelene takt skal gi (Vatne & Drevland, 2016).

Case for studien er Ruseløkka skole sentralt beliggende i Oslo sentrum. Veidekke Bygg Oslo er totalentreprenør i prosjektet. For å bli kjent prosjektets takt ble et møte mellom oppgaveforfatter, Veidekke-funksjonærer fra Ruseløkka og utviklingsleder i Veidekke, Sigmund Aslesen, arrangert høsten 2020. Det var motiverende, nyttig og lærerikt for den som vil praktisere takt og spare penger på det. Studiens utvikling har funnet sted i prosjektets slutfase for taktproduksjon. metoden i prosjektet er benyttet på innvendige arbeider. Planleggingen av taktproduksjon er regissert av Veidekkes funksjonærer på prosjektet i tett samarbeid med kontraherte underentreprenører. Planleggingsarbeidet ble utført med utgangspunkt i Veidekkes egenutviklede modell for *involverende planlegging* (Bølviken et al., 2014) og *seks steg for å lage en taktplan* (Frandsen et al., 2013; Frandsen & Tommelein, 2014). Taktproduksjon ble drevet etter planleggingens utgangspunkt i to tog med 21 vogner hver gående samtidig.

## 1.2 Oppgavens forskningsspørsmål

Utgangspunktet for hva masteroppgaven skal inneholde er utviklet i samtaler med representanter fra Veidekke og hovedveileder fra NTNU. Samtalene avdekket bransjens mangel på kunnskap og erfaringsoverføring til bruk av takt i komplekse prosjekter som skolebygg.

Forskning på planlegging og produksjon med takt er dokumentert gjennom flere studier; Haugen et al. (2020); Dlouhy et al. (2019); Gardarsson et al. (2019); Vatne & Drevland (2016); Frandsen & Tommelein(2016); Frandsen et al. (2013), er noen blant flere. Taktteori for prosjekter med repeterende soner er allerede godt dokumentert. Det er derimot vanskelig å finne case med taktbenyttelse som preges av ikke-repeterende soner.

Skoleprosjektet på Ruseløkka er unikt med både repeterende og ikke-repeterende soner i bygget. Kunnskapsgapet til denne kombinasjonen i et prosjekt vil derfor bli studert gjennom følgende forskningsspørsmål i et prosjekt med repeterende og ikke-repeterende soner:

- 1. Hvordan er planlegging og produksjon med takt utført på Ruseløkka-prosjektet?*
- 2. Hvilke erfaringer er det fra planlegging og produksjon med takten?*
- 3. Hva bør gjøres annerledes for å forbedre senere taktprosjekter?*

### 1.3 Oppgavens avgrensninger

Veidekke har flere pågående prosjekter med bruk av takt, men oppgaven vil kun ta for seg prosjektet ved Ruseløkka skole. Studien baseres på erfaringer fra planlegging og gjennomføring av taktproduksjon. For avgrensning av omfang trekkes det kun frem aspekter vedrørende den taktspesifikke delen av prosjektet med de innvendige arbeidene.

Som Frandson & Tommelein (2016) konkluderer er helhetsperspektiv og tverrfaglighet en viktig del av takt. I oppgaven videreføres tankegangen med involvering av perspektiver fra funksjonærer i Veidekke og ansvarlige ledere hos tekniske underentreprenører. Med masteroppgavens utgangspunkt i pilotstudien er perspektivene fra utførende tekniske fag blant utvidelsene i studien. Utover intervjuer er det ikke foretatt egne målinger. Byggherre og bestiller er utelatt studien siden involvering i prosjektets metodevalg var utelukket.

Med hensyn til pågående pandemi i studiens utvikling har planlagte observasjonsstudier blitt forsaket. Veidekkes interne restriksjoner for besøk på byggeplass, samt unngå unødvendig geografisk forflytning, har vært begrensende faktorer. Av samme grunn er kommunikasjon og intervju foretatt via nettbaserte videoløsninger.

## 2 Metode

*I møte med det som skal studeres er metode beskrevet som redskapen som vil bidra til anskaffelse av nødvendige informasjonen til studien (Dalland, 2017). I kapitlet vil valgt forskningsstrategi og -metoder bli utdypet i relasjon til oppgavens forskningsspørsmål. Evaluering av valgte metoder, samt styrker og svakheter, vil i tillegg bli presentert.*

### 2.1 Forskningsstrategi

#### 2.1.1 Kvalitativ forskningsprosess

Forskningsmetoder deles ofte i to ulike perspektiver – kvalitative eller kvantitative. Denne studien bygger på kvalitativ forskning gjennom metodene litteraturstudie, dokumentstudier og intervju. Hensikten til et kvalitativt perspektiv er å skape en helhetsforståelse av studieobjektene via både muntlig og skriftlig informasjon (Olsson & Sörensen, 2003). Det er fokus på et fåtall studieobjekter der varierte og mange opplysninger skal gi økt forståelse av det studerte. Kvalitativ forskning vurderes hensiktsmessig dersom forskeren ikke har dyptliggende kunnskap om temaet, og underveis i prosessen derfor kan endre eller justere forskningsspørsmål eller innfallsvinkel på tema.

Styrken til tre ulike metoder for datainnhenting er muligheten for triangulering av informasjon, som kan bidra til å øke validiteten til studien (Andersen, 2013). Likevel er det ingen garanti for at informasjonen blir korrekt via kryssjekk. Feil og skjevheter kan oppstå i en manglende forståelse av den dataen som foreligger. For å redusere feiltolkninger og potensielle skjevheter er aktiv bruk av troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet vært en del av trianguleringens kryssjekk.

Studiens forskningsstrategi er valgt konsentrert om kvalitativ forskningsprosess som følge av oppgaveforfatters kompetanse til fagområdet. Et mål med studien er en innføring til takt i skoleprosjekter med ikke-repeterbare arbeider og soner. Manglende erfaring med takt i prosjekter med denne karakteristikken betegnes som et kunnskapsgap i teorien. Basert på kvalitative studiers høye grad av etterprøvnbarhet (Olsson, 2011), er det vurdert at strategien fremstår spesielt egnet til å studere og bidra med å tette dette kunnskapsgapet.

For ytterligere forståelse av det studerte temaet kunne det vært hensiktsmessig med et supplement av kvantitativt perspektiv, siden det med fordel kan benyttes flere teknikker i trianguleringen (Andersen, 2013). Manglende teknikker, eksempelvis studier for innsamling av kvantitative data, er derfor en mulig svakhet i studien.

#### 2.1.2 Validitet og reliabilitet

Nytteverdi av en studie forutsetter betydelige krav til validitet. Uten validitet vet en ikke i hvilken grad studien måler det forskeren har hensikt å finne ut (Olsson, 2011). I begrepet validitet står gyldighet sentralt. Når innsamlet datamateriell er relevant (gyldig) til studiens hensikt og forskningsspørsmål, beskrives studien med god validitet. Olsson (2011) og Andersen (2013) konstaterer at god validitet oppnås ved bruk av flere teknikker som samlet indikerer graden av treffsikkerhet. Intern- og ekstern validitet er to begreper som må å skilles fra hverandre. Høy intern validitet uttrykker at resultatene er korrekte og har tilstrekkelig god gyldighet for det studerte utvalget. Ekstern validitet angir i hvilken grad resultatene fremstår gyldige for andre utvalg eller under andre betingelser. Denne

oppgaven er karaktergivende i emnet *TBA4910 – Prosjektledelse, masteroppgave*, i tillegg til å være en del av et samarbeid med Veidekke. Avveininger og vurderinger i studiens forskningsstrategi, metodebruk og hensikt for oppnåelse av intern eller ekstern validitet, vil kunne utfordres av ulike hensikter med studien fra henholdsvis NTNU og Veidekke. Siden oppgaveforfatter vil tiltre fast ansettelse i Veidekke ved endt studie, og tidligere har vært engasjert i sommerjobb for bedriften, må ekstra oppmerksomhet ytes for objektivitet og hensikt med studien. For å unngå bias i forskningen med hensyn til opparbeidet tilhørighet, er det studert et prosjekt hvor oppgaveforfatter ikke har vært delaktig. På denne måten unngås kollegiale relasjoner å være en del av studien.

Reliabilitet uttrykker graden av etterprøvbarehet eller reproducerbarhet til studien. God reliabilitet oppnås når målinger gjentas ved like betingelser og resultatene samsvarer ved gjentatte forsøk (Olsson, 2011). Systematiske skjevheter, feil eller målinger utenfor det forskeren har til hensikt å måle kan ha god reliabilitet, men er av begrenset nytteverdi. Oppnåelse av god reliabilitet erverves gjennom tydelige og korrekt beskrevne målemetoder og -parametere.

### 2.1.3 Pilotstudie

I forkant av masteroppgaven er det utført en prosjektoppgave med utgangspunkt i samme prosjekt på Ruseløkka. Pilotstudien som det refereres til i masteroppgaven kartla prosjektets taktplanlegging og produksjon, samt så på erfaringer og forbedringer ved gjennomføringen. Den ga interessante funn for prosjektets repeterende og ikke-repeterende soner som var motiverende å bygge videre på. Ekstern veileder i oppgaven, Sigmund Aslesen, formidlet interesse rundt innsamlet data og resultat, derfor er pilotstudiens forskningsspørsmål og aktuelle mekanismer videreført som en del av hovedstudien. Utvidelser som for eksempel intervjuobjekter med andre perspektiver, har gitt økt innsikt og forståelse i hovedstudiens forskning.

## 2.2 Forskningsmetoder

### 2.2.1 Litteraturstudie

Studiens hensikt er analyse og vurdering av takt i et skoleprosjekt gjennomført av Veidekke. I den forbindelse vurderes det viktig å utforske eksisterende litteratur om takt, samt nærliggende begrep og konsept, for å erverve bedre forståelse av fagområdet. Litteraturstudiet har i tillegg hensikten å forankre oppgaven teoretisk med aktuelle funn.

Tradisjonell litteraturstudie søker informasjon om et fastsatt studieobjekt eller fagområdet via varierte og mange opplysninger. Studiet identifiserer litteratur av relevans, beskriver den, og gir et sammendrag av kilden. Kilden vurderes kritisk etter fastsatte og hensiktsmessige parametere for søket (Jesson et al., 2011). Aktuelle kilder evalueres deretter for egnethet til egen forskning, eller i hvilken grad egen forskning passer inn i det studerte objektet eller fagområdet.

I emnene *TBA4151 Anleggsteknikk VK* og *TBA4128 Prosjektledelse VK* er det blitt utarbeidet en litteratursøkerapport gjennom en tradisjonell litteraturstudie. Rapporten var en betydelig del av vurderingsgrunnlaget i hvert av fagene. I utarbeidelsen ble det tilegnet gode teknikker for å studere, kartlegge og vurdere ulike funn, og teknikkene er videreført til bruk i denne studien. Funnet i litteratursøkerapporten har også gitt et betydelig bidrag til oppgaven. Flere kilder er fungerende som teoretisk tyngde i via referanser i teorikapitlet. Det samsvarer med Olsson (2011) som konstaterer at en forskningsstudie må inneholde et teorikapittel som tar for seg relevante teorier, begreper og aktuell forskning til

fagområdet. Teorikapitlet i denne oppgaven er mer eller mindre videreført i sin helhet fra pilotstudien. Med bakgrunn i argumentet at fagområdet ikke har utviklet seg nevneverdig siden pilotstudien, vurderes teorien like aktuell med oppgavens videreføring av tema og forskningsspørsmål.

I kapitlet *Rammeverk og prosess* følger en overordnet og forenklet dokumenteringsprosess sammenlignet med original litteratursøker rapport. Det påpekes at fremgangsmåte og vurderingskriterier har vært tilsvarende i denne studien. En evaluering av metoden følger etter dokumenteringsprosessen.

### *Rammeverk og prosess*

Som rammeverk for søket er det tatt utgangspunkt i Arksey og O'Malleys (2005) fem steg for litteratursøk:

1. Identifisere problemstilling og forskningsspørsmål
2. Identifisere relevante studier
3. Studere utvalget
4. Kartlegge data
5. Sortere, sammenfatte og presentere data

*Identifisering av problemstilling og forskningsspørsmål* er i samarbeid med hovedveileder fra NTNU, Ola Lædre, utviklet i den innledende fasen av studien. En følge av samarbeidet med Veidekke, og ekstern veileder Sigmund Aslesen, var at rammene for studien ble satt tidlig i studieprosessen. Det ble formidlet tydelige signaler på hva Veidekke ønsket å studere nærmere. Avgjørelsen i utforming av forskningsspørsmål kom som en konsekvens av innkallelse til erfaringsutvekslingen mellom oppgaveforfatter, utviklingsansvarlige i Veidekke og representanter fra Ruseløkka. Intervjuer til pilotstudien ble avtalt gjennomført i samme tidsrom som erfaringsutvekslingen. Utviklingen av intervjuguide var i hovedsak grunnen til å fatte en tidlig beslutning på forskningsspørsmålene.

For *Identifikasjonen av relevante studier* er flere metoder anvendt. Anbefalt og tilsendt litteratur fra hoved- og ekstern veileder er gjennomgått. Disse kildene ble utgangspunkt for *snowballing*, som betyr at kildens referanseliste utforskes med mål om å identifisere og tillegge ny aktuell litteratur (Wohlin, 2014). Henholdsvis ble teknikkene forward- og backward-snowballing benyttet (Wohlin, 2014). Ny aktuell litteratur ble bevart for senere å bli vurdert i steg 5 av rammeverket for litteratursøk.

Mest ressurser er blitt benyttet i metoden for søk i elektroniske databaser. Med søk i flere anerkjente databaser har hensikten vært ivaretagelse av en bred tilnærming. På den måten innhentes varierte treff hvor taktbegrepet kan forstås gjennom mange ulike opplysninger, det i tråd med det kvalitative tankegodset. Tabell 2.1 viser til fire ulike databaser der *Google Scholar*, *Oria* og *Scopus* er anbefalt i NTNUs *Veien til informasjonskompetanse* (VIKO<sup>1</sup>). IGLC er supplerende database med publikasjoner fra de årlige fagkonferansene med samme navn. Konferansen, og tilhørende konferanseinnlegg, er spesialrettet mot konsepter og design innenfor Lean og ble anbefalt fra veilederne.

---

<sup>1</sup> Kurs i informasjonskompetanse for studenter ved NTNU. Utviklet av NTNU Universitetsbiblioteket.

Tabell 2.1: Matrisens søkefraser og tilhørende treff i hhv. «Takt prosjekt Veidekke» og «Soneinndeling», (Egenprodusert).

Nummer	Søk	Filtrering	Database				Referanse til intervjuguideoppsett
			Google Scholar Norsk	Oria Norsk	Scopus Engelsk	IGLC Engelsk	
1	Takt	Alle felt	294 000	21 079	1 525	65	Takt prosjekt Veidekke
		OG Planlegging/AND Planning	14 100	224	427	23	
		OG Veidekke/AND Veidekke	358	4	4	1	
2	Taktplanlegging/takt planning	Alle felt	37	12	45	1	
		OG Veidekke/AND Veidekke	26	6	4	1	
3	Taktplan*	Alle felt	185	16	6	1	
		Språk: Engelsk	57	3	6	1	
		Språk: Norsk	-	12	-	-	
		Språk: Svensk	-	-	-	-	
4	Takt	Språk: Engelsk	53 700	10 643	1 525	65	
		AND Time	25 600	7 311	945	26	
		AND Planning	10 900	1 524	4	16	
		AND Veidekke	36	-	4	1	
5	"Involverende planlegging"/"Collabrotive Design Management"	Fråse	167	23	111	2	
		OG - /AND "Last planner system"	91	6	30	-	
		OG Veidekke/AND Veidekke	74	6	11	-	
6	Veidekke	Alle felt	2 790	4 085	87	3	
		OG Møtestruktur/AND Meeting structure	65	-	1	-	
		OG Takt	27	-	-	-	
7	Soneinndeling/Zoning	Alle felt	1 230	40	78 700	1	
		OG Utfordringer/AND Challenges	748	11	12 272	-	
		OG Taktplan*/AND Takt	7	-	1	-	
8	Sone*/Zone	Alle felt	430 000	353 843	2 434 413	13	
		OG Utfordringer/AND Challenges	15 500	132	257 527	-	
		OG Taktplan*/AND Takt	13	-	11	-	

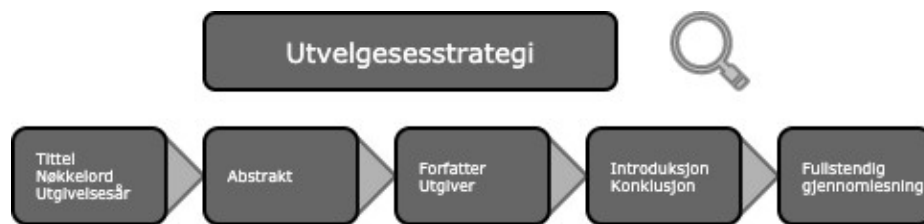
For å sikre presisjon i søkene er det valgt ut søkeord relevant til takt og nærliggende begrep. Tilegnelse av søkeord og -fraser er et resultat av flere veiledningsmøter og undersøkelse av tilsendt litteratur. Utover søkeord og -frasers tilknytning til fagområdet, gjenspeiler de en spesiell aktualitet til forskningsspørsmålene.

Oppsettet for søk i matrisen følger intervjuguidens struktur for lettere å knytte data fra de ulike forskningsmetodene sammen. Intervjuguiden er utarbeidet med bakgrunn i forskningsspørsmålene, og er i tillegg strukturdannende for oppgavens resultat og diskusjonsdel. Et bevisst valg med den gjennomgående strukturen for systematisering og formidling av data og funn, har hatt hensikten å ivareta forskningsspørsmålene både bevisst og ubevisst under forskningen. Strukturvalget har fremstått helt sentralt for å holde oversikt i både søkeprosess og studie som helhet. Oppsettets inndeling er eksemplifisert med *Takt prosjekt Veidekke* (justert til *Taktplanlegging i skoleprosjekt – Ruseløkka* i oppgaven) og *Soneinndeling* i Tabell 2.1 som er et utsnitt av søkematrisen. Intervjuguidene til henholdsvis pilot- og hovedstudie er vedlagt oppgaven (Vedlegg C og D).

*Studere utvalget og Kartlegging av data* er systematisert i matrisen ved fremvisning av antall treff i databasen og fargemarkering. Videre kartlegging av datautvalget forholder seg til fargemarkeringer, der blå markering i sin helhet bringes videre, mens oransje markering gjennomgås med kortfattede vurderinger i form av tittel, nøkkelord og utgivelsesår. Maksimalt kunne 15 treff bringes videre ved blå markering, mens oransje markering baserte seg på skjønnsmessige vurderinger om eventuell videre kartlegging.

Metodene i form av søk i databaser, tilsendt litteratur og snowballing, ga opphav til en tabell med 70 tekster. Med en definert utvelgelsesstrategi (Figur 2.1), som et ledd i *Sortere og sammenfatte data*, ble tekstutvalget redusert til 26 i antall. For ivaretagelse av et kompetent og kvalitetssikret tekstutvalg ble ytterligere vurderinger utført. TONE-prinsippet, med vurderinger av troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet til tekstkilden, ekskluderte seks nye tekster. Totalt ble 18 tekster kvalitetssikret for videre bruk.





Figur 2.1: Utvelgesesstrategi for filtrering til kompetent tekstutvalg, (Egenprodusert).

## Evaluering av litteraturstudie

Styrken til en litteraturstudie er dannelsen av et godt overblikk over fagområdets eksisterende forskning og litteratur. Prosessen med tilsendt litteratur og ytterligere snowballing, ga relativt raskt tilstrekkelig god oversikt over takt og taktens komponenter. Senere bidro tilegnet kunnskap av fagområdet til å sette en ramme for elektroniske databasesøk. Blant databasene ga Google Scholar og Oria et godt og variert overblikk av takt, med størst hyppighet i skandinavisk-språklige publiseringer. Søk i Scopus spisset treffene mot publikasjoner med tydelig relevans i kildens abstrakt. Scopus leverte i tillegg omfattende siteringsinformasjon for treffene. Det ble nyttig for snowballing av litteraturen. IGLC bidro positivt til å forstå dagens forskermiljø sitt ståsted i fagområdet. To sistnevnte databaser var bestående av internasjonale publikasjoner, og måtte spesielt vurderes i lys av norsk byggeskikk og -lov.

Tradisjonelle litteraturstudier følger nødvendigvis ikke en definert og grundig metode, og det begrenser muligheten for etterprøvbarehet. Karakteristikk som åpen og fleksibel (Jesson et al., 2011) og med personavhengige valg, er begge med på å svekke metodens reliabilitet. Hvilke tekster som vurderes kompetent til videre bruk vil kunne variere mellom individer. Gjennom søkematrixens presise dokumentering av søkeord, filtrering, databasetreff og fargemarkering, er det gitt et positivt bidrag til mulig gjentagelse av søket. Når det gjelder TONE-vurderinger fremstår det sprikende i både positiv og negativ retning. Det bidrar positivt å fremheve vurderingene oppgaveforfatter har til tekstkilden, men til samme tid er dette subjektive vurderinger som er negativt for resultatet. Den resulterende tabellen med 70 tekster samlet gjennom de ulike søkemetodene, er av tidshensyn for omfattende til fullstendig vurdering av samtlige tekster. Dette er en svakhet med tabellen, men også litteraturstudiet som helhet. Er fagområdet stort blir utvalget omfattende. Inntrykket som avgjør om teksten vurderes relevant baseres på utvelgesesstrategien, der korte utdrag av tekstinnholdet analyseres steg for steg. Det er reelt at nyttig informasjon forbigås med en slik strategi.

Samlet vurderes forskningsmetoden tradisjonelt litteraturstudiet som formålstjenlig for studien. Litteraturstudiets utviklede teknikk, i betraktning av kritiske og selvstendige vurderinger og refleksjoner, har utviklet oppgaveforfatters evne til å sortere vekk irrelevant informasjon. For studien som helhet har dette vært gunstig. Dette i tillegg til den teoretiske forankringen som resultatet av litteratursøkerapporten har tilført oppgaven. Rapportens litteratur om takt og tilhørende begreper fremstår kvalitetsmessig egnet og trygg i bruk.

## 2.2.2 Casestudie

Casestudier er ikke entydig definert som metode, og det verserer ulike tilnærminger i studietypens omtale (Andersen, 2013). Det fremstår likevel en enighet om at casestudier er mer enn bare kvalitativ forskningsstrategi. Yin (2014) argumenterer for casestudie som en forskningsmetode som kan eller bør kombineres med andre metoder i arbeidet med å besvare forskningsspørsmålene. Dahlum (2020) definerer casestudie til utgangspunkt å omfatte en enhet, der et formål kan være å studere enheten for så behandle og forstå resultatene i en større sammenheng. Yin og Dahlum sine argumenter for casestudie er begge relevant til studien.

I forbindelse med Dahlums definering av metoden står begrepet *teoretisk generalisering* sentralt. Kort beskrevet handler det om hvilken grad den studerte enhetens resultat lar seg transformere *fra case til teori*. Generalisering med hensyn til studiets hensikt, er å bringe erfaringer og forbedringer (to av forskningsspørsmålene) fra casestudien til nyttig lærdom for fremtidige prosjekter. Slik vil casefunnene kunne bidra til å utvikle teorien tilknyttet takt som metodikk og fagområdet. Vurderes det til at funn i studien har god overførbarhet til andre prosjekter og/eller til utvikling av teori, betraktes funnene som generaliserbare. Ifølge Yin (2014) er generalisering et mål på ekstern validitet, som tidligere er formidlet til hvilken grad studiens funn er aktuell utover den spesifikke studien.

Studiens hensikt har vært å studere taktmetoden i planlegging- og produksjonsfasen i prosjekt som karakteriseres med høy grad av *ikke-repeterbare arbeidsprosesser*. Det er arbeidsprosesser i byggeprosjekt utformet med få standardiserte rom, soner eller områder (Tommelein, 2017). Takt er en planlegging- og produksjonsmetode for bruk i produksjonssammenheng, og beskrives som den nødvendige tiden det tar å fullføre et produkt for å imøtekomme kundens bestilling og krav (Frandsen et al., 2013). Ikke-repeterbare arbeidsoppgaver og soner gjør planlegging av takt utfordrende, og av den grunn har takt vært foretrukket i prosjekter med stor hyppighet av repeterbare rom, soner og områder. Studier viser likevel til positive aspekter og resultater for prosjekter preget av ikke-repeterbare arbeidsoppgaver og soner (Linnik et al. (2013); Tommelein (2017); Binninger et al. (2017a)). På bakgrunn av positive aspekter, og et uttalt ønske fra Veidekke om å studere takt i skolebygg og forretningsbygg, er prosjektet Ruseløkka skole valgt som case for oppgaven. Overordnet er Ruseløkka egnet som følge av; å være et skolebygg, anvender taktmetode på innvendige arbeider, og preges av ikke-repeterbare arbeidsoppgaver og soner. Ruseløkka er i tillegg interessant siden det praktiseres to takttog for produksjonen. Togene går parallelt i tid, men er kort beskrevet atskilt til hver sin halvdel av bygget. Med hensyn til de to togene, et tog gående i repeterende soner og et i ikke-repeterende soner i det samme prosjektet, gjør det Ruseløkka til en spesiell og god case å studere. Denne kombinasjonen ble avgjørende for Ruseløkka i valget av case til oppgaven. Under følger tre seanser med Veidekke som har bidratt til informasjon, motivasjon og faglig påfyll i arbeidet med å studere caseprosjektet.

### *Informativt møte med Veidekke*

I studiens oppstart ble det avholdt et møte mellom oppgaveforfatter, utviklingsleder i Veidekke, Sigmund Aslesen, og tidligere student ved NTNU (nå ansatt i Veidekke), Celine Greger Haugen. Agendaen var å innlede et mastersamarbeid mellom oppgaveforfatter og Veidekke. I møtet presenterte utviklingsleder innholdet i Veidekkes taktmodell, og Haugen supplerte med erfaringer tilknyttet eget masterarbeid. Det var nyttig med informasjon som bedret forståelsen av fagfeltet i en så tidlig fase av studien. Det ga grobunn til valg av tema og forskningsspørsmål. Presentasjonsmaterialet ble i etterkant oversendt

oppgaveforfatter som en del av dokumentstudiet. Spesielt har det bidratt til beskrivelse av Veidekkes praktisering av takt. Initiativet Veidekke viste var også svært motiverende for arbeidet med studien. Sigmund Aslesen har i ettertid fungert som ekstern veileder i råd og kommunikasjon for samarbeidet med Veidekke.

### *Erfaringsutveksling ved Ruseløkka skole*

I forbindelse med Veidekkes ønske om å utvikle taktmetoden til å fungere på mer komplekse prosjekter, ble det arrangert en erfaringsutveksling mellom funksjonærene på Ruseløkka og utviklingsansvarlige i Veidekke. Møtet ble opprettet som en del av oppgaveforfatteres mastersamarbeidet med Veidekke, og oppgaveforfatter deltok selv som observatør på møtet. I møtet presenterte funksjonærene, henholdsvis prosjektleder og to anleggsledere, deres egne erfaringer fra gjennomføringen med bruk av taktmetoden. Underveis oppsto det faglige diskusjoner mellom funksjonærene og utviklingsansvarlige som omhandlet det som ble presentert. Det ble i all hovedsak diskutert hva som har vært suksessfaktorer og hva som har vært utfordrende eller hemmende i forbindelse med takten.

Deltagelsen på utvekslingen var viktig for studien ved at det ble knyttet kontakt med ansvarlige ved Ruseløkka og ansvarlige for utvikling i Veidekke. Den ga i tillegg usedvanlig godt innblikk i den praktiske gjennomføringen av takt på prosjektet. Som helhet var erfaringsutvekslingen et solid og uvurderlig faglig tilskudd. Mange av aspektene diskutert opptrer som en del av resultat- og diskusjonsdelen i denne oppgaven.

### *Webinar om «Taktplanlegging» av Lean Construction Norge (LC-NO)*

Med ekstern veileder presenterende i webinar om Veidekkes bruk av takt, åpnet det seg deltagelse for oppgaveforfatter. Seansen ga et faglig tilskudd som har vært med på å forme oppgaven. Webinarets fokus på rasjonelle bygg, involvering av bas og synliggjøring av det som ikke skal taktes, har vært nyttig for oppgavens diskusjonsdel. Funn analysert som en del av pilotstudien med Veidekke ble også trukket frem som erfaringer i Veidekkes taktbruk. Det var motiverende for studiens videre arbeid.

### *Evaluering av casestudie*

Reliabiliteten til en enkeltstående casestudie som denne har vesentlige begrensninger. Hvert prosjekt har særegenheter knyttet til seg, noe som gjør funn og tendenser i studien til å være bundet en ikke ubetydelig usikkerhet. Flere caser av samme art vil i så måte gi oppgaven økt reliabilitet. Ekstern validitet i studien kan betraktes som Veidekkes ønske om å oppnå konkrete funn som kan forbedre bedriftens effektivitet. Det kreves flere caser også i denne sammenheng for å kunne si med sikkerhet om effektiviteten er styrket. Intern validitet vurderes oppfylt som følge av intervju og dokumentinnhentingens betydelige bidrag til å besvare forskningsspørsmålene. Fullstendige evalueringer for intervju og dokumentinnhenting følger i neste delkapitler.

Møtene med Veidekke spriker i begge retninger for reliabilitet og validitet til studien. Samtlige seanser har pekt ut mekanismer som Veidekke erfarer viktig for vellykkede taktprosjekt. Det har gjort identifikasjonen av sentrale områder å drive forskning på enklere. Med Veidekkes kunnskap og offensive praktisering av takt er det styrkende for reliabilitet og validitet. Negativt er det for forskning og identifikasjon av områder som kan være forbigått ved at mekanismene ikke ble aktualisert i møtene. Samlet er studien likevel styrket i reliabilitet og validitet siden Veidekke ligger langt fremme på takt.

### 2.2.3 Intervju

Med casestudie som metode ble det vurdert nødvendig å benytte seg av intervjuer for å gå i dybden på prosjektet. Ettersom det ikke foreligger studier på skolebygg med taktregi i produksjonen, er det vurdert hensiktsmessig med bruk av intervju til innhenting av informasjon. I det innledende arbeidet gjennom pilotstudien til masteroppgaven ble det gjennomført tre intervjuer som er videreført i denne oppgaven. Det går frem av Tabell 2.2 når intervjuene er gjennomført og hvem som er blitt intervjuet. Ivaretagelse av personvern begrenser ytterligere navngivning enn det som fremgår av tabellen. Pilotstudiens intervjuobjekter var representert med relativt like roller i prosjektet, men de utøvde ulikt ansvarsområde utover de respektive rollene. Valget av intervjuobjekter fremstod ikke klart for oppgaveforfatter på forhånd, men i kontakt med en representant fra caseprosjektet ble det avgjort å intervju de som sto planlegging og produksjon nærmest. Dette var nøkkelpersoner i funksjonærstaben. For en bredere tilnærming i studien ble antall intervjuobjekter utvidet etter pilotstudien. Det innebar intervju av ansvarlige ledere fra de tekniske fagene ventilasjon, elektro og rør. På denne måten sikres flere innfallsvinkler tilknyttet takten i prosjektet. Kriteriet med delaktighet i planlegging og produksjon var også avgjørende i utvidelsen av intervjuobjekter. I oppgavens resultat- og diskusjonskapittel vil de to grupperingene av intervjuobjekter omtales som henholdsvis «funksjonærene» og «tekniske fag» i de fleste sammenhenger.

Tabell 2.2: Intervjuobjekter til studien, (Egenprodusert).

Nr.	Intervjuobjekt	Ansvarsområde	Dato, Sted
1	Prosjektleder	Overordnet, økonomi	11.09.20, Ruseløkka
2	Anleggsleder	Teknisk anlegg	11.09.20, Ruseløkka
3	Anleggsleder/Prosjektleder (fungerende PL i 4 mnd. pga. permisjon)	Overordnet driftsansvar, økonomi	11.09.20, Ruseløkka
4	Prosjektleder Ventilasjon	Overordnet, økonomi, montasjeleder	19.04.21, via video
5	Anleggsleder Elektro	Driftsansvar, montasjeleder	01.03.21, via video
6	Anleggsleder/Bas Rør	Driftsansvar, økonomi logistikk	08.03.21, via video

#### Intervjuguide

I forberedelsene til intervjuene på Ruseløkka og via video ble det i samråd med hovedveileder utviklet en intervjuguide. Prosedyren med utarbeidelse av intervjuguide støttes oppunder av Olsson (2011) som en god og viktig forberedelse til gjennomføring av intervju. Guiden ble utformet etter det Yin (2014) karakteriserer som et semistrukturert intervju. Det kjennetegnes ved et åpent og løssluppent intervju, men med visse holdepunkter i form av spørsmål og stikkord som opprettholder intensjon og aktualitet. Oppfølgingsspørsmål underveis i intervjuet er essensielt for å få sikre tilstrekkelig dybde i dataen hentet fra intervjuobjektet. I tilknytning til intervjuene i pilotstudien var det nyttig

å ha deltatt på erfaringsutvekslingen ved Ruseløkka i forkant, da dette gjorde oppgaveforfatter oppmerksom på flere egnede oppfølgingsspørsmål. Med modning og kompetanseheving falt dette mer naturlig under intervjuutvidelsen av studien.

Intervjuguiden fulgte et overordnet oppsett med fire punkter; *Takt prosjekt Ruseløkka (Taktplanlegging i skoleprosjekt – Ruseløkka i oppgavebesvarelsen), Soneinndeling, Vognsystem og Bemanning*. Ytterligere to punkter i guiden handlet om intervjuobjektene bakgrunn og standardiserte avslutningsspørsmål. Stikkord (elementer) tilhørende intervjuguidens fire punkter har i likhet med det overordnede oppsettet bidratt til å knytte aktuell data sammen. I studiens resultat- og diskusjonsdel er disse å se som overskrifter av 3.nivå. For *Taktplanlegging i skoleprosjekt – Ruseløkka* er det enkeltstående elementer, mens elementene er gjennomgående for de resterende punktene. De gjennomgående er *Standardisering og variasjon, Buffere, Kontroll og kvalitet* og *Replanlegging*. Intervjuguiden fra de to intervjurundene ligger vedlagt oppgaven.

På forhånd av intervjuene ble intervjuguidene oversendt representanten fra Ruseløkka for videre distribuering til intervjuobjektene. I noen tilfeller ble den sendt direkte til intervjuobjektet. Hensikten var å gi muligheten til å forberede seg på holdepunktene i intervjuet, samt informasjon om hensikt og anonymitet til innsamlet datamateriell. Forberedelsene til de respektive intervjuobjektene ble oppfattet svært blandede. Underveis i intervjuene ble ikke guidens holdepunkter fulgt slavisk, men den fungerte som et rammeverk for samtalen. En løssluppen og dynamisk samtale er i tråd med semistrukturens hensikt (Yin, 2014). Sett i lys av pandemi og eskalerende smitte i samfunnet utover våren 2021, oppfattes det spesielt gunstig med gjennomføring av intervju i pilotstudien. Det mellommenneskelige aspektet synes å komme best til uttrykk ved fysisk deltagelse fremfor videoløsninger. Det anses som styrkende for studien at det lot seg gjennomføre. Bygging av relasjoner for eksempelvis dokumentinnhenting bør heller ikke undervurderes som en del av den fysiske deltagelsen.

Ved begge løsningene for intervju ble det benyttet taleopptak for å begrense at informasjon gikk tapt. Opptaket ble benyttet med samtykke fra de involverte. Intervjuene ble i etterkant transkribert, for senere bli oversendt intervjuobjektene for godkjenning. Justeringer ble gjort ved ønske om endringer i innhold. Ved endelig godkjenning ble resultatene analysert og implementert som en del av oppgavebesvarelsen. Betydelige deler av oppgavens resultater og drøftelser bygger på funn hentet fra intervjuene.

### *Evaluering av intervju*

Yin (2014) henviser til både styrker og svakheter ved intervju som forskningsmetode. En klar styrke ligger i den målrettede informasjonsinnhenting som muliggjøres ved intervju. Det kan fokuseres direkte på studiens problemstilling og forskningsspørsmål, og på den måten gi dagsaktuell informasjon og data til forskningen. Med intervju er det også mulig å danne et godt bilde av intervjuobjektets synspunkter i tilknytning til forskningsspørsmål eller andre årsaksforklaringer. Dette er bidrag som vil kunne styrke studiens interne validitet.

Motsatt av god målretting og innsikt ligger intervjumetodens svakheter. Det kan lett oppstå skjevhet i resultatene ved at intervjuer vinkler spørsmålene i en tilsiktet retning, og/eller at intervjuobjektet svarer partisk. I denne sammenheng påpekes det at oppgaveforfatter hadde en viss kjennskap til prosjektet før intervjuene. Dette gjennom sommeransettelse i bedriften, senere fast ansettelse, og som deltagende på erfaringsutvekslingen i forkant av pilotstudiens intervju. Ved å intervju personer som ikke har tilknytning til Veidekke i form

av et ansettelsesforhold vil det kunne være bidragsytende til å synliggjøre flere sider ved prosjektet, også mer negative. Intervjuutvidelsen styrker objektiviteten og øker validiteten. Skjevhet kan som nevnt forekomme ved at intervjuer med eller uten intensjon søker ønskede svar av intervjuobjektet som nødvendigvis ikke er reelle. Ved å oversende transkriberingen til objektene og justere ved ønskede endringer, anser oppgaveforfatter denne svakheten å bli håndtert på en måte som begrenser feilinformasjon. Det vurderes derfor at ingen tydelig form for partiskhet oppsto i gjennomføringen. Yin konstaterer også at det kan forekomme unøyaktigheter i referering av taleopptaket når det er benyttet. Svakheten vurderes til ikke gjeldene siden besvarelsene anonymiseres.

Reliabiliteten til intervjumetoden er utfordrende å stadfeste. Utvalget med intervjuobjekter er relativt lavt, noe som gir opphav for en reell usikkerhet tilknyttet informasjonen. Et lite utvalg objekter vil i tillegg kunne begrense slutningene til kun å være aktuell for det studerte prosjektet (Jacobsen, 2015). I så måte begrenses den eksterne validiteten hvis man ser på ekstern validitet til å omhandle det som går utenfor den studerte organisasjonen. Et for stort utvalg objekter vil igjen gjøre det utfordrende å identifisere mønstre og særtrekk i den påfølgende store informasjonsmengden som må behandles. Færre intervjuobjekter kan bidra til tydeliggjøring av mønstre og funn.

#### 2.2.4 Dokumentstudier

Utover funn i gjennomført litteraturstudie bygger oppgaven på dokumenter i tilknytning til prosjektet på Ruseløkka. Ekstern veileder og kontaktperson ved Ruseløkka har vært behjelpelig med oversending av interne dokumenter i Veidekke. Informasjonen innhentet via dokumentstudier skiller seg vekk fra de andre forskningsmetodene ved at dokumentene er produsert til et annet formål enn direkte bruk i forskning. Majoriteten av de tilsendte dokumentene er opprinnelig benyttet internt i det studerte prosjektet eller i Veidekke som organisasjonen. Informasjonen er av disse grunnene ikke offentlig tilgjengelig, men belysende utdrag/-klipp av dokumentene er vedlagt i oppgaven. Innhentede dokumenter har eksistert i kvalitative og kvantitative former. Bakgrunnen for å benytte metoden til å skaffe informasjon er i all hovedsak rettet mot besvarelsen av forskningsspørsmålene. Det må understrekes at innhentede dokumenter også har bidratt til en overordnet bedre forståelse og kompetanse omkring takt. I noen tilfeller har dokumentene bidratt til å forankre oppgaven teoretisk.

##### *Innhenting av dokumenter*

Ervervelse av dokumenter har forløpt ved direkte kontakt med funksjonærgruppen på Ruseløkka og ekstern veileder. I tilfeller der etterspørselen ikke har dreid seg om konfidensiell og hemmeligholdt informasjon, ble dokumentene oversendt etter en kvalitetssjekk hos de respektive avsenderne. I Tabell 2.3 følger en oversikt over dokumentene som har vært relevant til studien. Det orienteres om dataens type, formål, tidspunkt for ervervelse og avsender, i tråd med Olssons (2011) praktiske rapportskrivning. Majoriteten av dokumentene er innhentet i pilotstudiens slutfase, og har blitt studert i sin helhet for masteroppgaven.



Tabell 2.3: Studiens dokumentinnhenting, (Egenprodusert).

Nr.	Navn	Formål	Tidspunkt	Avsender
1	Takt kortpresentasjon, Veidekke.	PowerPoint med informasjon om Veidekkes taktmetodikk.	01.09.20	Ekstern veileder, Veidekke.
2	Presentasjon takt Ruseløkka skole.	PowerPoint med erfaringer fra taktplanlegging og -gjennomføring fra Ruseløkka.	30.11.20	Prosjektleder, Ruseløkka.
3	Takt Ruseløkka skole 23.06.2020.	Excel taktplan for produksjon på Ruseløkka.	30.11.20	Prosjektleder, Ruseløkka.
4	Hovedfremdriftsplan 30.11.2020.	Fremdriftsplan for hele prosjektet.	30.11.20	Prosjektleder, Ruseløkka.
5	Planoversikter alle plan	Illustrere soneinndeling.	30.11.20	Prosjektleder, Ruseløkka.

### Evaluering av dokumentstudier

Innhenting av dokumenter er et direkte resultat av vurderinger gjort opp mot studiens forskningsspørsmål. Dette bidrar til å styrke intern validitet for oppgaven. Oversendte dokumenter ble vurdert etter relevans, og forkastet ved ikke egnet. I likhet med casestudiet som metode, er dokumentstudiet preget av å være én enhet som studeres. Vurderinger om oppnåelse av ekstern validitet er derfor utfordrende å bedømme.

For oppgaven som helhet er det krevende å være tydelig omkring dens reliabilitet. Det skyldes taktmetodens relativt ferske innkomst til byggebransjen, og at det derfor må antas at metoden vil utvikles raskt i tiden som kommer. I et slikt perspektiv bidrar dokumentstudiet til å styrke reliabiliteten i et innkapslet tidsrom her og nå, mens oppgavens fremtidige reliabilitet fremstår preget av usikkerhet. Med en tilsynelatende kort aktualitet er det samlet sett en svakhet til oppgaven.

## 2.3 Analyse

For alle metodene som er benyttet i studien er det vurdert nødvendig å gjennomføre en analyse av innsamlet datamateriell. Hensikten bak er å filtrere, samt sortere all data slik at de mest interessante funnene ble ivaretatt. Analyseteknikkene for de ulike metodene har vært gjennomgående fra pilotstudien til arbeidet med denne oppgaven.

For oppgavens tradisjonelle litteraturstudium innebar analysen fullstendig gjennomlesning av de 18 tekstkildene som ble vurdert tilstrekkelig etter TONE-vurderinger. Tekstene ble lagret og systematisert i bibliotekverktøyet *Zotero*<sup>2</sup>, for senere å bli referert til i oppgaven.

Analysen for intervjuene i oppgaven er bestående av transkripsjon og koding. Av Røe (2005) forklares transkripsjon til å få datamaterialet (taleopptakene) over på en lesbar form. Transkripsjonen gjennomgikk så åpen koding, som innebar å sette navn på *foreløpige kategorier* (Røe, 2005). Med intervjuguiden som utgangspunkt ble det brukt følgende kategorisering for åpen koding; *Taktplanlegging i skoleprosjekt – Ruseløkka, Soneinndeling, Vognsystem og Bemanning*.

<sup>2</sup> *Zotero* er et verktøy for håndtering og sitering av referanser i bl.a. Microsoft® Word.

Aksial koding ble benyttet for å *analysere* og *modifisere* de foreløpige kategoriene. I all hovedsak var det å knytte sitat i transkripsjonen til teoridelen av oppgaven. Utgangspunktet for aksial koding var intervjuguidens underpunkter; *Standardisering og variasjon*, *Buffere*, *Kontroll og kvalitet*, og *Replanlegging*. For eksemplifisering av modifiseringen i aksial koding ble sitat tilknyttet buffere i transkripsjonen kommentert til å være enten; *Tidsbuffer*, *Kapasitetsbuffer*, *Områdebuffer* eller *Planbuffer*. Ytterligere effektivisering ved kodingen var å merke sitatets relevans til de ulike forskningsspørsmålene.

Analyseteknikken benyttet for dokumentstudiet er oppgaveforfatters subjektive analyser og vurderinger om i hvilken grad dokumentet er relevant til noen av forskningsspørsmålene. Siden dokumentene er oversendt på etterspørsel fra oppgaveforfatter ble kun et fåtall dokumenter ekskludert fra studien. Det innebar at fem dokumenter er benyttet i oppgaven.



## 3 Teori

I kapitlet vil oppgavens teoretiske grunnlag for taktmetodikk presenteres. Basert på utvalgte publikasjoner vil kapitlet først gjennomgå historisk utvikling av takt med utgangspunkt i Lean. Beskrivelser av sentrale begrep og prinsipper i relasjon med takt, samt taktspesifikke elementer følger så i kapitlet.

### 3.1 Lean – historisk bakgrunn

Lean er blitt et globalt begrep som brukes av alle typer bransjer. Modig og Åhlström (2019) påpeker at det finnes utallige definisjoner, og begrepsomtalen varierer mellom prinsipper, strategi, kultur, filosofi eller abstrakt konsept. Flere tror begrepet er en forkortelse, mens det i realiteten stammer fra det engelske ordet lean som betyr slank. Kort fortalt handler det om prosjektledelse for økt lønnsomhet og med kundens opplevelse av verdi i fokus.

#### 3.1.1 Produksjonspraksis ved Ford og Toyota

Samlebåndsproduksjonen som ble introdusert ved Henry Fords bilfabrikker gjorde produksjonen av komplekse mekaniske produkter hurtigere og mer lønnsom (Hopp & Spearman, 2011). Der det tidligere var vanlig at arbeiderne monterte delene selv, for senere montere delene på det ferdige produktet, effektiviserte Ford produksjonen ved å la arbeiderne ha faste oppgaver på faste stasjoner ved samlebåndet. Optimalisering gjennom samlebåndproduksjonen reduserte Fords totale arbeidstid på Model T fra 12.5 timer til 1.5 timer. Det resulterte i total dominans av markedet der Ford alene sto for 2/3 av USAs bilsalg (Hopp & Spearman, 2011). Etter en tid avtok dominansen og det begrunnes i Fords fraværende interesse av å sette sluttbrukerens opplevde verdi i fokus.

Helt siden 1930-tallet hadde Toyota Motor Company observert Fords samlebåndsproduksjon i Detroit, USA. Japanerne detekterte forbedringspotensial tidlig, men «hjelp» på veien fikk de av herjingene i 2. verdenskrig som satte dem i knestående i tilgangen på alle slag av ressurser; kapital, materiell, kompetanse etc. (Moore, 2007). Modig & Åhlström (2019) peker også på Japans geografiske beliggenhet som en utfordring. Landområdet er lite med knapphet på ressurser og det er høye transportkostnader i forbindelse med tilførsel av råmaterialer. I mangel på ressurser måtte en påtvunget ærgjerrighet i produksjonen til for å overleve. Det innebar ingen produksjon utover markedets behov, utvikling av teknikker som reduserte sløsing og kontinuerlig forbedring av prosessene. Produksjonssjefen i Toyota på den tiden, Taiichi Ohno<sup>3</sup>, rettet fokus mot syv typer sløsing i deres produksjon: overproduksjon, venting, materialtransport, overprosessering, lager/varebeholdning, unødvendig forflytning av arbeidere og defekter/feil i produktet. Listen er i ettertid adoptert som en del av prinsippene for Lean, og i en publikasjon av Koskela et al. (2013) vurderes sløsingene som overførbare og relevante til byggeindustrien.

På 70- og 80-tallet var hegemoniet dreid i favør Japanske bilprodusenter, og amerikanerne hadde blitt utkonkurrert på kvalitet og pris. Rollene var byttet, USA observerte nå hvordan Japanerne drev produksjonen. I 1988 ble *Lean Production* første gang nevnt og gjort kjent av John Krafcik. Publikasjonen ble kritisert med påstander om å være upålitelig, men «slank produksjon» som begrep fikk likevel et betydningsfullt gjennomslag (Modig & Åhlström, 2019). Tanken om avansert teknologi og fordeler ved stordrift som produksjonsfremmende, ble avkreftet av Krafcik. Metoder med slank produksjon ble vist

---

<sup>3</sup> Grunnlegger av Toyota Production System (TPS).

produksjonsmessig effektiv med høy kvalitet. Begrepsovergangen fra TPS til Lean Production fikk gjennombrudd i 1990 da James P. Womack, Daniel T. Jones & Daniel Roos utga boken: *The Machine that Changed the World*. Utgivelsen sammenligner japansk, amerikansk og europeisk praksis for produksjonsutvikling innenfor bilindustrien. Boken tok ikke for seg hvilke metoder som skulle fremme slank produksjon, og i kjølvannet av det oppstod ulike bransjebeskrivelser og -benevnelser for Lean Production.

### 3.1.2 Dette er Lean

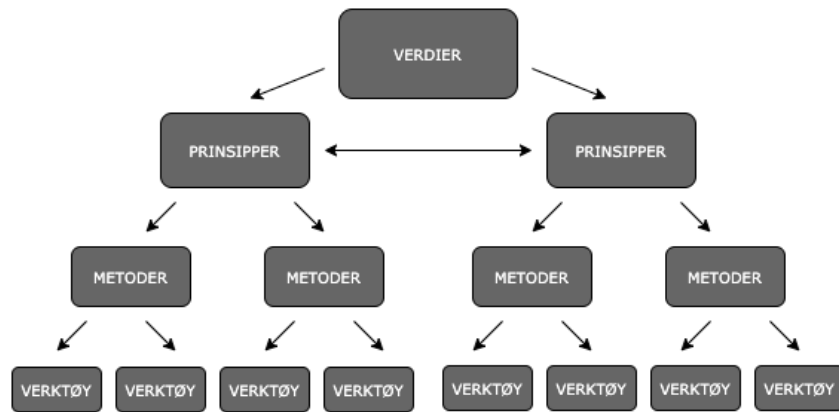
I fremtredelsen av ulike bransjebeskrivelser er det i dag ingen omforent definisjon av Lean Production på tvers av bransjer og næring. For et grunnlag til beskrivelse av Lean kan det være klokt å se mot Modig & Åhlström (2019) sin utgivelse: *Dette er Lean, løsningen på effektivitetsparadokset*. Bokens definisjon av Lean baseres om en strategi for drift, der strategien skal lede frem til oppnåelsen av et uttalt mål. Valg knyttet realisering av driftsstrategien følger av konteksten en befinner seg i. Flyteeffektivitet<sup>4</sup> prioriteres også over ressurseffektivitet<sup>5</sup> med argumentet om fokus på flyteeffektivitet over tid, erfaringsmessig vil danne en optimal balanse mellom ressurs- og flyteeffektivitet. Den optimale balansen har vist seg nyttig for økt verdiskapning hos kunden, men også muligheter for økt verdiskapning hos produsenten (Modig & Åhlström, 2019). Videre påpeker Modig & Åhlström viktigheten av kontinuerlige forbedringer, det i samsvar med Moore's (2007) betraktninger av Lean og i Koskela et al. (2013) sløsende elementer i byggevirkosomheter. Kontinuerlige forbedringer begrunnes i at man ikke når opp til Lean som noe statisk eller et nivå. Lean er dynamiske prosesser som krever stadige tilpasninger for forbedring. Typisk i en kontekst med endrede indre og/eller ytre faktorer som påvirker produksjonen. Med disse betraktninger er ikke lenger Lean bare en oversettelse eller et begrep, men et konsept med hensikt å trimme produksjonen til en slankere utgave sammenlignet med utgangspunktet (Modig & Åhlström, 2019).

Med en bred anvendelse i ulike bransjer og kontekster, er det viktig med individuelle analyser for implementeringen av konseptet. Lean må forstås som et felles mål, og analysene skal finne frem egnede redskap til å nå målene (Modig & Åhlström, 2019). Analyser for konseptimplementering bør foregå på forskjellige nivå. Rangert ovenfra og ned er disse: verdier, prinsipper, metoder, og verktøy og aktiviteter.

---

<sup>4</sup> Flyteeffektivitet har fokus på enheten som organisasjonen behandler. Tiden fra behov for behandling identifiseres til dette er tilfredsstilt, er flyteeffektivitet et mål på.

<sup>5</sup> Ressurseffektivitet har fokus på effektiv bruk av ressurser som stimulerer til merverdi i organisasjonen. Det mest tradisjonelle fokuset – utnytte ressursene så godt som mulig.



Figur 3.1: Nivåinndeling Lean-konseptet, (Egenprodusert fritt etter Modig & Åhlström (2019)).

Forgreningen mellom nivåene illustrert i Figur 3.1 kan ses i sammenheng med individuelle tilpasninger i konseptimplementeringen. Flere forgreninger, desto mer kontekstavhengig er redskapene. Det betyr at *verdier* primært handler om kundens verdi og hvordan organisasjonen skal optimalisere mot det. *Prinsipper* følger som de faste redskapene i en organisasjon, og i mange tilfeller er redskapene overførbare mellom flere bransjer (Modig & Åhlström, 2019). *Metodene* er kort fortalt hvordan produksjonen utføres. De krever dypere analyse for implementering av redskaper sammenlignet med verdier og prinsipper. For metode er søken og tilpasninger for kontinuerlig forbedring essensiell, og frihet til utprøving av metoder bør være til stede. Metodene settes til live gjennom *verktøy* og aktiviteter som organisasjonen velger. I Tabell 3.1, etter inspirasjon fra Modig & Åhlström og TPS-filosofi, vises til forslag over nivåenes innhold. I hovedsak er tabellen fokusert mot byggeprosjekt og taktmetode.

Tabell 3.1: Eksempelvis redskaper til hvert nivå av Lean-konseptet, (Egenprodusert fritt etter Modig & Åhlström (2019) og TPS).

VERDIER	PRINSIPPER	METODER	AKTIVITETER og VERKTØY
Byggeprosjekt med hensikt å understøtte verdiproduksjon og verdiskapning for kunden.	Just in Time Jidoka	Last Planner System™ Involverende Planlegging Taktplanlegging og taktproduksjon	Soner Vogner Buffer Kvalitetssikring Kaizen

### 3.1.3 Lean Construction

Bransjebenevnelsen for Lean i bygg og anlegg (BA) er prosjektledelsesfilosofien *Lean Construction*. På samme måte som Lean Production har prinsippene som mål å fremme kunde verdi, samt eliminere aktiviteter som ikke er verdiskapene (sløsing). Av Drevland (2016) blir Koskelas rapport *Application of the new production philosophy to construction* konstatert som startskuddet til Lean Construction som bransjebegrep. Rapporten ble også sentral som teoretisk grunnlag i stiftelsen av forskernettverket *The International Group of Lean Construction*<sup>6</sup>.

Forskernettverket og konferansevirksomheten har siden oppstarten vokst seg gradvis større og forskningen spenner seg i dag over hele verden. Grunnlaget og visjonen til IGLCs virksomhet er global forbedring av byggeindustrien for å løse de utfordringer verden står, og vil stå ovenfor i fremtiden.

## 3.2 Lean – prinsipper

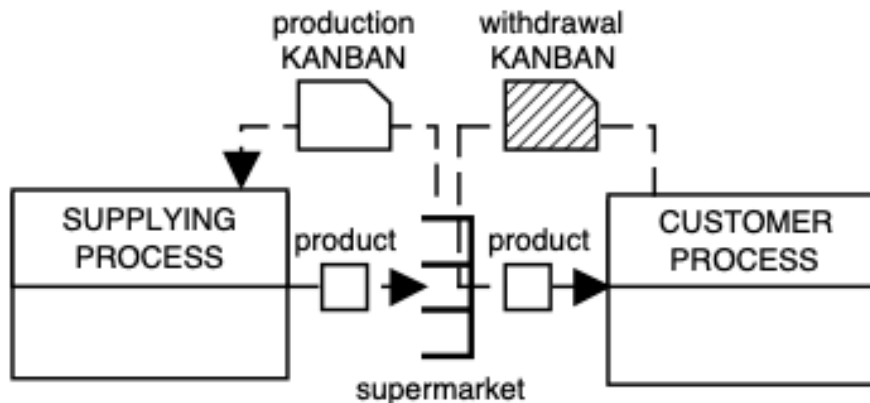
Byggeprosjekter bør strebe etter optimal ressursbruk og tydelighet mellom prosesser og deltagende. Dette for god produktivitet, med effektiv kommunikasjon og produksjon. *Just in Time* er ett prinsipp som kan nyttiggjøres.

Just in Time (JIT) strukturerer produksjon basert på det et *pull*-system. Hensikten er kontinuerlig flyt hvor nedstrøms-aktivitet tydeliggjør behovene sine i oppstrøms-aktivitet. JIT i praksis vil i forbindelse med leveranser av varer og materiell til en byggeplass bety at installasjonsarbeidet gjennomføres umiddelbart etter leveranse, uten forsinkelser ved unødvendig lagring eller buffere på mellomstasjoner (Tommelein & Weissenberger, 1999). Optimalt vil JIT-systemet forsyne produksjonen med rett materiell, til rett tid og med rett mengde til hvert trinn i prosessen.

TPS innførte begrepet *kanban* som en del av pull-systemet. En kanban representerer et system som tydeliggjør etterspørsel eller behov, med hensikt å regulere flyt og hindre overproduksjon (Tommelein & Weissenberger, 1999). Enhver etterspørsel eller et behov i en prosess er tilknyttet en kanban som informerer om; mengder, utforming, leveringssted og -tid etc. I Figur 3.2 er pull-systemet illustrert med to ulike kanban, en for uttak og en for produksjon. Med et gitt uttak tydeliggjør supermarkedet hvilken produksjon de har behov for. Oppstrøms informasjon har til hensikt å forhindre vareoppbygging i supermarkedet ved å unngå unødvendig bufferlagring. Skreddersydde løsninger til kundens behov utføres lettere, samt gjøres mer tilgjengelig med pull-taktikken.

---

<sup>6</sup> Forkortet IGLC. Opprettet av Lauri Koskela, Glenn Ballard og Gregory Howell i 1993.



Figur 3.2: Pull-system med kanban i uttak og produksjon, (Tommelein & Weissenberger, 1999).

Gjennom studiene til Tommelein & Weissenberger (1999) og Tommelein & Li (1999) vurderes JIT til et begrenset bruksområde innenfor BA-bransjen. Prinsippet krever store ressurser i planlegging, er svært sårbar for forsinkelser, og avhenger av pålitelige og fleksible leverandører. På byggeplassen fremstår det også lite hensiktsmessig å gjøre arbeidene avhengig av kontinuerlig leveranse, og økende inn- og uttransport er vurdert unødvendig. JIT benyttes sjeldent fullt ut, men prinsippet kan ha en misjon i prosjekter med plassmangel. Utvikling av bygg i tettbygde strøk krever betydelig planlegging for tiltransport av materialer med hensyn til begrensede areal for oppbevaring. Byggeprosjekter har klare enkeltstående operasjoner der JIT og pull-systemet kan være hensiktsmessig. Helt konkret konkluderer Tommelein og Li (1999) med betongoperasjoner med JIT-forsyning som gunstig, mens forsyning av armering var mindre vellykket (Tommelein & Weissenberger, 1999).

JITs visjon formidles som *null inventar*. I praksis er null inventar utopi, men streben etter stadig forbedring er visjonens hensikt. Forbedringene er konkretisert gjennom ett sett med syv ulike kriterier av Hall (1983), disse er:

1. *Null feil* – Det er ikke akseptabelt med feil på delene siden det medfører forsinkelser. Kvalitetssikring må utføres etter hvert trinn.
2. *Null overflødig produksjonsmengde* – Målstørrelse er 1.0. Det innebærer en lagerforsyning i lik takt som uttak. Dersom forsyning til hvert trinn ikke er tilstrekkelig, oppstår forsinkelser.
3. *Null oppsett* – Grunnen til prioritering av store produksjonsmengder er tiden som går med til klargjøring av produksjon. Følgende er en utakt med forsyning større enn uttak. Optimalisering av tiden til klargjøring av produksjon demper trangen til masseproduksjon utover behovet/uttaket.
4. *Null sammenbrudd* – JIT-produksjon aksepterer ikke maskin- eller menneskelige feil som stopper fremdriften.
5. *Null håndtering* – Ideelt berører man ikke produserte gjenstander mer enn nødvendig. Unødvendig flytting utover det som kreves direkte mellom trinnene aksepteres ikke. Flytting og lagring stjeler tid.

6. *Null fullføringstid* – Perfekte omstendigheter gjør at trinnene i produksjonen får delene når de trenger dem (kanban). Det oppstår ingen ventetid og fullføringstiden reduseres effektivt. Null fullføringstid er selvsagt ikke oppnåelig.
7. *Null variasjon* – Nøyaktighet i produksjonsmengde og -kvalitet skaper jevn materialflyt gjennom trinnene. Varierende mengde produsert håndteres ikke av buffere i noen form, og det oppstår forstyrrelser med etterfølgende forsinkelser.

I streben etter de syv kriteriene for *nuller* er det mulig å effektivisere produksjonsprosessene. Å kutte unødvendigheter med repeterende forbedringer vil kunne heve produktiviteten.

### 3.3 Lean – metoder

*Metodene*, bestående av *verktøy* og aktiviteter, implementeres etter at *verdisyn* og *prinsipper* er etablert. For studiens relevans er det i etterfølgende teori tatt for seg metoder benyttet i Veidekkes virksomhet. Er det vurdert nødvendig vil andre metoder, verktøy og aktiviteter bli presentert.

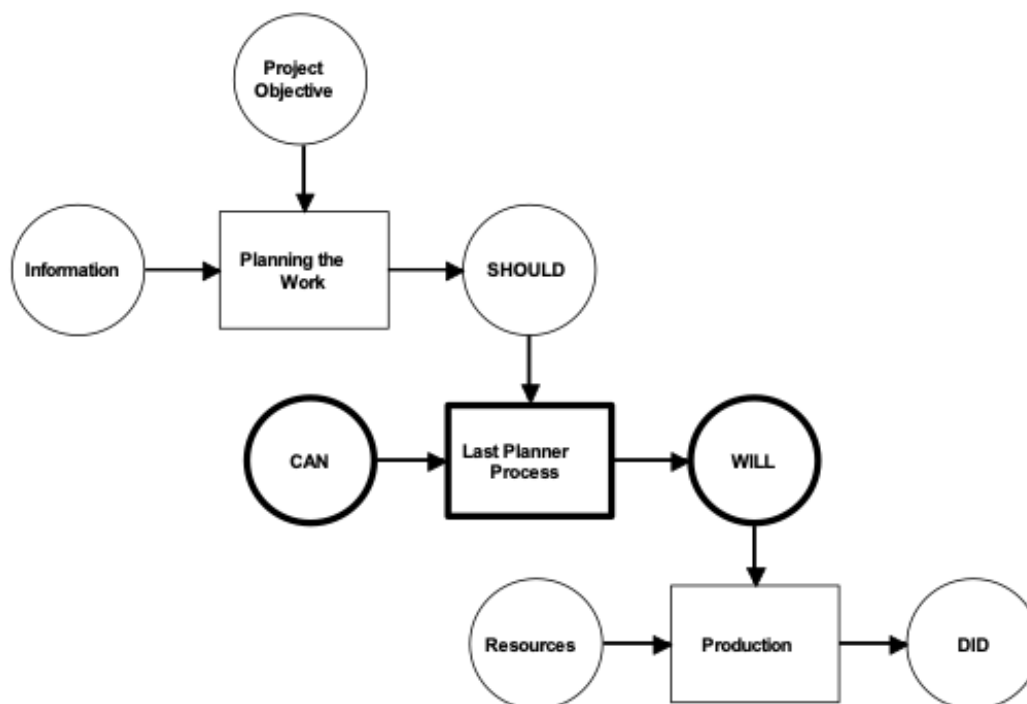
#### 3.3.1 Last Planner System™

*Last Planner System™* (LPS)<sup>7</sup> er et system for produksjonsplanlegging med komponenter til å kontrollere og skape forutsigbarhet i arbeidsflyten (Ballard & Howell, 2003). Metoden er til forskjell fra JIT utviklet av byggebransjen sine egne arbeidere under initiativ og ledelse fra Glenn Ballard og Gregory Howell. Det gjør metoden direkte relevant for byggeprosjekter som en del av Lean Construction. Som JIT er LPS basert på pull-systemet med hensikt å forbedre arbeidsflyten i produksjonen, og utvikle planer med god pålitelighet og forutsigbarhet (Ballard, 2000). I Ballards (2000) doktorgradsavhandling konkluderes det med at hensiktene ved LPS oppnås best ved å binde seg til systemets regler, og med omfattende involvering av deltagende underentreprenører (aktører). Planlegging av egen hverdag gir eierskap til prosjektene. Bølviken et al. (2015) påpeker også at planlegging med bakgrunn i LPS må fokusere på; fornuftige sekvenser av aktiviteter, uavhengige oppgaver, og oppgaver der forutsetningene er på plass for å produsere. Samlet sett skal disse momentene være sentrale i bidraget til en slankere produksjon.

I alle ledd og nivå av prosjekter kreves det planlegging for å nå et sluttprodukt. Planlegging vil bedrives av forskjellige personer med ulikt ansvar innad i prosjektet gjennom hele dets levetid. LPS baseres på en hierarkisk struktur der prosjektets planlegging brytes gradvis mindre gjennom en type flytskjema (Ballard, 2000). Den originale versjonen av Ballards flytskjema hadde fire planleggingsnivåer (illustrert i Figur 3.3), mens nyere metoder av LPS har utvidet planleggingen til fem og seks nivåer (Bølviken et al., 2014, 2015). Prosjektets hovedmål er utgangspunktet for gradvis nedbrytning til mindre delmål. Til slutt ender det opp i en aktivitet fremfor et spesifikt lite delmål. Avgjørelsene i flytskjemaets siste aktivitet tas som regel av bas eller formenn på norske prosjekt. I Ballards (2000) beskrivelse av LPS har rollen betegnelsen *The Last Planner™*. I neste avsnitt følger en forklaring av flytskjemaet i Figur 3.3.

---

<sup>7</sup> Last Planner System™ og Last Planner™ omtales videre som LPS på bakgrunn terminologiens varemerkerettigheter tilhørende *Lean Construction Institute*.



Figur 3.3: LPS' hierarkiske flytskjema for planlegging, (Ballard, 2000).

I flytskjemaet er ordene should, can, will og did sentrale i forklaring av metoden. Oversatt til norsk med tilsvarende rekkefølge; bør, kan, vil og gjort. Øverste ledd i prosjektet, med hovedmål som utgangspunkt, står til ansvar for å transformere hva som bør gjøres til det som kan gjøres. I neste ledd vil The Last Planner™ foreta avgjørelser hva som vil bli gjort, basert på en gjennomgang av det som kan gjøres. I siste ledd foretas evaluering- og læringsprosessen basert på aktiviteten som er blitt gjort, som bringes tilbake som erfaringsoverføring til de neste kan- og vil-avgjørelser (Ballard, 2000).

### 3.3.2 Involverende planlegging

Forløperen til LPS dateres tilbake til 1980-tallet og formelt sett ble LPS først nevnt i en publikasjon fra 1993 (Ballard & Howell, 2003). Frem til i dag har metoden vært under stadig utvikling, og nye metoder basert på LPS har vokst frem. En av dem er *Involverende Planlegging* (IP). Veidekke har benyttet involverende planlegging i produksjon siden 2003 i flere ulike avdelinger. I perioden 2006 til 2010 ble metodebruken i bedriften mer systematisert ved å prøve ut metoden i et større utvalg pilot- og læringsprosjekter. Erfaringene fra prosjektene dannet grunnlaget for en egen bedriftsveileder for Involverende Planlegging (Bølviken et al., 2014). I veilederen er hovedmålsettingen med IP formulert til «å redusere tapt tid og skape flyt i produksjonen», som åpenbart samsvarer med de fremstilte hensiktene for LPS.

IP legger naturligvis vekt på involvering for å sikre at målsettingene oppnås. Fra veilederen formuleres flere punkter beskrivende for hvordan tydelig involvering skal optimalisere og effektivisere planleggingen (Bølviken et al., 2014):

- Planer lages i felleskap med alle aktører som er involvert i prosessen.
- Alle har kjennskap og innflytelse over egne arbeidsoppgaver.
- Planer legges gjennom å gi gjensidige løfter.
- Stadig rullerende planlegging jo kortere tid det er til utførelse med stadig høyere detaljnivå.
- Fjerne hindringer og farer gjennom systematisk planlegging underveis slik at kun sikre aktiviteter kommer til utførelse.
- Ved avvik fra planen skal årsaken finnes og hindringen elimineres. Det er viktig at man også lærer av avviket.
- Ulike plannivåer har ulike eiere.

De syv punktene for planlegging listet opp, er bakenforliggende til de fem hovedelementene Veidekke benytter for IP. Disse er arbeidsdeling i tid, hindringsanalyse, plansystemet, møtestruktur og risikostyring. Tabell 3.2 gir et kort sammendrag av elementenes innhold.

Tabell 3.2: IPs hovedelementer og innhold, (Egenprodusert fritt etter Bølviken et al. (2014)).

Hovedelementer	Innhold
Arbeidsdeling i tid	Ulike ledelsesnivåer i ulike tidshorisonter.
Hindringsanalyse	Systematisk analyse og fjerning av hindringer ved hjelp av syv forutsetninger; forutgående aktivitet, informasjon, materialer, mannskap, utstyr, plass og ytre forhold.
Plansystemet	Strategiske planer lages en gang. Rullerende, operative planer tar utgangspunkt i de strategiske planene og får økt detaljering jo kortere tid det er til arbeidet skal utføres. Ulike plannivåer har ulike eiere.
Møtestruktur	Møtestrukturen er tilpasset til og behandler de ulike planene. Ulike møter har ulike eiere.
Risikostyring	Systematisk analyse av risiko og fjerning av farer.

For de fem hovedelementene av IP er parallellene til LPS-strukturen gjenkjennbar. Enda tydeligere fremgår LPS-konseptet i Veidekkes *Modell for sikker og effektiv drift*. I Tabell 3.3 utypes plansystemets innhold. Overordnede hovedaktiviteter brytes ned til mer detaljerte nivåer, og som en ser av tabellen er det formann og bas som koordinerer de avsluttende aktivitetene.

I tillegg til plansystemets innhold uttrykker modellen flere av hovedelementene ved involverende planlegging; arbeidsdeling i tid vises gjennom tidshorisonter for hvert *plannivå*, møtestrukturen er tilpasset etter plan og plannivåenes eiere (*hvor*), *fremdriftsplanlegging* og *rigg-/logistikkplan* er en form for hindringsanalyse, og risikostyringen tas hensyn til i *HMS risikostyring*. Modellen gir samlet sett et oversiktlig bilde av hvordan Veidekkes hensikter best oppnås. Hensiktene er som tidligere nevnt å redusere tapt tid og skape flyt i produksjonen/driften.



Tabell 3.3: Modell for sikker og effektiv drift, (Hentet fra Bølviken et al. (2014)).

	Plannivå	Ansvarlig	Hvor	Fremdriftsplanlegging	Rigg-/logistikkplan	HMS risikostyring
	Prosjektutvikling og prosjektering	Prosjektleder Prosjekteringsleder	I utviklingsfasen	Lage en prosjekteringsplan for fasen Etablere beslutningsplan	Vurdere: Hovedadkomst Trafikkløsninger Plassering av rigg og lager	Innhente (eventuelt lage) SHA-planen Synliggjøre og videreformidle risiko
1	Hovedfremdriftsplan (hele prosjektet)	Prosjektleder	Før oppstart av prosjekt	Lage oversikt over hovedaktivitetene Sette milepæler	Lage overordnet riggplan	Identifisere farer i og mellom hovedaktivitetene og synliggjøre dem i planen
2	Faseplan (for hver fase)	Anleggsleder	Faseplanmøte	Lage faseplan	Lage en omforent riggplan for fasen	Identifisere farer i enkeltaktiviteter og i samtidige aktiviteter Synliggjøre behov for Sikker Jobb Analyse (SJA) i planen
3	Utkvikksplan (5-9 uker)	Anleggsleder	Driftsmøte	Detaljere aktiviteter Identifisere og fjerne hindringer	Ta hensyn til plassering av kommende leveranser i riggplanen	Vurdere risiko i enkeltaktiviteter Dialog mellom samtidige aktiviteter Bestemme hvilke SJAer som skal lages
4	Ukeplan (2-4 uker)	Formann	Basemøte	Kontrollere at alle aktivitetene er på samme detaljeringsnivå og i riktig rekkefølge. Identifisere og fjerne hindringer	Gjennomgå leveranser kommende uker Oppdatere riggplan	Vurdere farer i enkeltaktiviteter Dialog mellom samtidige aktiviteter Lage SJAer
5	Lagsplan (uken)	Bas	Lagsmøte	Gjennomgå ukens aktiviteter Beslutte endelig lagsplan	Gjennomgå ukens leveranser og plassering	Gjennomgå SJA
6	Siste utsjekk (dagen)	Hver enkelt, og de som jobber sammen	Morgenmøte	Hendelser fra gårdsdagen? Kort gjennomgang av dagens gjøremål.	Kort gjennomgang av leveranser og plassering	Gjennomgå risikoen i dagens arbeidsoppgaver
	Løpende	Hver enkelt	I arbeidet			Den enkelte vurderer løpende risikoen i sitt arbeid

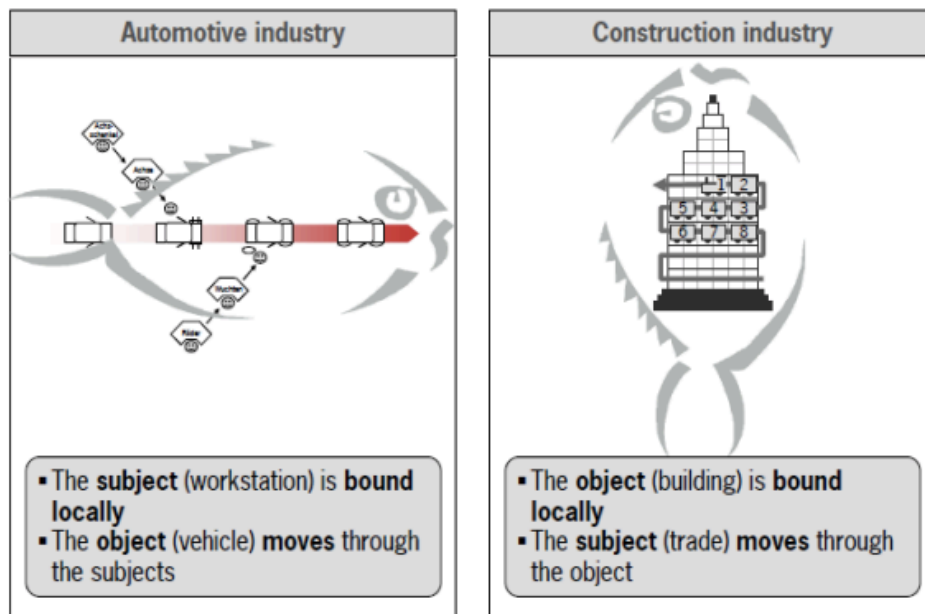
### 3.3.3 Taktproduksjon

Taktmetoden er et Lean-verktøy som skal nå en slank produksjon ved å redusere sløsing og bedrive verdikjende aktiviteter i likhet med andre Lean-baserte metoder. Teknikken søker kontinuerlig forbedring med mål om god flyt i produksjon og et stabilt miljø for implementering av LPS (Frandsen et al., 2014). Frandsen et al. (2013) har i tillegg definert takt som: «et produkts nødvendige produksjonsrate for å oppfylle et gitt leveransekrav tilknyttet dette produktet», (fritt oversatt).

Taktplanlegging og -produksjon omtales gjerne som BA-næringens svar på samlebåndsproduksjonen. En rigid og forhåndsbestemt struktur med tydelig og god forutsigbarhet. Tross mange likheter mot fabrikkindustriens prinsipper er det en betydelig forskjell produktets fikserte opptreden i byggeprosjekter (Gardarsson et al., 2019). I motsetning til et tradisjonelt fabrikkprodukt som transporteres gjennom flere arbeidsstasjoner. Siden produktet er fiksert er det arbeiderne som forflytter gjennom stasjoner (senere omtalt som soner) med en gitt tid til rådighet, før neste gruppe arbeidere skal inn i sonen.

Det illustreres ved et tog som beveger seg gjennom bygningen med vognene som arbeidspakker<sup>8</sup> med arbeidere. Et fag kan ha flere vogner i toget, henholdsvis etterfølgende eller atskilt av andre fags vogner. Porsche Consulting sammenligner taktplanlegging mellom bilfabrikk og byggebransjen som illustrert i Figur 3.4.

<sup>8</sup> En arbeidspakke er et stykke arbeid som gjennomføres av en produksjonsenhet og så overleveres til etterfølgende produksjonsenhet. En produksjonsenhet er utførende av arbeidspakkene, enten som enkeltstående arbeider eller i gruppe.

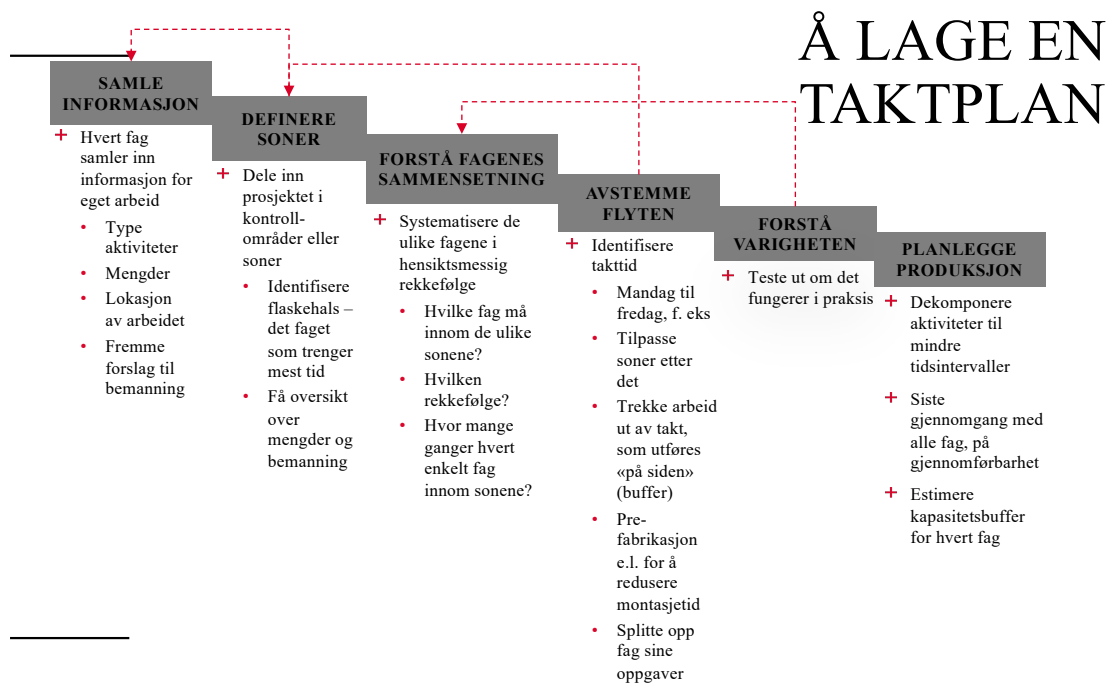


Figur 3.4: Samlebåndsproduksjon for bil- og byggebransjen, (Porsche Consulting, 2011).

I regissering av taktproduksjon er arbeidsstruktureringen i hovedsak bestående av å planlegge togets ferd og innhold gjennom bygningsmassen. Tsao et al. (2000) utdyper arbeidsstrukturering til å omfatte følgende avgjørelser:

- Hva er vognens innhold og størrelse?
- Hvordan skal rekkefølgen på vognene være?
- Hvordan skjer overlevering fra en vogns arbeidspakke til en annen (en produksjonsenhet til den neste)?
- Vil produksjonsenhetene gjennomføre arbeidet deres i en kontinuerlig flytprosess eller som et oppstykket arbeid?
- Hvor er det behov for buffere, og hvor stort skal bufferarbeidet være?
- Når skal de forskjellige arbeidspakkene gjennomføres?

Avgjørelsene knyttet arbeidsstruktureringen kan systematiseres gjennom seks iterative steg (Frandsen et al., 2013; Frandsen & Tommelein, 2014). Veidekke har utviklet en intern fremstilling over de iterative stegene som følger av Figur 3.5. Pilene mellom stegene uttrykker de vanligste iterative prosessene i systematiseringen. Sluttproduktet av alle avgjørelsene er grunnlaget for en endelig taktplan.



Figur 3.5: Iterative prosesser for grunnlaget til en taktplan, (Veidekke)<sup>9</sup>.

Veidekkes utvikling av taktplan starter med å samle informasjon fra fagenes Last Planner™ (formenn, bas). Informasjonen innebærer aktiviteter, mengder, lokasjon for arbeid og bemanning. I fellesskap definerer så de involverte fagene og prosjektledelsen en egnet soneinndeling i prosjektets bygg. Neste steg koordineres fagene i en fornuftig sekvens basert på god forståelse av fagenes sammensetning. Teknikk for koordineringen av arbeidspakker, -tid og -rekkefølge er som regel basert på pull-planning ved lappeteknikk. For å avstemme flyten er hensikten å balansere soner, arbeidspakker, buffere og bemanning etter vognens takttid – typisk ukestakt med fem dager. I forståelse av varighet defineres en konkret taktplan som testes ut i praksis. Er det avvik i produksjonens flyt starter «itereringene» med nye vurderinger av arbeidspakker, takttiden, buffere, soner og bemanning. Taktplanens utvikling involverer alle fag i fellesskap, og ansvaret for produksjonens flyt fordeles på alle involverte aktører. Det gir økt eierskap til prosjektets gjennomføring og drift, som kan bidra positivt til prosjektets produksjonsflyt (Ballard, 2000; Frandson et al., 2015).

Taktproduksjonens struktur er nevnt å være rigid med ønske om god forutsigbarhet. Selv om takt i flere sammenhenger er funnet effektiv for produksjon (Frandson et al., 2013; Frandson & Tommelein, 2016; Vatne & Drevland, 2016), er det som regel i prosjekter der deler av produksjonen taktet. Prosjektene som helhet er bestående av mindre og store deler som ikke har den repeterbarheten i arbeidet som takt ofte begrenses av. Det er gjennomført et utvalg studier på taktprosjekter med ikke-repeterbart arbeid som har vært vellykkede og mindre vellykkede (Frandson & Tommelein, 2014; Linnik et al., 2013; Tommelein, 2017). Binnering et al. (2017b) konkluderer med at en taktplan bør inneha en del fleksibilitet for å kunne gjennomføres. Med fleksibilitet menes justeringsmekanismer i taktoppsettet som gir en mindre rigid taktplan. I publiseringens 31 listede mekanismer for justering er et utvalg funnet relevant i studien; planlegging av buffere, hybridvogner, og

<sup>9</sup> Hentet fra tilsendt PowerPoint, *Presentasjon takt Ruseløkka skole*, slide 7.

replanlegging av vognrekkefølge og soner. Linnik et al. (2013) og Vatne & Drevland (2016) nevner i tillegg standardisering som en mekanisme, mens Kalsaas et al. (2014) peker på viktigheten av kvalitetssikring (KS) som justeringsformål. Kontroll og kvalitet bør overvåkes i produksjonsenhetenes vekslinger (vognbytte).

Under følger nærmere beskrivelser av utvalget justeringsmekanismer. Bemanning etter taktens hensikt presenteres i tillegg.

### 3.3.4 Standardisering og variasjon

Implementering av standarder for å sikre en jevn produksjon basert på omforent beste bransjepraksis er standardisering av prosessene. Visjonen er å oppnå kvalitet over tid ved fjerning av variasjon. Linnik et al. (2013) gjennomførte en studie som analyserte et taktprosjekt bestående av arbeidsprosesser som i stor grad var ikke-repeterbare. Prosjektet fant det svært vanskelig, om ikke umulig å definere soner med tilsvarende mengder arbeid. Konsekvensen av det ga prosjektet et kapasitetstap ved frafall i bemanningen samt en opplevelse av manglende produksjonsflyt. Taktproduksjonens sårbarhet til betydelige variasjoner underbygges av studien til Vatne & Drevland (2016).

#### *Hybridvogner*

Basert på Binniger et al. (2017b) og informasjon<sup>10</sup> fra Veidekke vil det i systematiseringen av en taktplan oppstå flere mindre arbeidspakker hos de involverte fagene. For å opprettholde flyt i produksjonen, samt reduksjon av prosjektet byggetid, vil hybridvogner kunne være hensiktsmessige. Denne typen vogn inneholder flere mindre arbeidspakker slik at det totale arbeidet samsvarer med vognens kapasitet med utgangspunkt i valgte takttid. Utfordringen med hybridvogner blir gjennom Haugen (2020) konstatert å være flere fag arbeidene oppå hverandre i samme sone. Det krever godt samarbeid og god kommunikasjon for å få det til å fungere.

#### *Buffere*

For å planlegge det uplanlagte legges det inn ulike former for buffere i taktproduksjonen. Hensikten er å ta høyde for, men også håndtere uforutsette hendelser så produksjonen i størst mulig grad følger planlagt drift (Dlouhy et al., 2019; Frandson et al., 2015). Bølviken et al. (2015) ser også buffere som nødvendig i prosjekter med stor variabilitet. Prosjekters grad av variasjon påvirker behovet til buffere, konstaterer Bølviken et al.. Dlouhy et al. trekker ut ni ulike buffertyper basert på studiens 100 studerte prosjekter. Bufferne kan videre systematiseres i fire ulike former; tidsbuffer, kapasitetsbuffer, områdebuffer og planbuffer (Frandson et al., 2015).

*Tidsbuffer* er en justeringsmekanisme for å innstille tiden som er til rådighet. Så langt det lar seg gjøre er dette en justering som forsøkes styres klar av. Frandson et al. (2015) begrunner det i den rigide taktproduksjonens sårbarhet ovenfor å skyve på aktiviteter eller å få forsinkelser.

---

<sup>10</sup> Hentet fra tilsendt PowerPoint, *Takt kortpresentasjon*, Veidekke.

I motsetning til tidsbuffer er *kapasitetsbuffer* en hyppig benyttet justeringsmekanisme for taktproduksjonen. Frandson et al. (2015) knytter kapasitetsbuffer til vognenes bemanningskapasitet. Utvikling av bufferen med hensyn til bemanningskapasitet, skjer ved å estimere bemanningen basert på lavere produksjonsrate enn det normalestimatet skulle tilsi (Vatne, 2016). Optimalt foreslår Frandson et al. en vognkapasitet på 70-80 prosent av den maksimale bemanningskapasiteten. Det går et handlingsrom å justere i.

I prosjekter med både liten og stor variasjon blir det som regel planlagt *områdebuffer*. Det er områder i taktplan som er avsatt til produksjon der det oppstår ledig kapasitet. Typisk hvis en produksjonsenhet har forsert vognens takttid eller det er forsinkelser i vognenes vekslinger. Hensikten med buffertypen er unngå innstilling av bemanning ved å ha produksjonsklare områder tilgjengelig (Frandson et al., 2015).

Som tidligere formidlet er prosjektenes taktproduksjon som regel konsentrert om utvalgte deler av byggets produksjon. Produksjon som driftes utenfor taktplan benevnes ofte som *planbuffer*. Justeringsmekanismen har den samme hensikten som områdebuffer, unngå innstilling av bemanning ved oppstående ledig kapasitet. Planbuffer og områdebuffer er ikke avhengig av en kontinuerlig arbeidsflyt.

### *Kontroll og kvalitet*

Kontroll- og kvalitetssikring av ytelse, ansvar og oppfølging utføres via flere ulike teknikker i byggebransjen. Fellesnevneren for teknikkene er planlagte og systematiserte kontroller med hensikt å sikre at utført arbeid samsvarer med bestillingskravet (Jonsson, 1996). I forbindelse med vognenes vekslinger trekker Kalsaas et al. (2014) frem sekvensen som egnet til å utføre kontroll av kvalitet. Gitt en ukestakt vil det sørge for jevnlig kontroll som reduserer faren for replanlegging, og det vil lettere kunne justeres for endrede forutsetninger og uforutsette hendelser.

### *Replanlegging*

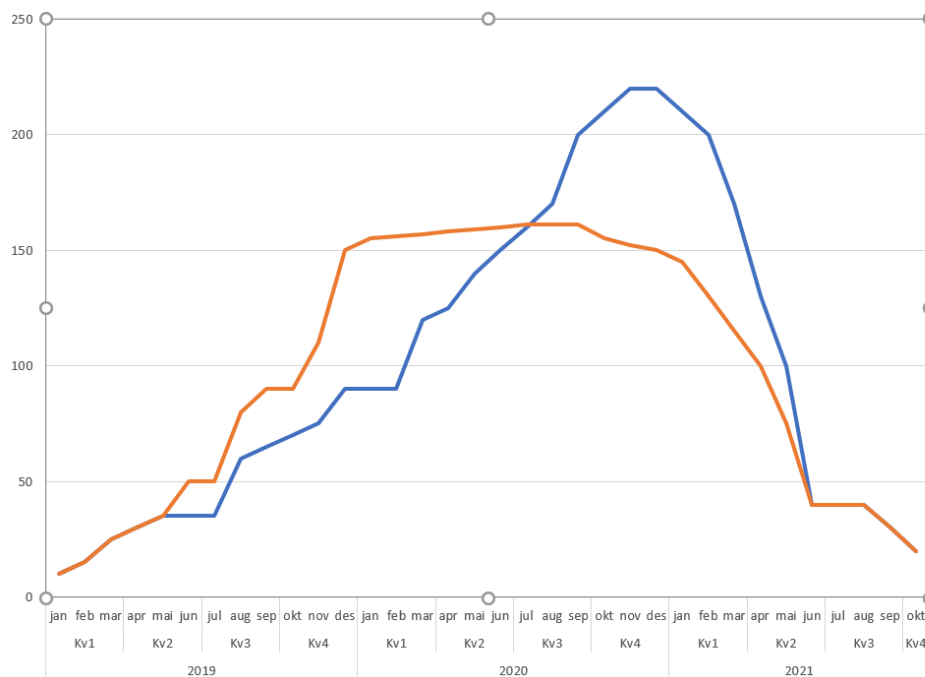
Gardarsson (2019) konstaterer at Veidekke ikke har en klar plan for å gjenoppstarte en kollaps av taktplan. Veidekke bør se mot Boldts<sup>11</sup> og Porsches metoder for så plukke de beste prinsippene hos hver enkelt. Gardarsson trekker frem Porsches fokus på eliminasjon av problemer som oppstår underveis. Etterhengene arbeid må fullføres før takttoget restarter med blanke ark. Prosedyrer for å unngå at problemene på nytt oppstår defineres ikke av Porsche. Replanleggingsprosedyrer er derimot noe Boldt fokuserer på. Problem identifiseres, omfang vurderes, og tilgjengelige verktøy løser problemene så de ikke oppstår på ny. I samsvar med Binninger et al. (2017b) innebærer Boldts prosedyrer å replanlegge vognrekkefølgen, takttiden, eller endring av soner. Boldt tar også aktiviteter ut av takten dersom problemet er for omfattende. Alle replanleggingsprosedyrer skal utvikle et mer robust takttog videre.

---

<sup>11</sup> *The Boldt Company* er et amerikansk entreprenørselskap med fokus på Lean (Gardarsson, 2019).

## Bemanning

Med taktproduksjon er en av hensiktene å oppnå en flat og jevn bemanning som vist i Figur 3.6. Taktens gode forutsigbarhet for fremtidig arbeid gir grobunn for å planlegge et jevnere bemanningstrykk gjennom hele prosjektet. Sammenlignet med en tradisjonell topp av bemanning inn mot frister, milepæler osv., vil en jevnere bemanning gjøre det enklere å fordele ressursene i prosjektene (Frandsen et al., 2015; Vatne, 2016).



Figur 3.6: Jevn bemanning mot høy bemanningstopp, (Veidekke)<sup>12</sup>.

I oppgavens resultatkapittel vil Veidekkes taktmetode komme enda mer til uttrykk gjennom studiens fokus på planlegging og produksjon av takt på innvendige arbeider på Ruseløkka skole.

<sup>12</sup> Henter fra tilsendt PowerPoint, «Takt kortpresentasjon, Veidekke», slide 5.

## 4 Resultater

I kapitlet presenteres resultater tilknyttet de tre forskningsspørsmålene etter gjennomført casestudie. Resultatene er i hovedsak fra intervju- og dokumentstudier, men andre informasjonskilder som for eksempel fra erfaringsutvekslingen på Ruseløkka forekommer også. Resultatene oppsett er strukturert etter intervjuguiden, og forskningsspørsmålene behandles i rekkefølge; 1. utførelse, 2. erfaring og 3. forbedring i hvert kapittel av 3.nivå (4.1.1).

### 4.1 Taktplanlegging i skoleprosjekt – Ruseløkka

Delkapitlet fokuserer på et annet sett mekanismer enn det som vil være tilfellet i resterende delkapitler. Felles for alle mekanismer i resultatgjengivelsen er at all informasjon er fokusert og relatert til taktmetoden ved prosjektet. Informasjon utenfor takten behandles kun der det vurderes hensiktsmessig.

Studiens case er Veidekke (VD) Bygg Oslo sitt skoleprosjekt på Ruseløkka. Det ble bestemt bruk av taktmetode for planlegging og produksjon av innvendige arbeider i begynnelsen av 2019. Taktproduksjon hadde oppstart mars 2020, og ble sluttført november 2020.

#### 4.1.1 Taktens introduksjon og oppstart

Introduksjon og senere valg av taktmetode i prosjektet formidles som en tilfeldighet. En av prosjektets funksjonærer ble gjort oppmerksom på metoden via et vilkårlig sammen treff på utviklingsansvarlige i VD. I etterkant formidlet funksjonæren interesse for taktbruk på Ruseløkka til resten av prosjektledelsen. Fra VD sentralt, representert gjennom utviklingsgruppen, er det et uttalt mål å implementere hyppigere bruk av takt i skolebygg og forretningsbygg. Det går det frem av erfaringsutvekslingen på Ruseløkka. Med interesse for taktbruk hos begge parter ble det raskt opprettet dialog og samarbeid. Ved endelig avgjørelse vedrørende taktbruk på prosjektet, bisto utviklingsgruppen med forankring av prosess og engasjement overfor funksjonærene. Innsalg med antydninger om 30 prosent besparelser ved rasjonell drift ble eksemplifisert via et pågående taktprosjekt i regi av VD på Ulven. Forankringsarbeid for taktprosess og engasjement ble videreført av funksjonærene overfor de kontraherte underentreprenørene.

Funksjonærene erfarer forankringsarbeidet som lærerikt og motiverende for å benytte seg av taktmetoden. De ervervet relativt god forståelse av taktens hovedkomponenter, og formidler en oppfattelse av å komme tidlig i gang med prosesser av praktisk betydning for prosjektet. Tross oppfattelsen om tidlig oppstart med takt, uttales dette: «Siden vi ikke hadde noe erfaring, hjalp det ikke å komme tidlig i gang med prosessene». Det tilskrives manglende erfaring og kunnskap til hva funksjonærene i klartekst ønsket seg av underentreprenørene. Kontraheringssituasjonen med takt som metode var ny og usikkerheten til hva VD bør avtalefeste i underentreprisekontraktene var stor. Det forsinket innkjøpene og manglende forpliktelser i kontraktene ga flere utfordringer underveis. Redegjørelser av utfordringene gjengis i mer aktuelle komponenter og mekanismer for takten. Blant de intervjuede tekniske underentreprenørene (*tekniske fag*) er det unison oppfattelse av taktens oppstart som ryddig og klargjørende for hvordan metoden skal fungere. Spesielt ble det vurdert gunstig at de som et utgangspunkt fikk arbeide i fred og ro i egne soner og ha en langsiktig plan for arbeidene sine.



Forbedring til senere prosjekt er tydeligere informasjon og erfaringsoverføring i forbindelse med taktens praktiske oppstart. Spesielt til kontrahering- og kontraktsforhandlingene. Funksjonærenes forslag til bedre erfaringsoverføring er via funn i oppgaver som denne og erfaringsutvekslinger med prosjektledelser fra andre taktprosjekt. Dette for tilegnelse og faglig påfyll av mer praktiske momenter som bør vies oppmerksomhet i forhandlingene. Forankringsarbeidet mellom utviklingsgruppen og funksjonærene, og senere funksjonærgruppen og tekniske fag, ble noe generell i informasjonen om taktens prinsippl og komponenter.

#### 4.1.2 Involverende planlegging (IP)

Planlegging av takten ble konkret i midten av 2019, seks-syv måneder før taktproduksjonens oppstart. Planleggingsmøtene ble driftet som IP-seanser med de kontraherte tekniske fagene. Med et begrenset forhold til takt blant fagene, ble det av VDs funksjonærer utviklet lettfattelige utkast for soner og vognsystem til å diskutere rundt. Med utgangspunkt i Ulven-prosjektet ble femdagers takttid grunnlaget for utkastene. Funksjonærene ønsket ikke å være for konkret i utkastene i fare for at eierskapet hos de tekniske fagene skulle påvirkes negativt ved for bearbejdede utkast. Påfølgende IP-seanser bestod av lappeteknikker, der basen og anleggs-/prosjektlederne hos de tekniske fagene på forhånd hadde utarbejdet arbeidspakker til vognene. The Last Planner™ i form av bas, estimerte i tillegg arbeidspakkenes timeverk og bemanning i relasjon til utkastets takttid på fem dager. Dette var innsamling av informasjon til taktplan og justeringer i utkastet ble gjennomført. Siden kontraheringstidspunktet var noe ulikt for de tekniske fagene som ble intervjuet, med et fag tiltredende noe senere i planleggingen, ble enkelte avgjørelser tatt uten deres tilstedeværelse. Parallelt med taktplanutviklingen ble det bestemt bruk av vekslingsprotokoll og planlegging av bufferaktivitet. I perioden med konkretisering og ferdigstilling av taktplan ble det gjennomført møter hver tredje-fjerde uke frem til oppstart av taktplan og -produksjonens testperiode. Perioden fant sted fra taktens oppstart og frem til påske (fem uker), og ble brukt til å forstå varighet og planlegging av videre produksjon. Møtevirksomheten i og etter testperioden ble gjennomført som ordinære fremdriftsmøter hver eller annenhver uke. Deltagende gjennom IP-seansene forløp seg stigende i antall ettersom flere entreprenører ble kontrahert til prosjektet. Stammen var likevel funksjonærene fra VD og representanter fra tekniske fag.

Av funksjonærene ble det erfart at tekniske fag optimalt sett skulle vært kontrahert tidligere for større innvirkning på underlaget for prosjektering. En funksjonær uttaler: *«Taktplanleggingen må planlegges tidlig, tidligere enn vanlig fremdriftsplanlegging, nettopp for å ha det med i prosjekteringen»*. Sen kontrahering tilskrives problemet i taktens oppstart – VD viste ikke i klartekst hva de ønsket seg av underentreprenørene, samt hva som skulle kontraktfestes. De tekniske fagene erfarer tilsvarende liten tid til å påvirke prosjekteringen. Et intervjuobjekt formidler viktigheten av å komme tidlig nok inn for å granske prosjektets spesifikasjoner av hva som skal leveres, og derfra utarbeide gode løsninger. Faget som ble kontrahert senere enn resterende tekniske fag, opplevde ingen store problemer med avgjørelser tatt før deres tiltreden. Ekstra knapp tid til planlegging av produksjon ble derimot dette fagets akilles gjennom prosjektet. Det aktualiseres i taktmekanismer senere i kapitlet. På tross av sen kontrahering erfarte VD at fagene så Ruseløkkas som et statusprosjekt og prioriterte der etter. Basene ble valgt tidligere inn i prosjektet enn normalt, og det fremstår i etterkant som positivt for engasjement, eierskap og kontinuitet i arbeidet med taktens planlegging og produksjon.



Gjennom samtlige intervjuobjekter og i erfaringsutvekslingen gjennomført på Ruseløkka, rettes det forbedringspotensialer til IP og underlagsarbeidet til prosjektering. Det være overordnede gjentakende problemer i byggebransjen, til mer detaljerte forslag for prosjekteringsarbeidet. Tidligere involvering av tekniske fag bør prioriteres, slik at deres ekspertise kan forme underlaget i best mulig grad. Økt fokus på involvering og samhandling med de prosjekterende, siden deres arbeid legger betydelige føringer for planlegging og produksjon av bygget. Et intervjuobjekt fra funksjonærgruppen forklarer nærmere: «Tidligere var det mye mer arbeidsprosesser på hvordan man skulle gjøre ting, det kom ofte fra de prosjekterende. Nå er det tegninger som kommer fra de prosjekterende så løses det på plassen. Man har ikke den samhandlingen lengere. Man må få tilbake den litt, og tidlig nok er nok mange tjent med». Fra de tekniske fagene blir forbedringer mer konkretisert gjennom utfordringer ved prosjektets takhøyder. Byggets smale ganger hemmer bruk av lift, og det betyr at permanente stillaser må monteres. Stillasmontering og nedrigg tar tid, så en vil være tjent med en prosjektering av bygget som tar hensyn til liftbruk i produksjon. Forslaget er ment illustrativt for hva som kan fokuseres og virkeliggjøres gjennom IP, fremfor forbedring av selve IP-prosessene.

#### 4.1.3 Premisser og logistikk

Geografisk er prosjektet lokalisert i sentrum av Oslo og det kreves en god plan for at logistikken skal fungere med det begrensede arealet til rådighet. I taktperspektiv er hovedutfordringen knyttet til forsyning av materiell til sonene hvor arbeidspakken tar til. Med plassmangel på Ruseløkka var det ingen mulighet for midlertidig lagring, så materiell måtte leveres i samspill med taktplan. Underentreprenørene utarbeidet interne planer for tilkjørsel og kraning av materiell til sonene. Det ble planlagt og gjennomført forsyning torsdag og/eller fredag uken i forkant av aktuell vogn. Etterforsyninger ved behov forløp i samme uke som vognens arbeid. For tilrettelegging av en fungerende logistikk planla VD riggen med høy prioritet, og ekstra oppmerksomhet ble gitt angrepspunkter for varelevering. VDs funksjonærer påpeker i denne sammenheng at stillasmontering ble kontrahert som en totalentreprise (kommunisert entrepriseform i møtene/intervjuene med funksjonærer fra VD), nettopp for å sikre tilstrekkelig oppfølging av angrepspunkter til bygget. I tildelingsprosessen ble flere stillasleverandører invitert på et informasjonsmøte om takt og takmetodens forutsetninger. Hver enkelt leverandør leverte så en løsning på de forutsetninger som lå til grunne, og anbudene ble vurdert etter kriteriene; løsning, pris og nøkkelpersoner til prosjektet.

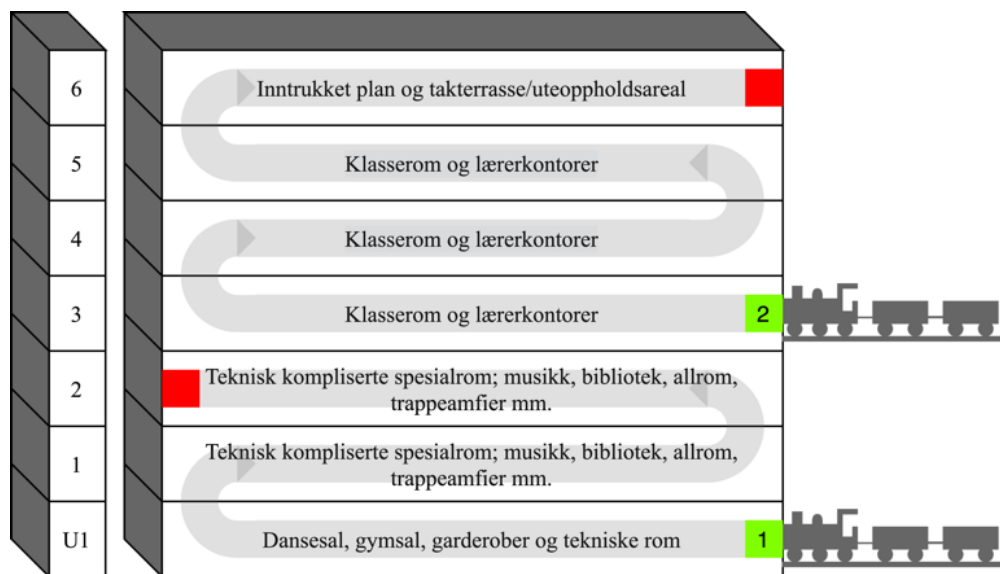
Intervjuobjektene fra tekniske fag uttrykker tilfredshet med internt arbeid for logistikkplan til materialforsyning. Med hensyn til logistikkplanutviklingen uttales: «Det er jo i så måte gode forutsetninger i taktplanlegging, du veit jo hva som starter da og da til enhver tid». Sett i lys av tidligere prosjekter de involverte har tatt del i opplevdes også Ruseløkka-prosjektet ryddigere enn normalt, tross liten byggeplass. I erfaringsutvekslingen på Ruseløkka formidler funksjonærene totalentreprisen av stillasarbeidet som spesielt egnet i et taktperspektiv. Svært nyttig erfares kravet til nøkkelpersoner i anbudet. Det ga kontinuitet og tydelighet i kommunikasjonen mellom funksjonærer og stillasleverandøren. Ved endringer og ny informasjon responderte leverandøren raskt. Det var bidragsytende til hele tiden å holde stillas og angrepspunkter i takt med produksjonen og byggets fremmarsj.

Kontrahering av stillasarbeidet som en totalentreprise bringes i dagen som et funn til etterfølgelse i senere prosjekt. I oppfølging av aktivitet på byggeplassen, med fokus på logistikk, lanseres idéen om en taktansvarlig ute i felten. VDs funksjonærer beskriver rollen

til å kunne bekles av en riggarbeider som forstår taktprinsippene og kan følge opp direkte ute. Rollen øker tilgjengelighet på beslutningsmyndighet og informasjon, og kan effektivisere driften.

## 4.2 Soneinndeling

Soneinndeling og påfølgende delkapitler i vognsystem og bemanning, vil i resultatgjengivelsen ta utgangspunkt i mekanismene *Standardisering og variasjon*, *Buffere*, *Kontroll og kvalitet*, og *Replanlegging*. Som grunnlag til en bedre forståelse av resultatene som følger, vil det være hensiktsmessig å kjenne til innholdet i Ruseløkkas syv etasjer inkludert kjeller. Sammen med takttogenes skinnegang er det illustrert i Figur 4.1.



Figur 4.1: Ruseløkkas Skoles fordeling av romtyper, (Egenprodusert).

### 4.2.1 Standardisering og variasjon

I grunnlaget for en fungerende takt må inndeling av byggets soner være tilsvarende lik i arbeidsomfang basert på tid. Prosjektet praktiserte ukestakt som sonene måtte inndeles etter. Rasjonell bemanningsmengde i sonen må også vies hensyn. Bygget ble besluttet todelt i utformingen av soner; U1 til etasje 2 (del 1) og etasje 3 til 6 (del 2). Av innholdet i Figur 4.1 fremkommer det at del 1 av bygget har stor hyppighet av spesial-/enkeltrum, mens del 2 har større likhet ved standardiserte rom som repeteres. Ulikheten gjenspeiles i utforming av antall soner for hver av delene, henholdsvis tre i del 1 og to i del 2. Figur 4.2 illustrerer soneinndeling til hver av delene representert med underetasjen og 3.etasje. Oversikt over inndelingen til flere etasjer kan studeres i Vedlegg B. Konkret var årsaken til flere soner i del 1 av bygget; større variasjon i utforming, hyppigere innslag av enkeltaktiviteter og flere tekniske installasjoner i rommene. Enkeltaktiviteter henviser til småjobber med arbeidsomfang betydelig kortere enn ukestakten for vognene. Eksemplifisert gjennom installasjon av skyvedør fra en mindre leverandør til prosjektet. Utgangspunktet i VDs skisserte utkast før IP-møtene inneholdt en sone mer i hver av delene, fire i del 1 og tre i del 2. Fra tekniske fag ble løsningen betraktet problematisk for produksjon med for mange uferdige føringer hengende i løse luften i randen av sonen. Med

en reduisering av antall soner kunne de fullføre flere føringer, og unngå å arbeid inn i «neste ukes sone».



Figur 4.2: Soneinndelingen for underetasje og 3.etasje, (Veidekke)<sup>13</sup>.

Selv om VDs funksjonærer er kjent med arbeidene som skal gjøres i bygget, erfarte de raskt gjennom IP-seansene at deres skisserte utkast for soner var suboptimal. I samråd med tekniske fag ble utforming og antall soner justert. Det medførte en relativt tidlig endring av underlaget for prosjektering. Fra funksjonærene i VD beskrives det noe tilfeldig at sonene ble endret såpass tidlig i IP-seansene, men erfaringen med å ferdigstille sonenes utforming tidlig ble erfart nyttig for hensiktsmessig prosjektering av produksjonsunderlaget. Noe funksjonærene fra VD noterte seg, men ikke fremstod like klart for tekniske fag, var ulik grad av produksjonsflyt i de to delene av bygget. Både underveis, men også i etterkant, er det erfart at del 1 hadde større utfordringer i driften sammenlignet med del 2. For VDs funksjonærer gikk det med mer tid til koordinering av fag, og oppfølging av kvalitet og fremdrift i den utfordrende delen.

Intervjuobjekter fra VD og tekniske fag formidler samstemt at de tekniske fagene tidligere bør involveres i prosjektet. Det ses forbedringer, på lik linje med justeringen av sonene, i at fagene i større grad får ta del i underlaget for prosjektering. Isolert kan det forbedre løsningene som velges i prosjektet, men også sikre at tegningsgrunnlaget for produksjon blir tidsnok ferdigstilt. For sent tegningsgrunnlag til å planlegge fornuftig produksjon var spesielt et problem for ett av tekniske fagene i prosjektet. Et forbedringsforslag som bygger på todelingen av bygget, er i senere prosjekter å gjøre en taktisk inndeling av bygget. Et tog går i soner med repeterende arbeider og et annet i soner preget av ikke-repeterende arbeider. På den måten ser man for seg tettere oppfølging på de ukurante sonene i bygget, mens de repeterende «går av seg selv».

#### 4.2.2 Buffere

For soneinndeling er det område- og planbuffer som er relevante i taktarbeidet. I planlegging av takten ble det bestemt oppstart av planbuffer tre måneder før taktplanens skisserte produksjonsstart. Planbufferne i prosjektet var to sjakter og tekniske rom i underetasjen. Selv om dette er arbeid utenfor taktplanen er det relevant å påpeke prioriteringen av å ferdigstille disse bufferne tidlig, helst før vognsystemet trer i kraft. For de innvendige arbeidene som taktet er det med stor fordel at prosjektets planbuffer er klar i tide siden føringene til tekniske fag springer ut herfra. Områdebuffer ble det ikke direkte planlagt for i prosjektet. Etersom takten rullet fremover ble det utfordringer ved

<sup>13</sup> Hentet fra tilsendt dokument, *Planoversikter alle plan*.

to områder som gikk over to etasjer, samt et datarom med flere tekniske installasjoner og datagulv. Områdene ble flyttet ut av den rigide taktplanen og driftet som «egne soner». Den planlagte rekkefølgen for vognsystemet i disse sonene ble likevel forsøkt uendret. I Vedlegg B er områdene utskilt med blå (ekskludert U.1) og rosa fargekode.

Selv med tidlig igangsetting av planbufferne strakk ikke tiden til for ferdigstillelse mot taktproduksjonens oppstart. I etterkant grunnes det til undervurdering av de tekniske installasjonenes omfang, der ferdigstillelse tok vesentlig mer tid enn planlagt. Som følge av det opplevde taktens vogner med grensesnitt og arbeider mot planbufferne forsinkelser i tidlig fase av takten. Fra de tekniske fagene er det kritiske erfaringer i hvordan de opplevde planbufferne som fleksible komponenter. I jaget for ferdigstillelse av tekniske rom formidles det at noen fag okkuperte området slik at andre ikke slapp til. Faget som ikke slapp til mistet derfor fleksibilitet i arbeider de hadde der. Intervjuobjektene fra de andre tekniske fagene opplevde heller ikke rommene som fleksible i den grad det lugget andre plasser. Det siden planbufferne ble prioritert og pushet på for ferdigstillelse. Områdebuffernes etablering ble til etter erfaringen om at rom over to etasjer var krevende å takte. Funksjonærer fra VD og tekniske fag retter problematikken til behovet av stillaser for å få gjennomført arbeider i høyden. Rigg opp og ned av stillaser, samt at de står permanent i den tid de er montert, gikk utover muligheten for å utføre flere av vognenes arbeider i den tiltenkte rekkefølgen. Rokeringer måtte til for å sikre fremdriften så godt det lot seg gjøre. Områdene isolert sett erfares fra VD og tekniske fag å ha fungert som fleksible komponenter ved forsinkelser i sonen fagene opprinnelig arbeidet i.

En funksjonær i VD påpeker at for senere prosjekter bør tekniske rom og sjakter ferdigstilles før taktproduksjonen settes til liv. «*Dersom en planlegger for det kan arbeid med tekniske rom og sjakter gjøres samtidig med arbeidet mot tett bygg*», utdyper funksjonæren. Når det gjaldt problematikken med «permanente» stillaser i områdebufferne over to etasjer, uttrykker en representant fra de tekniske at det bør prosjekteres løsninger som muliggjør bruk av lift på arbeider i høyden. «*Her var det høye takhøyder og med Veidekkes krav om stillas, stiger og store tunge trapper så går montasjen tregere. ... Man bør tenke på dette når man planlegger. Det var veldig trangt*».

### 4.2.3 Kontroll og kvalitet

For soneinndeling er mekanismen kontroll og kvalitet gjengivelse av et tidligere redegjort moment, men med annen innfallsvinkel. Det omhandler den vesentlige endringen i soneinndelingen i det de tekniske ble involvert – en reduksjon av antall soner. Betydelige endringer utover det uteble. Av intervjurunden går det frem at soneinndelingen, som skulle tilrettelegge for oversiktlig arbeid utført med god kvalitet, var basert på synspunkter fra tekniske fag og i en viss grad funksjonærene i VD. På bakgrunn av tildels manglende erfaring med takt og soner, forklares det at generell kompetanse i faget ble lagt til grunn for inndelingen.

«*Det som plager det tekniske her er at arbeidet krysser over i andre soner. ... Vi må tilbake å gjøre ferdig en plass for å få fullført der vi egentlig er. Alt er ikke fanget opp i det prosjekterte underlaget*». Erfaringen fra et teknisk fag knyttes til utfordringer i randen av sonen med arbeidstegninger som la opp til å fortsette arbeidet utenfor sonen de arbeidet i. På nåde tillot andre entreprenører at dette faget fikk arbeide inn sonen som ikke var deres på det tidspunktet. Selv om mange momenter i arbeidstegningene hadde hensyntatt taktproduksjon og bruk av soner, erfarte faget at det kreves enda mer fokus på å håndtere grensesnittene mellom sonene. Utfordringer med det prosjekterte underlaget ble også nevnt i intervju med funksjonærene i VD og på erfaringsutvekslingen på Ruseløkka. I

sammenheng med fraværet av betydelige endringer utover reduksjon av antall soner, erfares kontraheringstidspunktet av tekniske fag som for sent til at flere synspunkter skulle bli en del av prosjekteringen. Det tilbakevendende problemet med VD's sene kontrahering oppsummeres slik: *«Vi jobber jo med å få erfaring. Det vil jo bare bli bedre. Det å få erfaring på de ute, altså underentreprenørene våres, og forstå hva vi ønsker. Og at vi sjøl forstår helt hva vi ønsker av de ute der, så tror jeg takt er liv laga».*

Naturlig nok vil takten og soneinndelingen kunne forbedres etter hvert som erfaringene blir rikere. Forbedringsforslaget for å sikre bedre kontroll og kvalitet på soner og tilhørende arbeid er som før nevnt en tidligere kontrahering av underentreprenørene. Et mer spesifikt forbedringsforslag knyttet skoleprosjekter er at UBF utarbeider en mal for hvordan klasserom skal utformes. Siden UBF står ansvarlig for utvikling av undervisningsbygg i Oslo kommune, ser en funksjonær fra VD det svært nyttig med en klasseromsmal som formidler: *«Slik vil vi ha det, dette er kvaliteten vi er ute etter».*

#### 4.2.4 Replanlegging

Den tydeligste replanleggingen i soneinndelingen er beskrevet i flere av kapitlene over, og handler om omstruktureringen av tre og fire soner i planutkastet til to og tre for den endelige soneinndelingen. Et resultat av justeringen betød at elektro og RIE måtte gjennomføre en stor endring i deres prosjekterte produksjonsunderlag. Elektrofagets vante «arbeidsretning» er horisontal, mens for prosjektet ble det bestemt vertikal retning gjennom sjaktene. Dette følger av rør og ventilasjon sin vertikale arbeidsretning. I planleggingsfaser er ikke dette noe nytt, da fasen kjennetegnes av flere store og mindre store endringer. Det følger av LPS, IP og itereringene i definisjon av soner i malen for utvikling av taktplan i VD (Figur 3.5). Områdebuffernes utskillelse er også en form for replanlegging underveis.

I prosessen med elektro og RIE sin endrede retning erfares dette fra en funksjonær i VD: *«RIE og elektro-entreprenøren fikk endret retningen sin. Det var et resultat av å starte tidlig med soneinndelingen. Det er en veldig nyttig erfaring å ha med seg og må til i et så komplisert bygg».* I intervju av elektroentreprenøren ble ikke retningsendringen erfart som spesielt krevende. Uten å utdype ble sonen og retningsendringen kommentert slik: *«Det var en ryddig inndeling i prosjektet».*

For å redusere risikoen for spesielt kostnadstunge sene endringer, vil det som nevnt i flere sammenhenger være gunstig å kontrahere de tekniske fagene så tidlig som mulig. Det er disse aktørene som skal utføre arbeidet, og innehar ekspertisen på fagfeltet. Dette føyer seg inn i en generell oppfattelse om at tidligere kontrahering av de tekniske underentreprenørene vil være gunstig og virke forbedrende til senere prosjekter. En forbedring i lys av erfaringen med arbeidsretning er å avklare denne på forhånd som en del av premisene i kontraheringsforhandlingene og senere prosjektering.

## 4.3 Vognsystemet

Ruseløkka som case er spesielt interessant ved benyttelsen av to separate tog der graden av repeterende soner er ulik dem imellom. Vognsystemets skinnegang er illustrert i Figur 4.1. Løsningen med to vognsystem skyldes først og fremst en effektivitetsvurdering opp mot ferdigstilling innenfor tidsrammen til kontraktsfestet milepæl i mekanisk ferdigstilling.

### 4.3.1 Standardisering og variasjon

Hvert av togene ble planlagt gjennomført med 21 vogner, hvorav seks var hybridvogner med flere fag koordinert sammen. I innsalget av takt ligger gulroten at fagene skal ha sonene for seg selv, men allerede i planleggingsfasen er omtrent en tredjedel av vognene hybridløsninger. Bruk av hybridvogner skyldes typisk at to mindre arbeidspakker lot seg kombinere i samme vogn, og det bunner i et effektivitetsspørsmål for å ferdigstille arbeidet i den avsatte byggetiden. Ytterligere informasjon om vognenes rekkefølge, innhold og skinnegang er vedlagt i taktplanen for Ruseløkka, Vedlegg A. For å løse hybridvognene best mulig ble fagene internt enige om å starte i ulike områder av sonen. For tog 1, i etasjene med stor grad av ikke-repeterende soner og arbeider, var det i tillegg flere enkeltaktiviteter som krevdes for de tekniske installasjonene. Dannelsen av *midlertidige hybridvogner*, der funksjonærene fra VD koordinerte inn enkeltaktiviteten i en eksisterende vogn, visket ytterligere ut det rigide taktsystemet med å ha sonene for seg selv. Dette ga noe utslag på produksjonsflyten i området. Med økt aktivitet og flere personer inn og ut av vogner og soner, ble det uromomenter for driften. For 3.etasje og oppover beskrives produksjonsflyten som så god at området frigjorde tid til å følge opp mer kompliserte deler av bygget.

Erfaringene gjenspeiler det som gjør Ruseløkka unik i så måte, ett velfungerende vognsystem og ett preget av problemer med produksjonsflyten. Som en funksjonær fra VD uttaler: «*Femti prosent av bygget flyter greit, og det gjør at vi kan holde mer fokus på den andre delen*». Problemene i tog 1 tilskrives ikke-repeterende soner, og en økt mengde «uplanfestede» midlertidige hybridvogner. Intervjuobjektene erfarer ikke de midlertidige hybridvognene som betydelig forsinkende, men det påvirket noe. Fra VDs funksjonærer ble det fokusert på god kommunikasjon i forkant av enkeltaktivitetens tiltredelse, noe som erfares å ha redusert potensielle problemer med dette. På erfaringsutvekslingen gis det i denne sammenheng uttrykk for at de tekniske omstilte raskt; enten i form av å ferdigstille arbeidet hurtigere om mulig eller utsette oppstarten noe. Alt ettersom når i uken enkeltaktiviteten skulle tiltre. Det mest utslagsgivende for produksjonsflyten erfares derfor til å være ikke-repeterende arbeider fra sone til sone. En funksjonær fra VD tydeliggjør dette gjennom en vogns «veggarbeid». I et rom eller sone i tog 1 er veggen ulik sammenlignet med den forrige, mens for tog 2 hadde klasserom og lærerværelser de samme veggene etasjene igjennom. Det tok vesentlig lengre tid å ferdigstille veggtypene i tog 1 som stadig endret karakter og utseende. Flere slike ikke-repeterende arbeider ble erfart i sum å redusere produksjonsflyten for toget. Tross en del utfordringer erfares det på generelt grunnlag at systemet med vogner på denne måten, altså takt, er noe de tekniske uttrykker seg positivt til. «*Det er ryddig å forholde seg til, og de fleste og meg personlig ønsker å forholde seg til noe som er ryddig*».

Som nevnt under soneinndelingen kan senere prosjekter taktisk benytte seg av en todeling av bygget. Økt fokus og oppmerksomhet mot rom og soner som betraktes mer kompliserte kan sikre bedre flyt i produksjonen av ukurante soner. Et konkret forslag for å redusere





med hyppig bruk av helgearbeider, vil tilstrebing av tett bygg tidligere gi lengre tidsrom for innvendige arbeider. Konkret ligger forbedringen i å nyansere tett bygg som stadiet i byggets utvikling der innvendige arbeider tidligst kan ta til. Ved prioritet av takarbeider fremfor fasadearbeider, som delvis kan gå parallelt med innvendige arbeider, vil det kunne utvide byggetiden for innvendige arbeider som typisk er arbeidet som taktes.

### 4.3.3 Kontroll og kvalitet

For å sikre kvalitet på arbeid, samt foreta kontroll av sonen etter endt arbeidspakke, ble det i prosjektet planlagt en vekslingsbefaring mellom eksisterende og tiltredene fag (vogn) i sonen. Befaringstidspunkt ble fastsatt til torsdag i ukestakten, og en vekslingsprotokoll med sjekkpunkter skulle føres. Tidspunkt for befaring ble valgt med hensikten for å kunne etterkomme mangler påpekt i befaringsprotokollen påfølgende fredag. Vekslingsprotokollen loggførte om arbeid var i henhold til plan, og om det var tilstrekkelig ryddet og ferdig for neste vogn. Det ble opprettet en mal for dette i befaringsverktøyet *Dalux Field* for å sikre oppgaveflyt mellom de involverte i prosjektet. Rent praktisk var det maksimalt 19 vekslinger per uke av taktplan. Det ga gode vilkår til kontroll- og kvalitetssikring av arbeidene, og muligheter for å tilpasse endrede behov i takten. Befaring med tilhørende protokoll ble implementert som et resultat av taktpraksis og -erfaring fra Ulven-prosjektet.

Med en tydelig ramme rundt befaring og protokollføring var det likevel svært få vekslingsprotokoller som ble utført. Kun en brøkdel av de *tilgjengelige* vekslingene som lå i taktplan. Funksjonærene og fagarbeiderne i VD erfarte gjennomføringsvilje der de selv var til stede for å ta del i befaringsprotokollen, mens vekslingene uteble i stor grad uten VD representert. I intervju med et teknisk fag forklares manglende befaring og protokollføring slik: «*I ukestakten strakk ikke tiden til for å gjennomføre den, det ble for snaut for oss. Det skulle gå veldig fort for å lykkes*». Et annet teknisk fag støtter oppunder forklaringen på denne måten: «*Føler ikke at man har hatt så god tid til disse vekslingsprotokollene. Så god tid man burde ha til sjekklister og sånt var ikke tilgjengelig*». Disse prioriterte heller ferdigstilling av vognens arbeid i den avsatte tiden for vekslingsbefaring. Et intervjuobjekt erfarer likevel at flere av sjekkpunktene ble fulgt bevisst og ubevisst, det utdypes: «*Det er en absolutt forståelse av at folk skal rydde etter seg når et annet fag skal overta. ... Så vi hadde en egen ryddemann til å støvsuge å holde i det da ventilasjon kom etter oss i takten. Vi vet at ventilasjon skal ha det støvfritt*». VD forsøkte å pushe på gjennomføringer, men det ble ingen stor effekt av det. En større utfordring i denne sammenheng var praktisering av svenskeuker (arbeid mandag til torsdag formiddag) på flere av arbeiderne. Funksjonærene erfarte raskt at de ansvarlige for vekslingen ikke var til stede. Enten var de allerede reist, eller så godt som reist i form av manglende tilstedeværelse mentalt. Erstatningen bedriftene satte inn som ansvarlige hadde på langt nær den samme kontrollen på arbeidet som de hjemreiste. Det ble forsøkt å endre tidspunkt til tidligere på dagen, men det ble raskt erfart at de fleste soner var langt fra ferdigstilt til dette tidspunktet. Det er viktig å understreke at intervjuobjektene fra de tekniske fagene så nytten i vekslingsprotokollen, der de som tiltredene fag hadde mulighet til å påpeke mangler eller rot før de skal inn i sonen. Der befaring og protokollføring faktisk fant sted erfarte funksjonærene fra VD å ha god oversikt over kvalitet og fremdrift, samt tilegnelse av nyttig lærdom knyttet taktens særegenheter.

Fra funksjonærhold i VD er samtlige tydelige på at de i neste prosjekt vil forankre taktprinsipper bedre i innkjøpsprosess og kontrakt. Spesielt trekkes det frem som en løsning på manglende vekslinger gjennomført. Ved forankring i kontrakt vil befaring og protokollføring være pålagt, og ved manglende vekslinger kan dette sanksjoneres etter de



avtaler som er kontraktfestet. Samme løsning lanseres for å ta bort praktisering av svenskeuken. Med 19 ukentlige vekslinger på det meste er det umulig for VD å delta på samtlige. Riggerarbeideren foreslått i forbindelse med logistikk, en rolle som følger og tilrettelegger for takt, kan motivere og følge opp vekslingene tettere. Fra erfaringsutvekslingen og intervju med de tekniske ses det også en forbedring i utvidelse av taktlengden på en uke til to-ukerstakt. I et perspektiv for vekslingsbefaringer kan det redusere hyppigheten og bidra positivt til at de utførende setter av tiden det tar.

#### 4.3.4 Replanlegging

Samtidig med at VD utviklet et utkast for soner å diskutere rundt, ble det samme utført for vognsystemet (taktplan). I konkretisering av taktplan var de tekniske kontrahert og delaktig i arbeidet. Siden deres arbeider er majoriteten av vognene, og på den måten er styrende for prosjektet, ble taktplanen stående relativt uendret etter denne prosessen. Justeringer i planen forekom ved mindre leverandørkjøp, da først og fremst i opprettelsen av hybridvogner. Det er nyttig å påpeke at nye leverandørkjøp var kontraktsmessig bundet til å følge de oppsatte tider i taktplanen designet av VD og tekniske fag. I konkretisering av taktplan opplevde en av de tekniske fagene manglende tegningsgrunnlag fra rådgivende fag. De hadde tilstrekkelig oversikt over arbeid knyttet vognsystemenes innhold, men nøye planlegging av utførelse var svært vanskelig inn mot taktens oppstart.

Erfaringene ved taktplanutviklingen var nytten i å ha utviklet et utkast på forhånd av konkretisering med tekniske fag. På denne måten ble de satt på sporet av hva et vognsystem var og hvordan det skulle fungere. Arbeidspakker og andre innspill fra fagene ble implementert i planen. Enda tydeligere ble viktigheten av en mer etablert taktplan å diskutere rundt da de mindre leverandørene skulle plasseres hensiktsmessig inn i takten. Prosessen opplevdes smidig og langt mer effektiv enn med de tekniske fagene. Isolert sett var ikke vognsystemenes rekkefølger og innhold gjenstand for noen betraktelig replanlegging utover planleggingsfasen, men forskyvninger i tid ble aktuelt ved flere anledninger. Tidsbufferne i planen ble erfart å håndtere forskyvningene tilstrekkelig, slik at planen kalibrerte seg inn igjen. Opprettelsen av permanente og midlertidige hybridvogner kan betraktes som en form for replanlegging, men erfaringene i etterkant tilsier at det ikke snudde opp ned på drift og rammene rundt. Problemet knyttet til manglende tegningsgrunnlag hos en av tekniske fagene erfares dyrekjøpt. Det er ikke en direkte replanlegging, siden det knapt fantes tid til å planlegge, men det påpeker viktigheten av å få prosjektert det man trenger til rett tid. Muligheten for tjuvstarter og forberedende arbeider til sonene dersom mulig forsvinner når underlaget så vidt blir klart til taktoppstart av de ulike sonene.

Som på flere områder vil økt erfaring hos involverte fra VD og underentreprenører forbedre senere prosjekter. Funn i studier og erfaringsoverføringer/-utvekslinger er forbedrende forslag til å konkretisere hva «økt erfaring» innebærer. For å unngå massive og kostnadsfortyngende replanlegginger må VD i klartekst vite hva de forespør av entreprenørene i innkjøpsprosessene, og prosessene må komme tidligere i gang. Det sikrer gode rammebetingelser og tidligere kontrahering muliggjør økt innflytelse på underlaget for takt og utførelse. For å unngå situasjonen til det ene tekniske faget med manglende tegningsgrunnlag, nevnes det av aktuelt fag at arbeidet på generell basis må være prosjektert ferdig i god tid før taktens oppstart. Det kan forbedres med tidligere involvering av underentreprenører.

## 4.4 Bemanning

Taktens hensikt med flat bemanning skal være gunstig for prosjekts drift og rasjonelt i et økonomisk perspektiv. Dette er et område VD stilte lite krav utover kontinuitet i rollene PL/AL og bas hos de ulike underentreprenørene. Resultatgjengivelsen er derfor preget av tekniske fags betraktninger omkring utførelse, erfaring og forbedring.

### 4.4.1 Standardisering og variasjon

I utviklingen av arbeidspakker til vognsystemet arbeidet tekniske fag parallelt med en bemanningsplan for prosjektet. Bemanningen baserte seg på arbeidsmengden i vognen, størrelsen på sonen, og at det sammenfalt med ukestakten. Taktens testperiode på fire til fem uker frem mot påske skulle benyttes for justering av bemanning ved behov. I de fleste tilfeller var det behov for økt bemanning jamfør opprinnelig bemanningsplan som viste seg nokså undervurdert. Testperioden ble i tillegg ekstra belastet med hensyn til inngripende tiltak for bekjempelsen av pandemien. Da det stabiliserte seg og virksomheten kunne starte oppe igjen, viser VD til tall fra bemanningskontrollen på byggeplassen til å være på 150-160 personer. For et prosjekt på størrelsen til Ruseløkka betraktes det til svært mange arbeidere på plassen. På bakgrunn av bransjens manglende kapasitet på fagarbeidere, slet firmaene med å sikre nok personell til taktarbeidet.

Med intensjon om å skape flat bemanning og begrense variasjonene erfarte både VD og de tekniske dette svært utfordrende i taktens oppstart. Det tilskrives underestimert bemanningsplan og pandemiens inntreden. I intervjuene erfares flere grunner til at fagene måtte justere seg opp i bemanning for å ferdigstille etter ukestakten; tre ukers arbeid fordelt på to uker, sent prosjektert tegningsgrunnlag og manglende forberedelser, to tog gående samtidig, og takhøyder på fire-fem meter. De to første grunnene er nært knyttet sammen og stammer fra samme tekniske fag. Det utdypes: *«Hadde grunnlaget vært på plass tidligere kunne vi forberedt oss bedre og tjuvstartet med oppheng til arbeidet vi hadde i de to sammenhengende ukene i starten av takttoget»*. På nabotomten hadde samme entreprenør et oppdrag hvor de fikk tjuvstartet med opphengene sine før andre fag kom til, og det viste seg effektivt for påfølgende arbeid. Med tegningsgrunnlaget i hånden rett før oppstart ble det umulig å montere dette gjennom en «tjuvstart», og det måtte en høy bemanning til i fullføringen av vognen. Det signaliseres at mengden personell gjorde at de var innom rødfeltet i lengre perioder av takten. I forbindelse med stor takhøyde utdypes det at en etasje på tre meter går vesentlig raskere enn etasjer på fire-fem hvor lift kreves. Med områder hvor liftbruk ikke var mulig ble arbeidet erfart enda mer forsinkende. På tross av bemanningsjusteringer i taktens testperiode og et kraftig hopp i personell for å ta igjen tapt drift ved nedstengningen av landet, antyder VD å se en tendens til mer jevn bemanning enn i tradisjonelle prosjekt. I lengre perioder viste bemanningskontrollen rundt 120 personer på plassen, og forklaringen tilskrives taktens rigide system med sjekkpunkter for ferdigstilling hver uke. Havner man bakpå signaliseres dette svært raskt. VD erfarte i tillegg Ruseløkka som et prosjekt med høy status hos entreprenørene. I den forbindelse antydes det at de prioriterte mannskap til prosjektet som ga en forholdsvis stabil bemanning. Et intervjuobjekt fra teknisk fag påpeker riktignok at jevn bemanning er ikke bra om antallet er for høyt, og utdyper videre: *«Fremdriften var også planlagt for kjapp til et lite bygg, og riggen ble for liten til at man måtte være så mange der»*.

For senere prosjekter lanserer intervjuobjektene fra tekniske fag noen praktiske momenter som kan bidra til å redusere en høy bemanning til et mer rasjonelt og levedyktig nivå. Med stor takhøyde må bygget planlegges for drift som muliggjør liftbruk (et forbedringspotensial nevnt under IP). Det prosjekterte tegningsgrunnlaget må være klart i god tid før oppstart så det blir tid til å planlegge en rasjonell fremdrift på det som skal gjøres og tjuvstarte om mulig. Byggetiden til prosjektet må også samsvare med riggens størrelse, slik at den «daglige» krevde bemanningsmengden er praktisk gjennomførbar og rasjonell. Forbedringsforslaget i tett bygg tidligere vil kunne spre timeverkene for innvendige arbeider utover med følger i en potensielt lavere daglig bemanning.

#### 4.4.2 Buffere

Kapasitetsbuffer for bemanning ble ikke planlagt eller systematisert direkte inn mot prosjektet. Avvik som oppsto fra det planlagte måtte løses in situ, siden det ikke ble tatt høyde for hendelser eller variasjoner med påvirkning på produksjonens bemanning. Behov for økt bemanning, i lys av testperiodens utfordringer med ferdigstilling, ble løst ved å hyre fagarbeidere gjennom bemanningsbyråer. I byggebransjen dekkes normalt ikke behovet for fagarbeidere hos de enkelte entreprenørene. En så stor arbeidsstokk internt er som regel ikke bærekraftig for bedriftene. Felles fra intervjuene med tekniske fag formidles det å få nok folk fra bemanningsbyråene som en stor utfordring: *«Det er skrapa med bemanning, man sliter med det hos oss og byggebransjen generelt»*. Ved motsatt problem i oppstående lediggang, ble det av funksjonærhold i VD lagt opp til forsering av arbeider og tidlig start i ny sone om mulig. Bufferområder for arbeid ble også benyttet.

Dagens situasjon i byggebransjen gjør at entreprenørene lener seg på bemanningsbyråene som deres form for «kapasitetsbuffer». Det betraktes som svært usikkert av intervjuobjektene, og er heller ingen ønsket måte å praktisere driften på. Det erfarer som svært tidkrevende å hente inn personell på denne måten, og det tar fokus vekk fra selve driften. I tillegg er det med blandet hell det er kompetente og ærekjære fagfolk som hyres inn. Slik de ser det er det likevel ingen annen måte å gjøre det på per i dag. På erfaringsutvekslingen med VD bemerkes avvikene som oppstod i testperioden som nyttig erfaring. Videreføring av en slik oppstart-/testperiode med økt oppmerksomhet mot bemanningskapasitet og -rasjonalitet bør videreføres. For lediggang, eksempelvis at det lugget i takten en plass, erfarte funksjonærene at de hadde flere bufferaktiviteter- og områder å plassere folk i. Dette er en form for sjonglering av mannskap funksjonærene i VD uttalte at de er kjent med fra før: *«Nye arbeidsoppgaver har en tendens til å oppstå underveis i prosjektene, så det er alltid en plass å engasjere fagarbeiderne»*.

Et intervjuobjekt uttaler at med økt erfaring og kjennskap til de ulike bemanningsbyråene, er det i fremtiden mulig å danne gode allianser med de seriøse aktørene på markedet. I en forbedring av senere prosjekter kan det opprettes avtale mellom entreprenør og bemanningsbyrå som sikrer tilgang på fagarbeidere ved behov i en kortere fase av takten. Mest naturlig knyttes dette til oppstartsfasen av taktproduksjon.

#### 4.4.3 Kontroll og kvalitet

Bemanningen var relativt høy på prosjektet som følge av kort byggetid og drift via to tog. Med knapp tid til å planlegge, i følgende av forsinket tegningsgrunnlag, opplevde et teknisk fag å måtte bruke mye tid på administrative oppgaver fremfor drift. Allerede er det nevnt utfordringen med å skaffe nok fagarbeidere fra bemanningsbyråene, men mye tid gikk også med til skjemaer som måtte fylles ut jamfør norsk arbeidsmiljølov. *«Alt av timer røyk»*, spesielt i tilknytning til tog 1 på prosjektet. For å ha kontroll på fremdriften ble det

valgt å ta kostnaden knyttet økt bemanning som påvirket nevnte entreprenørs fortjeneste. Med topper på cirka 30 personer fra samme fag for å holde tak i kontraktsfestet fremdrift, var det krevende å følge opp kvalitet på arbeid og arbeidere. Med praktiserende svenskeuke i en større del av bemanningen på prosjektet mistet man i tillegg kontinuitet og kontroll i en avgjørende del av ukestakten (torsdag og fredag). Problemer i vekslingene mellom vognene ved eksempelvis mangler eller sviktende dialog, viste seg ikke håndtert før påfølgende uke tredde i kraft.

Antallet fagarbeidere fra et teknisk fag erfares unormalt høy prosjektets størrelse tatt i betraktning. Det tilskrives en skjev start med tegningsgrunnlag akkurat i tide til oppstart, og derfor begrenset tid til å planlegge rasjonell produksjon. Praktisering av svenskeuke er noe funksjonærene i VD opplevde svært hemmende for takten. Det var et krav fra VD at bedriftene skulle ha en bas på prosjektet hele uken, men erstatningen som ble tilsatt da hovedansvarlig bas avsluttet arbeidsuken torsdag formiddag var ikke fullverdig. Tilsatte hadde en umulig oppgave med å få oversikt over prosjektets gang og utfordringer. En og en halv dag uten tilstrekkelig god dialog ble erfart negativt med hensyn til kontroll på fremdrift og kvalitet.

Svenskeuken som praktiserende arbeidsuke i taktproduksjon ser funksjonærene i VD svært trøblete. I en optimalisering av dialog, vekslingsprotokoller og kontinuitet i arbeidet, bør praksisen avvikes ved å kontraktsfeste en form for forbud mot praktiseringen. Det tekniske faget som slet med høy bemanning for å fullføre deres arbeider, peker på forbedringer i få grunnlag og planlegging ferdigstilt i god tid for oppstart. På den måten åpnes muligheten for å tjuvstarte slik at mengden arbeid begrenses i vognsystemets arbeidspakker.

#### 4.4.4 Replanlegging

Replanlegging av bemanning ble gjennomført i testperioden av taktplan for de ulike fagene. Ny koordinering av bemanningsplanen fant sted allerede i tidsbufferen uke 15 (Figur 4.3). Jevnt over underestimerte de tekniske fagene bemanningen deres for taktproduksjonens omfang. Flere grunner til det er allerede nevnt i underkapitlet *Standardisering og variasjon*.

I etterkant erfares bruk av tidsbufferen i uke 15 til å koordinere ny bemanning som helt essensiell. Uken var ikke planlagt med drift og det frigjorde noe tid til å gjøre grundigere analyser og justeringer, fremfor å skyve på med mer folk uten noen direkte plan eller kontroll. Tidsbufferuken ble riktignok brukt til innhenting av forsinkelser, men med et noe redusert trykk på prosjektets produksjon ble det som beskrevet tid for fagene å replanlegge bemanningen deres. En unngåelse av replanlegginger ser de tekniske fagene som svært vanskelig. Praktisering av drift i bransjen per dags dato legger opp til at justeringer må gjøres underveis.

Det formidles en videreføring i å opprettholde luft i taktplanen for å kunne gjøre endringer når trykket er noe avlastet sammenlignet med de normale taktukene. Forslag om felleseanser med fokus på takt og replanlegging underveis i produksjon formidles også. Den bør være på et tidspunkt og med en lengde som tilsvarer tidsbufferuken i testperioden av takten. På generell basis gir de tekniske fagene forbedringsforslag som omhandler økt standardisering og reduksjon av kompleksitet. Planleggingen lettes og behovet for replanlegginger underveis ses redusert. De peker også på en bedre kvalitetssikring av estimatet for bemanning.

## 5 Diskusjon

*Kapitlet drøfter informasjonen som følger av resultatdelen av oppgaven. Resultatene vurderes i sammenheng med teori fra teorikapitlet, i tillegg til å reflektere oppgaveforfatters tolkninger og erfaringer til de drøftede mekanismene. Diskusjonens strukturering av taktkomponenter og -mekanismer er tilsvarende resultatkapitlet.*

### 5.1 Taktplanlegging i skoleprosjekt – Ruseløkka

Masterstudiets studerte caseprosjekt på Ruseløkka møter premisene i oppgavens tittel *Taktplanlegging i skoleprosjekter*. Det er bygget en ny og moderne skole for 1.-10.trinn, med prosjektets innvendige arbeid planlagt og produsert med takt. I et ytre perspektiv på studien ønsker VD å utvikle taktmetoden for bruk i mer kompliserte bygningstyper, en karakteristikk ofte beskrivende for skolebygg. Besvarelsen av forskningsspørsmålene i studien kan i dette perspektivet bidra til utvikling av metoden og sikre gyldighet eksternt. Intern gyldighet vil sikres gjennom bidraget til å fylle kunnskapsgapet til taktprosjekt med kombinasjonen repeterende og ikke-repeterende soner. Skolebygg i regi av foretaket UBF, som Ruseløkka skole er underlagt ved å ligge i Oslo kommune, reguleres og håndheves med ufravikelige krav til utførelse og leveranse. Spesielt i fokuset på inneklima og miljø. I tillegg er prosjektet underlagt lover og regler ved offentlig prosjekt og -anskaffelse. Studiens relevans for prosjekter utover UBF og Oslo kommune kan derfor begrenses på enkelte områder. Det samme gjelder offentlige byggeprosjekter som differerer fra skolebygg til 1.-10. trinn, være høyere og lavere utdanningsinstitusjon eller helseinstitusjoner mm. Prosjekter med tilsvarende offentlig regulering kan likevel ha nytte av funnene til taktbruk på Ruseløkka. Samlet sett fremstår Ruseløkka egnet for *vurderingen av takt som en god metode for planlegging og produksjon av skoleprosjekter*. Initiativ og engasjement fra VD sentralt bygger også oppunder prosjektet som et foregangsprosjekt for takt, der erfaring og forbedring kan høstes.

I innledning og konkretisering av studien ved skolestart 2020 foreslo ekstern veileder en plan for periodevis deltagelse i caseprosjektet. Det med mulighet for oppgaveforfatter til å observere taktmetoden fysisk og bistå prosjektets drift ved behov. Med pågående pandemi gjennom hele studiens forløp ble deltagelsen ikke realisert. Tiltente observasjonsstudier lot seg ikke gjennomføre, og muligheten for enda bredere tilnærming til prosjektet uteble. I lys av dette vurderes derfor de fysiske tilstedeværende møtene med VD som svært nyttige for innsikt og relasjonsbygging med involverte i prosjektet. Deler av studiens funn er i tillegg hentet fra fysiske gjennomførte intervju i forbindelse med erfaringsutvekslingen og pilotstudien.

#### 5.1.1 Taktens introduksjon og oppstart

Utviklingsgruppens forankringsarbeid av taktmetode overfor funksjonærene på Ruseløkka fremstår positivt, men med potensial til forbedring. Oversikt over taktens generelle innhold dekkes tilstrekkelig, men konkrete manøvrer til praktisk oppstart virker mangelfull. Forankringsarbeidet bør fokuseres mer fremdriftsskapende. Forbedringsforslaget i erfaringsoverføring fra gjennomførte taktprosjekt (som Ruseløkka nå kan figurere som) til senere taktprosjekt, fremstår egnet til å gi konkrete momenter til kontrahering- og kontraktsforhandlingene i taktens oppstart. Denne type studier kan virke bidragsytende på samme måte. Videreføringen av forankringsarbeidet mellom funksjonærer og tekniske fag vurderes tilstrekkelig god, gitt motivasjonen fagene uttrykte for taktens oppstart gjennom intervjuene. På lik linje med flere konkrete momenter å være obs på for funksjonærene i

en taktoppstart, vil lignende fokus av informasjon til innkjøpte underentreprenører fremme prosjektets beste. Med Lean og forståelsen av felles mål bør informasjonsflyten videreføres helt til siste utførende i prosjektet. I motivasjonen de tekniske fagene uttrykte for metoden var en av begrunnelsene å kunne jobbe alene i sonene. I taktens teori er dette et av formålene med metoden, men viser seg nokså utvannet ved praktisk gjennomføring. Hvis det forblir en trend i prosjekter fremover, tar det vekk en av godene til de utførende ved taktmetoden. Det kan slå negativt ut for innstillingen til taktbruk i kommende prosjekter.

Med initiativ og et ønske om mer utstrakt taktbruk fra VD sentralt, er det å forvente et engasjement fra den delen av VD som følger dette arbeidet nærmest. I forbindelse med forankringsarbeidet er det signaler fra begge leirer (VDs funksjonærer og tekniske fag) som uttrykker økt motivasjon i og etter taktens introduksjon og oppstart. Det er grunn til å tro at alle involverte også hadde en tilnærmet felles forståelse av taktens komponenter og formål som et resultat av forankringsarbeidet. Dette selv om metoden sto relativt uprøvd for involvert personell, og uprøvd på skoleprosjekter. Det lyktes utviklingsgruppen å skape en «drive» for takt, og med påfølgende aktive valg av involverte aktører og roller er det rimelig å tro at disse kjente eierskap til prosjektet. Det er eierskap og engasjement som av Ballard (2000) og Bølviken et al. (2014, 2015) konkluderes bidragsytende til å nå prosjektenes mål effektivt.

### 5.1.2 Involverende planlegging (IP)

I prosessene med aktive valg er planlegging av taktproduksjon helt sentral. IP byggende på Lean-tankegang og Last Planner System™ har som et av deres viktigste postulater å skape eierskap til prosjektets planer, drift og målsettinger. Med begrensede erfaringer til taktmetoden er et nært samarbeid mellom VDs funksjonærer og underentreprenører, spesielt tekniske fag, potensielt formålstjenlig prosjektet. Med ekspertise fra de utførende er det grunn til å tro på utvikling av gode løsninger og rasjonelle taktplaner, som sammen kan gi grunnlaget for effektiv drift. Delaktighet og eierskap til planlegging og drift vil jamfør Lean-tankegang bedre sjansene til måloppnåelse og et vellykket resultat.

For prosjektets del har funksjonærene gjennom IP stimulert til aktiv deltagelse av de tekniske fagene ved involvering i underlaget for prosjektering og lappeteknikkmøter for fremdrift. Med taktplanutkastet ble likevel muligheten for felles taktplanutvikling med blanke ark fjernet. I en prosess der underentreprenørene ikke er kjent med takt som metode, kan det likevel ses nyttig å utarbeide et enkelt utkast for begrep om oppsett og hensikt. For aktive valg og eierskap vurderes det i denne sammenheng fornuftig med VD's begrensede bearbeiding av utkastet. Siden tidspunkt for involvering av tekniske fag forløp noe ulikt, og det i tidlige faser av taktplanutviklingen var færre sentrale fag til stede, kan utkastets oversikt ha bidratt til bedre fremdrift hos de tidligst involverte. Faren med utkastet er å bygge fundamentet på en bestemt måte. Det kan redusere spillerommet for kreative løsninger som potensielt kan forbedre eller revolusjonere taktplan. I tillegg kan det være problematisk at underentreprenørene er redd for å bevege seg langt vekk fra utkastet i deres egne ideer, samt at VD mener de har et fungerende planutkast med betenkeligheter mot drastiske endringer. Basert på uttalt tidsnød for prosjektering av produksjonsunderlaget inn mot oppstart taktproduksjon, er det rimelig å tro at taktplanutkastet ble mer førende enn tiltenkt. I forbedringsforslaget med tidligere kontrahering av spesielt tekniske fag, vil det kunne øke sjansen til å starte med blanke ark og i enda større grad inspirere til eierskap og bedre innflytelse med nye gode løsninger. Endringer vil også foretas i en fase av prosjektet hvor handlingsrommet er stort og endringskostnadene lave.



Som Last Planner™ ble basen til de tekniske fagene valgt tidlig til prosjektet. Mellom faser i prosjekter kan det oppstå tap av informasjon i mangel på kontinuitetsbærere. Risikoen for informasjonstap i overføringen mellom planlegging- og produksjonsfase vil trolig reduseres når samme bas er deltagende i begge faser slik som på Ruseløkka. I en veksling av personer mellom fasene er det reelt at informasjonsoverføringen kan rammes av misforståelser eller mangler. De positive aspektene som ble trukket frem i tidlig valg av bas fremstår svært gunstig for prosjektet, samt noe å bygge videre på. I et samspill med økt involvering og samspill med prosjekterende, kan det ha styrkende effekter på informasjon og kontinuitet i prosjektet.

Det konkrete forslaget med å prosjektere for liftbruk vurderes som et moment som bør vies oppmerksomhet i underlaget for prosjektering. Det er grunn til å tro at dette støtter oppunder et HMS-perspektiv for utførelse av arbeid. Signaleffekten ved forslaget kan i tillegg ses på som en av mange forbedringer som kan muliggjøres ved en tidligere kontrahering av tekniske fag. I seg selv kan forslaget virke relativt lite og banalt, men i en produksjonsfase logges mange arbeidstimer i byggets himlinger. En god og sikker plattform å arbeide fra kan være effektivt og sikkert sammenlignet med gardintrapp eller lignende stigeløsninger.

### 5.1.3 Premisser og logistikk

Med hensyn til premisene i taktmetoden og plassmangelen på Ruseløkka, så var logistikk og forsyning av materiell fungerende elementer i prosjektet. Prosjektets ryddighet underbygger også dette. God ryddighet skal heller ikke undervurderes i HMS-perspektiv for å unngå person- eller materielle skader. Godt forhåndsarbeid i logistikkplan for materialforsyning, trolig assistert av taktmetodens gode forutsigbarhet for planlegging, fremstår positivt for unødvendig ressursbruk på flytting av materialer eller annet utstyr. En god og nøye bas til dette arbeidet vil være fordelaktig og bygger videre på funnet om tidlig involvering av bas. Inntransport få dager i forveien av vognens oppstart kan være sårbar for forsinkelser, men dialogen mellom underentreprenør og materialleverandører for premisene i prosjektet ser ut å ha vært tilstrekkelig. Den potensielle risikoen som ligger i forsinkelser fra leverandørene, bør muligens vurderes opp mot tradisjonell lagring på plassen om prosjektets område tillater det. For Ruseløkka var ikke dette et reelt alternativ med hensyn til arealet tilgjengelig.

Funnet tilknyttet stillasleverandør som «totalentreprenør» i prosjektet formidles verdifull. Gjennom tildelingskriteriet *løsning* er det naturlig å tro at prosessene med å besvare dette best mulig i henhold til prosjektets premisser, bidro til eierskap og engasjement på lik linje med IP-seansene. Med en fast person som holder i prosjektet skaper det kontinuitet i kommunikasjon og oversikt, i likhet med tidlig involvering av bas. Dette kan være grunner til at det anbudsvinnende stillasfirmaet reagerte raskt på endringer, og det tilsynelatende var lite problemer ellers. I et kostnadsperspektiv kan det være fordyrende og potensielt merarbeid med anbudskonkurranse sammenlignet med å kontrahere «et tidligere stillasfirma direkte til jobben». Det er utfordrende å si helt klart om løsninger og positive aspekter knyttet gjennomføringen kan veie opp for et mer ordinært valg av stillasleverandør. Basert på formidlingen av funnet er det likevel grunn til å tro at kost/nytte-vurderinger av løsningen ga positivt utslag for valgt prosedyre i prosjektet.

Ideen om riggarbeider med taktansvar ute i felten kan tolkes som en tilrettelegger tettere på driften. Rollens ansvar kan beskrives til å sikre at alle aktiviteter når utførelse. Det kan oppnås gjennom tett kommunikasjon med utførende fag og avdekke/fjerne hindringer som potensielt setter driften i pause eller verste fall tilbake. Om rollen bør være fokusert kun om takten eller opptre som et ekstra fokusområde for en normal riggarbeider, vil avhenge av prosjektets prioriterte ressurser. Taktens omfang, arbeidskapasitet og kunnskap hos riggarbeideren, og kostnader er flere momenter som må vurderes. Med VDs intensjon om økt taktbruk kan det være en løsning med subsidier til en slik rolle fra sentrale hold.

## 5.2 Soneinndeling

### 5.2.1 Standardisering og variasjon

Soneinndelingen på Ruseløkka ble valgt todelt, en del karakterisert av ikke-repeterbart arbeid (del 1) og den andre delen av repeterbart arbeid (del 2). For sonene med repeterbart arbeid er det mye som tyder på at sonene ble inndelt nokså likt i arbeidsomfang etter ukestakt og rasjonell bemanning. Opplevd flyt i driften og frigjøring av tid for funksjonærene i VD til å følge andre deler av bygget, indikerer en fungerende soneinndeling. Reduksjonen av en sone per etasje i den repeterbare delen, som tross alt er mange kvm, var en endring foretatt av tekniske fag under IP. Med bakgrunn i sonenes flyt vurderes reduksjonen som en effektiv endring med hensyn til oversikt og fremdrift. Flere endringer som dette kan være effektivt for prosjektene, noe som underbygger forbedringsforslaget med tidligere involvering av de tekniske fagene. Funnet med god flyt i de repeterbare sonene er i tråd med teori av Frandson et al. (2013); Frandson & Tommelein (2016) og Vatne & Drevland (2016).

I sonene med tettere innslag av ikke-repeterbare arbeidsprosesser var det betydelige utfordringer i driften. Selv med en sone mer per etasje til håndtering av variasjoner, enkeltaktiviteter og tekniske installasjoner, oppfattes ikke det tilstrekkelig for å få arbeidsomfanget passende ukestakt med fornuftig bemanning. Forbedringsforslaget med *tettere oppfølging* av denne type soner kan potensielt bedre flyten. Med tettere oppfølging bør det være tiltak som sikrer mer likhet i arbeidsomfang. Mest naturlig kan det være å standardisere flere elementer av arbeid, slik at graden av ikke-repeterende arbeid reduseres. Den frigjorte tiden til VDs funksjonærer, i forbindelse med god flyt i den andre delen av bygget, var ikke tilstrekkelig tid til håndtering av det ikke-repeterbare i del 1. Økt tilstedeværelse i sonene for del 1 sikret altså ikke flyt tilsvarende del 2. Det tatt i betraktning så bør forbedringsforslaget tettere oppfølging innebære fokus på gode løsninger i prosjektering og planlegging, i tillegg til den økte fysiske tilstedeværelsen under produksjon av de kompliserte sonene. Gode løsninger vil i tillegg muliggjøres i enda større grad med tidligere involvering av tekniske fag. Faren med å standardisere for mange elementer av arbeid ligger i vanskeligheter med å opprettholde det arkitektoniske uttrykket bygget vil oppnå. Følgende av en potensiell økt standardisering gjennom forslaget i tettere oppfølging må vurderes nøye, og spesielt i perspektiver utover kostnad, effektivitet og tidsrammer.

Av funnet med tidlig endringstidspunkt for sonene bør dette prioriteres videre til senere prosjekter. Å *definere soner* er et av de første punktene i det å lage en taktplan for VD. I denne sammenhengen hadde funksjonærene gjort et forsøk med tidlig definering, men de tekniske fagene så problemer med valgte løsning. Med en gang nok sentrale fag er kontrahert til prosjektet bør sonene avklares.



## 5.2.2 Buffere

Arbeidet med sjakter og tekniske rom formidles som planbuffere, men jamfør teori skal buffertypen opptre samtidig med ordinær taktproduksjon. Siden disse ble planlagt ferdigstilt før taktproduksjonens oppstart er det teknisk sett ikke en planbuffer, men forsinkelsene ga likevel en samtidighet. Uavhengig av detaljer om planbuffer eller ikke, er det relevant å kommentere dette arbeidet i et taktperspektiv. Med sjakter og tekniske rom karakterisert som ryggraden til tekniske fag, med en betydelig del av deres videre arbeid springende ut derfra, bør disse prioriteres ferdigstilt som først tiltenkt. Planlegging og produksjon av dette i sammenheng med tett bygg fremstår som en fornuftig løsning for å sikre ferdigstillelse før taktproduksjon. På den måten unngås forsinkelser i den rigide taktplanen. Risikoen med å skyve det over i en annen del av prosjektets fremmarsj, hvor denne type arbeid ikke er normalen, ligger i hvordan arbeidet koordineres effektivt inn. Grensesnitt, sikkerhetsmessig gode arbeidsforhold, ekstra kostnader og produksjonsunderlag i tide, er noen av flere punkter som må vurderes i perspektiver av effektivitet, kost/nytte og ikke minst grad av gjennomførbarhet ved en slik løsning. Praksisen av «planbufferne» på prosjektet brøt i tillegg med intensjonen som fleksibel mekanisme, da arbeidet ble pushet på for ferdigstillelse og ikke fungerte som et avlastningsområde ved ledig kapasitet.

Områdebufferne ble etablert underveis og hadde en direkte effekt ved å hindre innstilling av bemanning. Funn knyttet etableringen viser til områder gående over to etasjer som bør frigjøres fra takttoget og avvikles som bufferarbeid. Dersom mulig bør slik områder projekteres med mulighet for liftbruk i produksjon. For fremdrift og sikkerhet er det å anse som gunstig, men det kan bli på kompromiss av prosjektets utforming.

Alternativet til bufferne i soneinndelingen kan være å fjerne de helt fra takten. Slik som de praktiseres i prosjektet kan det fremstå 50-50 som taktområder og områder med mer tradisjonell fremdrift. Det kan være krevende å forholde seg til for de utførende. Økt synliggjøring på at slike områder ikke skal taktes eller omvendt, kan gjøre koordinering og fremdrift mer oversiktlig.

Samlet sett bryter planlegging og produksjon med bufferarbeid med taktens intensjon. Takt i en ideell verden skal planlegges så nøye at buffere blir overflødige. Erfaringen fra prosjektet følger likevel teori av Bølviken et al. (2015); Dlouhy et al. (2019); Frandson et al. (2015) på å håndtere uforutsette hendelser med buffere. Det viser seg også gjeldene i vognsystemet og til dels for bemanning.

## 5.2.3 Kontroll og kvalitet

Med manglende erfaring hos de involverte ble sonene inndelt basert på generell kompetanse i faget. Det var tilstrekkelig for å sikre relativt god håndtering av grensesnitt mellom sonene, men som det går frem av funnene ble gjennomføring av flere arbeider mer problematisk enn nødvendig. Med bedre forvaltning av ekspertisen til de enkelte underentreprenørene vil det kunne gi løsninger av soner og arbeider som byr på færre plager for både projektering og produksjon. Forbedringen ligger, som i mange av de andre mekanismene, i tidligere kontrahering av underentreprenørene. Tid tilgjengelig for at gode løsninger skal modnes frem bør det legges til rette for. Det holder vel og merke ikke bare å kontrahere entreprenørene tidligere, det må være en god plan for involvering, planlegging og engasjement som stimulerer til gode løsninger. Den praktiske tilretteleggingen vil kunne evnes bedre når VD vet hva de ønsker av underentreprenørene og prosjektledelser får økt erfaring med metoden.

Det spesifikke forslaget i en klasseromsmaal vil kunne optimalisere produksjonsunderlaget for denne type rom som er kvalitetsmessig det UBF forventer. Det er grunn til å tro at dette også vil være god nok kvalitet for offentlig bygde skoler andre plasser. Ved å «boks'e» klasserommet til en universell prosjektert enhet med tydelige rammer, kan det effektivisere arbeid med prosjektering og drift. Det kan frigjøre enda mer tid å følge mer kompliserte områder av skolebygget. Rent praktisk gjennomføres enkle justeringer, i det på forhånd ferdig prosjekterte klasserommet, som tar hensyn til lokale forhold og utforminger. Det gjenstår å se om en slik boks vil la seg programmere og justere lett etter de forholdene som ligger i et senere prosjekt, men ideen med en mal som sikrer rett kvalitet vil uansett bidra til å vite hva bestiller (UBF) etterspør. Å svare rett på bestillers etterspørsel og verdi er tungt forankret i Lean-tankegodset av Modig & Åhlstrøm (2019).

## 5.2.4 Replanlegging

For soneinndeling bør replanlegging aller helst finne sted tidlig i planleggingen om det først skal bli aktuelt. Ved for sene endringer på sonene er det å forvente store kostnader og forsinkelser i tid med all omstrukturering av produksjonsunderlag til de ulike fagene. Sammenlignet med vognsystemet og bemanning får replanlegging av soner følger som fremstår mer omfattende. Funnene som peker på litt tilfeldigheter at sonene ble tatt tak i først, er i ettertid å betrakte som en praktisk manøver som er viktig å formidle til taktens oppstart.

For fagene er det ulike retninger å arbeide etter, og det bør derfor avgjøres tidlig hvilken retning prosjektet vil praktisere. Siden sonene ble bestemt så tidlig som formidlet rakk elektro og RIE å endre på deres prosjekterte produksjonsunderlag uten for betydningsfull ekstrakostnad. Avklaring av arbeidsretning som en del av premissene før taktplanleggingen vil kunne lette arbeidet med soneinndeling og påfølgende prosjektering. Formidlet på webinarer for taktplanlegging så bør en skape rasjonelle bygg hvor vertikale sjaktføringer er gjennomgående. Det er grunn til å tro at dette bygger på erfaringer og ekspertise over tid, slik at den vertikale retningen er mest hensiktsmessig. På Ruseløkka ble det bestemt vertikalt som følge av ventilasjon og rør sin vante arbeidsretning. Det er muligens flertallet av tekniske fags vante retning som gjør det hensiktsmessig sammenlignet med elektro sin horisontale retning.

## 5.3 Vognsystemet

### 5.3.1 Standardisering og variasjon

Prosjektets løsning med to paralleltgående tog kan vurderes i et «risikoperspektiv». Det er mulig å anta at funksjonærer og tekniske fag var klar over forskjellen mellom togenes grad av ikke-repeterende soner. Signaler om dette går relativt tydelig frem med ulikt antall soner i hver del av bygget. Håndtering av risikoen som ligger i takttoget for del 1 av bygget fremstår derfor ikke tilstrekkelig håndtert med hensyn til forsinkelsene i togets drift. Utover de faste premissene for toget, er det rimelig at økt antall uplanfestede hybridvogner kan ha vært mer forstyrrende enn det formidles. VD tolket deres arbeid med kommunikasjon på forhånd som god, men det er ikke nødvendigvis slik at det nådde ut til siste utførende i aktuell midlertidig hybridvogn. Med et perspektiv fra utførende entreprenører skal det heller ikke utelukkes en misnøye med utvisking av takten hensikt med å jobbe alene i sonen. Moral og arbeidsinnsats kan svekkes av stadige endringer i det som skal være som en forutsigbar metode. For prosjektets effektivitet, og en generell oppfattelse av bransjens stadig kortere tid til prosjektgjennomføring, vurderes det likevel utfordrende å gjøre plass til mindre arbeidspakker i egne vogner. Det er vanskelig å konkludere om takttoget i del 1

ble påvirket positivt eller negativt i effektivitet ved bruk av flere hybridvogner, men forsinkelsene antyder en negativ effekt. Den antydte effekten må uansett ses i sammenheng med variasjon og tekniske installasjoner i togets del. Total unngåelse av hybridvogner virker ikke bærekraftig i et tidsperspektiv, og forslaget om en riggarbeider med taktansvar for koordinering og kommunikasjon av hybridvogner i dette tilfellet virker fornuftig.

Risikoen for driftsproblemer for takttoget i del 2 fremstår vesentlig lavere basert på kompleksitet. Signaler om god flyt med tilhørende frigjøring av tid for oppfølging, tyder på tilfredsstillende håndtering av områdets opplevde risiko. Forbedringsforslaget om økt standardisering av elementer med stor variasjon i del 1, vil i mange tilfeller redusere risikoen til fremdriftsproblematikk. Forslaget kan ses i sammenheng med todelingen av bygget, der ekstra oppmerksomhet skal vies til de kompliserte områdene. Med ekstra oppmerksomhet, utover frigjort tid til oppfølging fra mindre kompliserte områder, kan det i en prosjekteringsfase fokuseres på økt standardisering. Forslaget om færre sett med veggtyper er en konkret standardisering som bygger oppunder teorien av hva som fungerer i taktmetoden (Frandsen et al., 2013; Frandsen & Tommelein, 2016; Linnik et al., 2013; Vatne & Drevland, 2016). Med færre veggtyper må en legge til grunn en overdimensjonering av flere vegger basert på materialbruk. Ekstrakostnaden i overdimensjoneringen må inntjenes av redusert tid til studering av tegninger og andre forsinkende momenter i montasjen av en ny veggløsning.

Oppmerksomhet bør vises til for omfattende standardisering siden det over tid kan føre til uttrykksløse, men supereffektive bygg. Gitt at bransje og kunder ikke ønsker å utvikle seg i den retningen. UBF, som bestiller av undervisningsbygg i Oslo kommune, har fokus på innemiljø som et viktig aspekt av byggets utforming. Det kan være begrensende for økt standardisering.

### 5.3.2 Buffer

For VD er Ruseløkkka et pilotprosjekt for taktplanlegging i skolebygg. Det tilsier at erfaringen er svært begrenset, så også opplevd hos de involverte i prosjektet. Planlegging av produksjon uten tidsbuffer fremstår til dels risikofylt i et så ukjent landskap. Selv om metodens detaljerte planlegging i utgangspunktet skal fjerne behovet for tidsbuffer, virker buffertypen å være den mest aktivt planlagte i prosjektet. Behovet for å samle koordinering og drift i de avsatte bufferukene går av resultatene frem som udiskutable. Reglementet for særskilte behov ved helge- og overtidsarbeid stod også sin prøve og ble benyttet ofte. Dette er på ingen måte en styrke ved prosjektgjennomføringen da det strider med taktens formål og hensikt. Det er likevel nyttig å være klar over helgebufferen i forbindelse med praktisering av den valgte ukestakten på prosjektet. Denne fleksibiliteten vil ikke være tilgjengelig på samme måte om man vil korte ned takten til å vare i under fem arbeidsdager.

Aktiv planlegging av tre uker tidsbuffer er også motstridende taktens formål, og kan derfor ses som en fallitterklæring til den planleggingsjobben som er gjennomført i prosjektet. Likevel er det flere momenter som taler for å gjøre det på denne måten. I tillegg til Ruseløkkas manglende erfaring og «status» som pilotprosjekt kan det trekkes frem; sen involvering av tekniske fag i planleggingen, en kjensgjerning i bransjens sjeldne knirkefrie produksjon, og feilestimer i arbeidstid og bemanning. Av webinarer tydeliggjøres også tidsbufferen gjennom å opprettholde muligheten for tilvalg og endringer i det som skal produseres. Med hensyn til uttalt kort byggetid kan tidsbufferne på sin side ha komprimert taktplanens vognsystem noe. Potensielt kunne de tre ukene vært brukt i en utvidelse av

vognlengden, og fordelt og avlastet trykket på noen av vognene. Siden bufferukene er lagt til tradisjonelle ferieuker kan risikoen for bemanningsproblemer med hensyn til ferieavvikling likevel oppstå. Samlet sett fremstår tidsbufferne i tråd med det tekniske fagets erfaring, taktplanen kan ikke vær for stram uten mulighet for endringer, utvidelser og håndtering av uforutsette hendelser. Trolig vil uforutsette hendelser innenfor sonene som styres av den rigide taktplanen best løses av tidsbuffer eller kapasitetsbuffer, fremfor plan- og områdebuffer. Det begrunnes i at oppstående problem ikke løses ved å arbeide andre plasser.

Problemet med kort byggetid for taktens innvendige arbeider er uttalt i flere i sammenhenger av tekniske fag. Med overnevnte trend i stadig kortere prosjektgjennomføringer er det fånyttet å be om mer tid. Forbedringen i å skaffe mer tid ved nyansering og effektivisering av tett bygg, kan være en måte å erverve et større tidsaspekt for taktproduksjonen. De praktiske løsningene med å prioritere arbeider som tillater deler av taktproduksjon å gå parallelt med arbeider som vanligvis ferdigstilles før takten, vil kunne være bidragsytende for formålet. Det er utfordrende å følge opp med et konkret tidsaspekt det vil være mulig å erverve. Forbedringen må derfor være gjenstand for drøfting og planlegging for hvordan det praktisk skal gjennomføres, før en fullstendig vurdering av løsningen kan gis. I utgangspunktet krever det enda tidligere kontrahering av underentreprenører, og VD må ha det fullstendig klart hva de ønsker av og i kontrakt med dem.

### 5.3.3 Kontroll og kvalitet

På tross av nytten de tekniske fagene så i befaring og vekslingsprotokoll tolkes det som liten interesse for å prioritere den. Tilbakemeldingene er entydige på at tiden ikke strakk til og ferdigstilling av egne arbeider kom foran i køen. Deres vurderte egenverdi av befaring og protokoll veide ikke opp. I den sammenheng er det naturlig å tro at innsalget og informasjon fra VD ikke har vært tilstrekkelig god. Med forbedringsforslaget om å forankre tvungen befaring og leveranse av vekslingsprotokoll i kontrakt er det naturligvis forpliktelse til gjennomføring. Det vil etter alle solemerker sikre at flere vekslinger utføres som tiltenkt, siden sanksjonering jamfør kontraktsmessige forhold muliggjøres. Mest trolig vil det omhandle økonomisk bøteleggelser i en slik kontraktsforpliktelse. Overveiende positivt er det nødvendigvis ikke med en slik løsning. Kvalitet på befaring og protokollinnhold kan bli gjennomført som minste motstands vei for å få det av banen, og informasjonen har begrensende gyldighet. I streben etter å optimalisere justeringsmekanismen vil det i tillegg til forankring i kontrakt være nyttig å kommunisere ut en gjensidig nytteverdi i vekslingene. Oppfølging og kontinuitet i kommunikasjonen kan sikres enda sterkere gjennom den skisserte riggarbeideren med taktansvar. VD bør distansere innsalg av protokollføring som en «kontroll» av arbeiderne, og fokusere på muligheten for tiltredene vogn å markere feil eller mangler som påvirker deres arbeid den påfølgende uken. Potensielt kunne feil og mangler blitt justert inn før påfølgende uke, og tiden medgått til vekslingsbefaring og -protokoll kunne trumfet problemløsningen som dukker opp før eller senere.

Med forankring i kontrakt vurderes også behovet for å fjerne praktisering av svenskeuker. Firmaene avtalte å stille med arbeidere resterende del av uken, men som resultatene tilsier hadde ikke disse kontroll og ansvar på lik linje med hjemreisende ansvarlige. Mangel på kontinuitet og problemer som blir forskjøvet til de hjemreisende er tilbake, kan være rot til frustrasjon og forsinkelser. Med hensyn til dette fremstår avvikling av svenskeuker vesentlig for kontinuitet, og kontroll og kvalitet i takten.

Ved å innføre takttid på to uker reduseres antall overføringer gitt reduksjon i vognantall og med samme tidsaspekt. For noen fag, spesielt tekniske fag som er intervjuet, kan to sammenhengende uker være gangbart med hensyn til arbeidsmengden. Mindre styrende fag i prosjektet, i grensen mellom deltagende i hybridvogner eller ikke, vil med økt takttid nærmest garantert miste muligheten til arbeid alene i sonen. En hybridvogn kan koordineres internt, men økt hyppighet vanner ut taktens formål og man er stående igjen med en «tradisjonell produksjonsmetode». For senere prosjekter bør ikke muligheten utelukkes, og med gode vurderinger av soner, vognsystem og bemanning kan takttid på to uker vise seg gunstig. Kreative løsninger rundt dette kan utvikle taktmetoden videre.

### 5.3.4 Replanlegging

Med redusert flyt på et av vognsystemene er det naturlig å tro at replanlegginger ble vurdert utført. Slik det går frem av resultatene ble det likevel ingen betydelige omstruktureringer av vognene i et helhetlig taktperspektiv. De tekniske fagene formidler heller ingen endring på vognenes arbeidspakke, men det er grunn til å tro at erfaringer fra en sone til neste bidro til interne justeringer. Læringseffekter underveis i prosjektet vil trolig bevisst og ubevisst ha endret utførelsene av de ulike vognene, selv om det ikke er satt av omfattende tid og møtevirksomhet i en felles replanlegging. For de repeterende sonene kan læringsprosessene være verdifulle for effektivisering og kostnadsbesparelser. Potensielt kan lavere bemanning eller frigjøring av tid til annet arbeid være en følge av effektiviseringen.

Av funnene tillegges opprettelsen av hybridvogner en form for replanlegging. Dette i planleggingsfasen av takten, men også underveis ved de midlertidige opprettelsene av hybridvogner for å ta unna enkeltarbeider. Siden tekniske fag er styrende for innvendige arbeider, var takttogene relativt låst i en tidlig fase av vognsystemets planlegging. Hybridvogner veltet ikke rundt på vognene, og kan karakteriseres som små lokale omstruktureringer. For fremdriften er effektene av mange hybridvogner diskutert i første underkapittel av *Vognsystemet*.

I forbedringsforslaget med økt erfaringsoverføring med fokus på gode praktiske tips og manøvreringer til oppstart og takt generelt, vurderes det hensiktsmessig for å redusere risikoen for store replanlegginger. Selv om prosjektet ikke gjennomgikk tydelig markerte replanlegginger, betyr ikke det at behovet ikke være til stede. Forslaget med erfaringsoverføringen kan på generelt grunnlag vurderes å være bidragsytende til bedre rammer, ønsker og forståelse i kontraheringsprosessen. Positive aspekter av det kan være tidligere kontrahering av underentreprenører som er etterspurt i flere sammenhenger, og bedre forhold til å få på plass tegningsgrunnlaget tidsnok. Problemet med å få tegningene i fanget rett før oppstart av de aktuelle områdene fjernes, og bedre forberedelser kan gjennomføres.

## 5.4 Bemanning

### 5.4.1 Standardisering og variasjon

Med gjensidig enighet for utarbeidet taktplan vil taktens produksjon i all hovedsak justeres med bemanning. Taktens rigide ukesoppdrag gir direkte feedback på om estimert bemanning håndterer vognens arbeid, og justeringer gjennomføres ved behov. For faget med høy bemanning i perioder kan taktens rigide system vært utslagsgivende for nettopp dette. Avdekking av fremdriftsproblemer etter potensielt en ukes arbeid vurderes til prosjektets beste, fremfor å være på etterskudd i måneder og oppnå en voldsom bemanningstopp inn mot frister og milepæler.

Resultatene som foreligger for bemanning av taktplan og -produksjonens testperioden kan ha begrenset gyldighet som følge av tidspunktet for gjennomføring. Ekstraordinære tiltak og stor usikkerhet ved pandemiens inntreden ga stort avvik fra opprinnelige estimater til testperiodens bemanning. Med nedstengning i en kortere periode og etterfølgende innhenting av tapt drift, er det utfordrende å vurdere i hvilken grad underestimert bemanning ble justert i perioden. Bemanningstoppen med 150-160 personer indikerer at innhenting av driftstapet var en betydelig del av totalen.

Taktens formål om jevn bemanning blir av funksjonærene i VD vurdert tilstedeværende etter testperioden. Det er grunn til å tro at funnet ligger godt forankret i taktplanens forutsigbarhet og behov for jevnt bemanningstrykk. Det begrunnes i vognenes arbeidspakker som er forsøkt planlagt til femdagers arbeid med lik bemanning fra taktproduksjonens start til slutt. Om det jevne bemanningstrykket har vært gjennomgående hos alle entreprenørene er ikke mulig å fastslå eksakt med dataen som foreligger. Det kunne vært formålstjenlig med en kvantitativ studie, der mangelen på det kan være en svakhet i studien av dette formålet. En entreprenører med svingninger i egen bemanning vil nødvendigvis ikke gi direkte utslag på den uttalte mengden på ca. 120 fagarbeidere i store delen av produksjonen.

Samlet sett indikerer resultatene en relativt flat, men høy bemanning sett i sammenheng med prosjektets størrelse. Kort og komprimert byggetid med utgangspunkt i samme timeverk for tilsvarende prosjekt over lengre tid, kan forklare årsaken til en jevnt høy bemanning. Signalene fra tekniske fags drift med lengre perioder i rød sone, som betyr begrenset eller ingen lønnsomhet, støtter oppunder indikasjonen av en høy bemanning. Drift i rød sone tyder i tillegg på urasjonell bemanningsmengde for faget. Manglende lønnsomhet kan samtidig ligge i feilslått estimering internt hos fagene. Forbedringer som skal bidra til mer levedyktig bemanning i prosjektene ligger i prosjekteringsforslag som gjør produksjonen mer effektiv, og et produksjonsunderlag som foreligger tidsnok til å kunne planlegge produksjon og utførelse tilstrekkelig. Oppnåelse av forbedringene vil i størst grad kunne virkeliggjøres ved tidligere involvering av utførende på prosjektet.

### 5.4.2 Buffere

Kapasitetsbuffere for bemanning fremstår ikke som en bevisst buffer hverken i prosjektet eller bransjen. Betraktningen gjelder i hovedsak fagene som har sentrale roller i byggeprosjekter av bolig, blokk, forretning osv. Typisk elektro, ventilasjon, rør og tømmer. Ved oppstående behov for økt bemanning er én løsning å prioritere interne fagarbeidere fra andre prosjekter til der det brenner mest. Brannslukking på den måten virker midlertidig og gir ingen kontinuitet til det enkelte prosjektet. Før eller siden må



fagarbeiderne prioriteres til et prosjekt hvor det brenner mer igjen, og formålet i takten med jevn bemanning utelukkes.

Bemanningsbyråer er en bedre løsning for kontinuitet gitt at de samme utførende arbeiderne blir værende så lenge det er behov. Av teorien for taktplanlegging og samme bemanning hele veien, vil det i så måte bli gjeldene for så og si hele produksjonstiden av innvendige arbeider. Med hensyn til prosjektets høye bemanning og ingen planlegging av kapasitetsbuffer, stjal arbeidet med å skaffe nok folk tid og fokus fra prosjektets drift. Opplevelsen av testperioden med en underestimert av vognenes bemanning, i tillegg til innhenting av tapt drift, fremstår svært krevende for å dekke behovet av fagarbeidere. Det er naturlig å tro at det har gitt ringvirkninger på andre områder som fremdrift, kvalitet og kontroll. Ved å inngå en form for allianse med et bemanningsbyrå for å sikre fleksibilitet i en periode som dekker testperioden av taktproduksjon, er det rimelig at fokuset mot driften lettere kan prioriteres. En allianse må i de fleste tilfeller ha en form for ytelse mot ytelse, og aktualiteten av forbedringsforslaget vil begrenses av hvilke ytelser entreprenøren kan levere overfor bemanningsbyrået. Trolig vil en økonomisk kompensasjon til byrået være et alternativ, og grundigere vurderinger av kost/nytte må gjennomføres.

Alternativet med en intern arbeidsstokk så stor at bemanningsbyråer ikke blir aktuelt, er på alle måter en situasjon entreprenørene ønsker seg. Realiteten er at risikoen for overflødig arbeidskraft er så reell at alternativet ikke vurderes. Usikkerheten knyttet ordreinn gang hos entreprenøren samsvarer ikke med en arbeidsstokk som dekker alle behov. Igjen er dette først og fremst gjeldene de sentrale fagene i byggeprosjekter.

### 5.4.3 Kontroll og kvalitet

Generelt er det mange signaler om tyder på at bemanningen på prosjektet totalt sett var høy, og at oppfølging av kontroll og kvalitet på produksjon og drift ikke var som tiltenkt internt hos underentreprenørene. Det illustreres spesielt tydelig fra faget som jobbet med å holde hodet over vannet. Med opp mot 30 arbeidere fra et enkeltstående fag kreves det mye koordinering, og når man først havnet i en situasjon med; sen kontrahering, sent tegningsgrunnlag og ingen mulighet for å planlegge produksjon, kunne det vært fordelaktig med flere ledere som bisto prosjektet spesielt for dette faget. Det er ikke nødvendigvis slik at dette gjaldt alle underentreprenører, men tendensen av alle funnene peker i en retning med mye folk på lite areal.

Et funn som hemmer kontinuitet i arbeid og vekslinger er enkelte fags praktisering av svenskeuken. Av navnet bunner dette i pendlere fra Sverige som jobber i Norge med ekstra lange dager for å arbeide inn litt av torsdag og hele fredagen. Det er en gulrot for disse arbeiderne, og om denne praktiseringen avvikles (forbud) er det mulig å anta at færre anbudssøkende entreprenører gjør tilslag på VDs anbud. Det hemmer konkurransen og potensielt gode tilbud blir aldri vurdert eller levert. Dette argumentet må selvsagt vurderes opp mot fordelene en normal arbeidsuke gir, spesielt med hensyn til kontinuitet. Svært negativt gikk svenskeuken utover vekslingene, og med det potensialet som ligger kontroll og kvalitet ved befaringer og protokollføring bør dette veie tungt i totalvurdering av forbud mot praktiseringen. Med en ansvarlig bas som ikke er til stede store deler av uken, taler dette også imot svenskeuken i lys av de positive aspektene rundt tidlig involvering av bas og kontinuiteten det har gitt.

#### 5.4.4 Replanlegging

Med tidsbufferen i uke 15 ble det nødvendig med oppjustering av bemanningen. Takten var på etterskudd basert på den underestimerte bemanningen, men også av pandemiens nedstengning. Det resulterte i en relativt tydelig replanlegging, med påfølgende topp av bemanning i etterkant. Etter hvert som samfunnet og prosjektet stabiliserte seg er det grunn til å tro at taktmetodens rigide system ble mer synlig. Det ble ingen flere tydelige replanlegginger og bemanningsjusteringer har trolig blitt håndtert med mindre endringer i takt med prosjektets fremmarsj. Med den underestimerte bemanningen av under-entreprenørene er det grunn til å tro at manglende erfaring, samt lite kvalitetssikring på estimatet for har vært utslagsgivende. Problemer med fremdrift i de ikke-repeterende sonene tyder på at spesielt disse områdene ikke er viet nok hensyn i estimatene for bemanning.

Med en uke i taktplanen hvor trykket på fremdrift er noe roligere, er det naturlig at ansvarlige for bemanningen får tid til å se mer rasjonelt på eget fags praktisering i prosjektet. Isolert er ikke det å sette av en uke til replanlegging effektivt, men tiden som går med til å rasjonalisere bemanningen kan slå gunstig ut på oppfølging av kvalitet og kontroll. I beste utfall kan uken innhentes og mer enn det, fremfor å fortsette å dytte på med økt bemanning for å løse vanskeligheter med fremdriften.



## 6 Konklusjon

*I kapitlet følger en konklusjon av forskningens overordnede hensikt i å fylle kunnskapsgapet som særtegnar Ruseløkka som prosjektet. Deretter følger oppsummering av resultater og diskusjon for å besvare de tre forskningsspørsmålene i masteroppgaven: 1. Hvordan er planlegging og produksjon med takt utført på Ruseløkka-prosjektet? 2. Hvilke erfaringer er det fra planlegging og produksjon med takten? 3. Hva bør gjøres annerledes for å forbedre senere taktprosjekter? Til slutt lanseres forslag til videre arbeid for komplementering av studien.*

### 6.1 Kunnskapsgapet ved studien

Med Ruseløkka skoles unike sammensetning av repeterende og ikke-repeterende soner har studien bidratt til å fylle en del av kunnskapsgapet til denne prosjektsammensetningen. Det er funnet ut mer gjennom studien som viser at med god og omfattende planlegging er det mulig å få takt til å fungere også i de ikke-repeterende sonene. I tabellene 6.1, 6.2 og 6.3 er bidraget til kunnskapsgapet oppsummert via forskningsspørsmålene.

#### 6.1.1 Utførelse av taktplanlegging og -produksjon Ruseløkka

Ruseløkka som caseprosjekt er egnet til å studere taktplanlegging i skoleprosjekter og et bidrag til utviklingen av takt. Gjengivelse av utførelsen på prosjektet er kartlagt via utsagn i intervju, studering av interne dokumenter og deltagelse på seanser engasjert av Veidekke. I Tabell 6.1 følger utførelsens oppsummering.

Tabell 6.1: Utførelse med taktmetode Ruseløkka, (Egenprodusert).

Taktkomponent	Kap.	Mekanisme	Konklusjon
Taktplanlegging i skoleprosjekt - Ruseløkka	.1.1	Forankringsarbeid for metode og engasjement	Veldig motiverende og oversiktlig for funksjonærer og de tekniske fagene. Skapte felles forståelse av taktmetode.
	.1.2	IP og LPS	VD utarbeidet utkast før involvering av fagene. Ga god oversikt og begrep om takt, men kan hemme kreativitet.
	.1.3	Materialforsyning i samspill med taktplan	Er sårbart for forsinkelser. Bidro til en ryddigere og sikrere arbeidsplass.
Soneinndeling	.2.1	Deling av bygget i hhv. del 1 og del 2	Betydelige utfordringer med flyt i ikke-repeterende soner.
	.2.2	Plan- og områdebuffer	Manglende synliggjøring av buffernes faktiske taktpraksis.
	.2.3	Soneinndeling basert på generell bransjekunnskap	Problemer med arbeider og tilhørende tegningsgrunnlag hvor soner måtte krysses for ferdigstilling.
	.2.4	Omstrukturering og reduksjon i antall soner	Ble gjennomført tidlig i planleggingen. Svært kostnadsfortyngende ved sene replanlegginger.
Vognsystemet	.3.1	To separate tog med 21 vogner hver	Flere midlertidige hybridvogner i toget for del 1 sammenlignet med del 2. Svært få vogner med kun ett fag jfr. taktens formål.
	.3.2	Tidsbuffer	Pilotprosjekt med manglende erfaring prioriterte luft i planen.
	.3.3	Vekslingsprotokoll	Nedprioritert for ferdigstilling av vognens arbeid. Manglende gjensidig nytteverdi av befaringsprotokoll.
	.3.4	Ingen arrangerte replanlegginger	Interne endringer/optimaliseringer hos tekniske fag som følge av læringseffekter ved repeterende arbeid.
Bemanning	.4.1	Testperiode	Underestimert bemanning justert kraftig opp.
	.4.2	Kapasitetsbuffer	Ikke planlagt. Helt avhengig av bemanningsbyråer for oppbemanning.
	.4.3	Høy bemanning mht. prosjektets størrelse	Liten tid til å følge drift. Fokus på å koordinere inn mannskap uten videre kvalitetssikring.
	.4.4	Underestimert bemanning	Tidsbuffer til slutt i testperioden fikk samlet fagets koordinering på en god måte.

Ruseløkka som pilotprosjekt prioriterte; å dyrke engasjement og eierskap for taktmetode hos alle involverte, lage utkast til å diskutere taktplan rundt, og benytte tidsbuffer som luft i planen i planleggingen av takt. Gjennomgående for alle taktkomponenter ble del 1 av bygget påpekt som prosjektets største utfordring. Midlertidige hybridvogner, feilestimat av bemanning og manglende kontroll på vekslinger og kvalitet skaper uro i produksjon og drift. Det kan påvirke flyt hos den enkelte fagarbeideren, og alle stegene opp til prosjektet som helhet. Taktens formål med god flyt i produksjonen er truet.

## 6.1.2 Erfaringer fra taktplanlegging og -produksjon Ruseløkka

Erfaringene fra Ruseløkka er nyttig i erfaringsoverføring til senere prosjekter. Funn vil i tillegg bidra i å fylle kunnskapsgapet som eksisterer for prosjektsammensetningen med hensyn til repeterbarhet i sonene. I Tabell 6.2 er erfaringene oppsummert.

Tabell 6.2: Erfaring med taktmetode Ruseløkka, (Egenprodusert).

Taktkomponent	Kap.	Mekanisme	Konklusjon
Taktplanlegging i skoleprosjekt - Ruseløkka	.1.1	Forankringsarbeid uten praktisk tilnærming	Manglende praktiske manøver for momentutnyttelse i tidlig bestemt bruk av takt.
	.1.2	Tidlig bestemt bas	Helt avgjørende for eierskap til prosjekt og kontinuitetsbærende i hindringen av informasjonstap.
	.1.3	Totalentreprenør stillas	Rigg i god takt med fremdrift og materialforsyning.
Soneinndeling	.2.1	Utnytte ekspertise i utførende fag	Sonereduksjon av tekniske fag effektivt for del 2 av bygget.
	.2.2	Fleksibilitet tekniske rom og sjakter (planbuffer)	Ingen fleksibel mekanisme. Må planlegges for å være ferdigstilt før oppstart taktproduksjon.
	.2.3	Prosjekttert underlag hindrer 100% fullføring	Forvalte ekspertise i de utførende bedre for rasjonelle arbeidstegninger mht. grensesnitt mellom soner.
	.2.4	Endring av retning for elektro sine føringer	Tidlig endring ga få til ingen betydelige komplikasjoner hos berørt teknisk fag.
Vognsystemet	.3.1	Frigjøring av tid med flyt i del 2	Liten variasjon frigjør tid for oppfølging kompliserte områder. Må utnyttes taktisk.
	.3.2	Tilvalg/endringer	Opprettholdelse av aktiv planlegging og bruk av tidsbuffer må prioriteres.
	.3.3	Vekslinger gjennomført med VD til stede	Fokusere på formidling av den gode effekten ved befarig og protokoll hos alle involverte.
	.3.4	Dannelse av hybridvogner	Ingen store omveltninger av takttoget. Små lokale replanlegginger i vognsystemet.
Bemanning	.4.1	Flat bemanning	Taktens rigide system opprettholder jevnt bemanningstrykk.
	.4.2	Manglende arbeidskraft	Stjeler fokus og tid til oppfølging av drift. Negativt for kontroll og kvalitet.
	.4.3	Svenskeuken	Svært redusert kontinuitet i kommunikasjon, vekslinger og oppfølging.
	.4.4	Tidsbuffer uten rigid fremdrift	Gir gode muligheter til å samle takten mht. koordinering og produksjon.

Fra taktens planlegging er det erfaringer som viser forbedringspotensialer i aspekter som manglende praktiske tilnærming i forankringsarbeid og formidle vekslingenes effekt for de utførende. Videreføring av totalentreprise av stillas og tidlig involvering av bas er viktige funn som knytter planlegging og produksjon tett opp mot hverandre. Sømløs faseovergang med kontinuitetsbærere og kort kommunikasjonsvei vil fremme prosjektets beste. For produksjon er det positive erfaringer til aktiv bruk av tidsbuffer og taktens formål med et jevnt bemanningstrykk gjennom prosjektet. Svenskeuken som praksis bryter med flere av prosjektets vellykkede faktorer som kontinuitet i kommunikasjon, informasjonsbærere og arbeid.

### 6.1.3 Forbedringer til senere taktprosjekter

Bidraget til å gjøre taktmetoden anvendelig og foretrukket som planleggings- og produksjonsverktøy i skoleprosjekter er identifikasjon av forbedringer til senere prosjekter. De involverte intervjuobjektene har vært opptatt av å se fremover og fokusere på hva som gjør takt liv laga. I Tabell 6.3 er forbedringene oppsummert.

Tabell 6.3: Forbedringer til kommende taktprosjekter, (Egenprodusert).

Taktkomponent	Kap.	Mekanisme	Konklusjon
Taktplanlegging i skoleprosjekt - Ruseløkka	.1.1	Erfaringsutveksling og -overføring	Fler fremdriftsskapende effekter og manøver fra tidligere gjennomførte taktprosjekter.
	.1.2	Tidligere involvering av underentreprenører	Større og lengre handlingsrom for å stimulere frem gode løsninger.
	.1.3	Taktansvarlig riggarbeider	Tilrettelegge for logistikk og hybridvogner, fjerne hindringer for drift og inneha beslutningsmyndighet.
Soneinndeling	.2.1	Taktisk deling av bygget basert på repetitivbarhet	Gir tettere oppfølging av ikke-repeterende soner for prosjektering og i produksjon.
	.2.2	Ferdigstille tekniske rom og sjakter ved tett bygg	Utenfor normal praksis med et behov for nøye og kreativ planlegging.
	.2.3	Klasseromsmaal for Oslo Kommune (UBF)	Sikrer bedre kvaliteten bestiller etterspør. Effektiviserer prosjektering.
	.2.4	Avklare arbeidsretning før prosjektering	Vertikale føringer gir mer rasjonelle bygg.
Vognsystemet	.3.1	Økt standardisering (antall veggtyper)	Ekstrakostnad ved overdimensjonering. Kan i tillegg gå på bekostning av byggets ønskede uttrykk.
	.3.2	Tilstrebe tett bygg tidligere	Nyansere begrepet tett bygg. Prioritere arbeid som åpner for oppstart av innvendige arbeider.
	.3.3	Forankre taktprinsipp i innkjøp og kontrakt	Pliktige vekslingsbefaringer og -protokollføring gir vekslingenens positive effekter.
	.3.4	Prosjektert tegningsgrunnlag ferdig i tide	Bedre forberedelser til rasjonell produksjon.
Bemanning	.4.1	Byggetid i samsvar med rigg og bemanning	Høy bemanning på for liten rigg. Skaper uro og liten oversikt.
	.4.2	Allianser med bemanningsbyrå	Ytelse mot ytelse med økonomisk kompensasjon fra utførende.
	.4.3	Fjerne praktisering av svenskeuken	Kontraktsfeste forbud.
	.4.4	Kvalitetssikre bemanningsestimat	Økt fokus på estimatet til ikke-repeterende soner.

Mange av forbedringene er relativt enkle grep som ikke krever ytterligere dyptgående vurderinger ved implementering. Blant dem er erfaringsoverføringer, avklaring av arbeidsretning og forankring av vekslingsprotokoll og svenskeuken i kontrakt. Forbedringer som krever mer koordinering, men med et stort potensial ved seg er; tidligere involvering underentreprenører, taktisk inndeling av bygget, tilstrebe tett bygg tidligere og få prosjektert produksjonsunderlaget til rett tid. Ved å ta i bruk en eller flere forbedringer kan taktplanlegging i skoleprosjekter være en god måte å planlegge og produsere bygget på.

## 6.2 Videre arbeid

Masteroppgaven har samlet empiriske data fra ett skoleprosjekt med taktplanlegging i Veidekke. For å forbedre den eksterne validiteten vil det være behov for å samle og analysere data fra flere prosjekter med taktbenyttelse på kombinasjonen repeterende og ikke-repeterende soner. Skulle det være utfordrende å finne tilsvarende prosjekter, vil taktbenyttelse på ikke-repeterende soner være interessant. Ekstern validitet vil også forbedres ved å studere flere entreprenørers taktgjennomføring.

Et positivt bidrag for å komme tettere på planlegging og produksjon av takten i skoleprosjekt er å gjennomføre observasjonsstudier på prosjektet. Positivt vil det også være å inkludere byggherre, rådgivende og arkitekt som en del av studien. Aspekter fra flere perspektiver kan være belysende for mekanismer vurdert og mekanismer som skulle være forbigått i studien.

Oppgaven tar kort for seg uttalelser omkring bemanningsmengden på prosjektet. Det kan være interessant å gjennomføre kvantitative undersøkelser for estimat og faktisk bemanning til henholdsvis repeterende og ikke-repeterende del av bygget. Det samme kan gjelde timeverkene for i vognene i de ulike togene.

## Kilder

- Andersen, S. S. (2013). *Casestudier forskningsstrategi, generalisering og forklaring*. Fagbokforlaget, Bergen.
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). "Scoping studies: towards a methodological framework." *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19–32.
- Ballard, G., & Howell, G. A. (2003). "An Update on Last Planner." *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Virginia, USA.
- Ballard, H. G. (2000). "The last planner system of production control." Ph.D, The University of Birmingham, Birmingham.
- Binninger, M., Dlouhy, J., & Haghsheno, S. (2017a). "Technical Takt Planning and Takt Control in Construction." Heraklion, Greece, 605–612.
- Binninger, M., Dlouhy, J., Steuer, D., & Haghsheno, S. (2017b). "Adjustment Mechanisms for Demandoriented Optimisation in Takt Planning and Takt Control." *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Heraklion, Greece, 613–620.
- Bølviken, T., Aslesen, S., & Koskela, L. (2015). "What Is a Good Plan?" *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, O. Seppänen, V. A. González, & P. Arroyo, eds., Perth, Australia, 93–102.
- Bølviken, T., Nyseth, K., Skaare, L., Andersen, D., & Olsen, O. A. (2014). "Involverende planlegging - i produksjon." *Bedriftsguide Veidekke*.
- Dahlum, S. (2020). "Case-studie." Informasjon, <<https://snl.no/case-studie>> (Nov. 17, 2020).
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving*. Gyldendal akademisk, Oslo.
- Dlouhy, J., Binninger, M., & Haghsheno, S. (2019). "Buffer Management in Takt Planning – An Overview of Buffers in Takt Systems." *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Dublin, Ireland, 429–440.
- Drevland, F. (2016). "Koskelas 11 prinsipp." *Forskning*, <<http://frodedrevland.no/2016/03/17/koskelas-11-prinsipp/>> (Nov. 23, 2020).
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2013). "Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding." *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, C. T. Formoso & P. Tzortzopoulos, eds., Fortaleza, Brazil, 527–536.
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2014). "Takt-Time Planning and the Last Planner." *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, B. T. Kalsaas, L. Koskela, & T. A. Saurin, eds., Oslo, Norway, 571–580.
- Frandsen, A. G., Seppänen, O., & Tommelein, I. D. (2015). "Comparison Between Location Based Management and Takt Time Planning." *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, O. Seppänen, V. A. González, & P. Arroyo, eds., Perth, Australia, 3–12.
- Frandsen, A. G., & Tommelein, I. D. (2016). "Takt Time Planning of Interiors on a Pre-Cast Hospital Project." *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Boston, Massachusetts, USA.
- Frandsen, A., & Tommelein, I. D. (2014). "Development of a Takt-time Plan: A Case Study." *Construction Research Congress 2014*, American Society of Civil Engineers, Atlanta, Georgia, 1646–1655.

- Gardarsson, M. H. (2019). "Taktplanlegging i Porsche Consulting, The Boldt Company og Veidekke." M.Sc., Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim.
- Gardarsson, M. H., Lædre, O., & Svaalestuen, F. (2019). "Takt Time Planning in Porsche Consulting, the Boldt Company and Veidekke." *27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Dublin, Ireland, 551–562.
- Hall, R. W. (1983). *Zero inventories*. Dow Jones-Irwin, Homewood, Illinois.
- Haugen, C. G. (2020). "Ytelsesindikatorer for taktprosjekter." M.Sc., Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim.
- Haugen, C. G., Lædre, O., & Aslesen, S. (2020). "Takt Performance Indicators." *28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Berkeley, California, USA, 457–468.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory physics*. Waveland Press, Long Grove, Illinois.
- Jacobsen, D. I. (2015). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? - Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Cappelen Damm akademisk, Oslo.
- Jesson, J., Matheson, L., & Lacey, F. M. (2011). *Doing your literature review: traditional and systematic techniques*. SAGE, Los Angeles, California; London.
- Kalsaas, B. T., Gundersen, M., & Berge, T. O. (2014). "To Measure Workflow and Waste. A Concept for Continuous Improvement." *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, B. T. Kalsaas, L. Koskela, & T. A. Saurin, eds., Oslo, Norway, 835–846.
- Koskela, L., Bølviken, T., & Rooke, J. (2013). "Which Are the Wastes of Construction?" *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, C. T. Formoso & P. Tzortzopoulos, eds., Fortaleza, Brazil, 3–12.
- Linnik, M., Berghede, K., & Ballard, G. (2013). "An experiment in takt time planning applied to non-repetitive work." *Annu. Conf. Int. Group Lean Constr., IGLC*, The International Group for Lean Construction, 546–555.
- Modig, N., & Åhlström, P. (2019). *Detta er lean løsningen på effektivitetsparadokset*. (H. H. Halvorsen, tran.), Rheologica, Stockholm.
- Moore, R. (2007). *Selecting the right manufacturing improvement tools: what tool? when?* Elsevier Butterworth-Heinemann, Amsterdam; Boston.
- Olsson, H., & Sörensen, S. (2003). *Forskningsprosessen kvalitative og kvantitative perspektiver*. Gyldendal akademisk, Oslo.
- Olsson, N. (2011). *Praktisk rapportskrivning*. Tapir akademisk, Trondheim.
- Porsche Consulting. (2011). "Porsche Akademie." Bietingheim-Bissingen, Tyskland.
- Røe, P. G. (2005). "SGO 1900 - Metode Forskningsprosessen." UiO.
- Tommelein, I. D. (2017). "Collaborative Takt Time Planning of Non-Repetitive Work." *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Heraklion, Greece, 745–752.
- Tommelein, I. D., & Li, A. E. Y. (1999). "Just-in-Time Concrete Delivery: Mapping Alternatives for Vertical Supply Chain Integration." *7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Berkeley, California, USA, 97–108.
- Tommelein, I. D., & Weissenberger, M. (1999). "More Just-in-Time: Location of Buffers in Structural Steel Supply and Construction Processes." *7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Berkeley, California, USA, 109–120.

- Tsao, C. C. Y., Tommelein, I. D., Swanlund, E., & Howell, G. A. (2000). "Case Study for Work Structuring: Installation of Metal Door Frames." *8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Brighton, UK.
- Vatne, M. E. (2016). "Taktplanlegging og -gjennomføring ved Moholt 50|50 - Case-studie." M.Sc., Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim.
- Vatne, M. E., & Drevland, F. (2016). "Practical Benefits of Using Takt Time Planning: A Case Study." *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Boston, Massachusetts, USA.
- Wohlin, C. (2014). "Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering." *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering - EASE '14*, ACM Press, London, England, United Kingdom, 1–10.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: design and methods*. SAGE, Los Angeles.

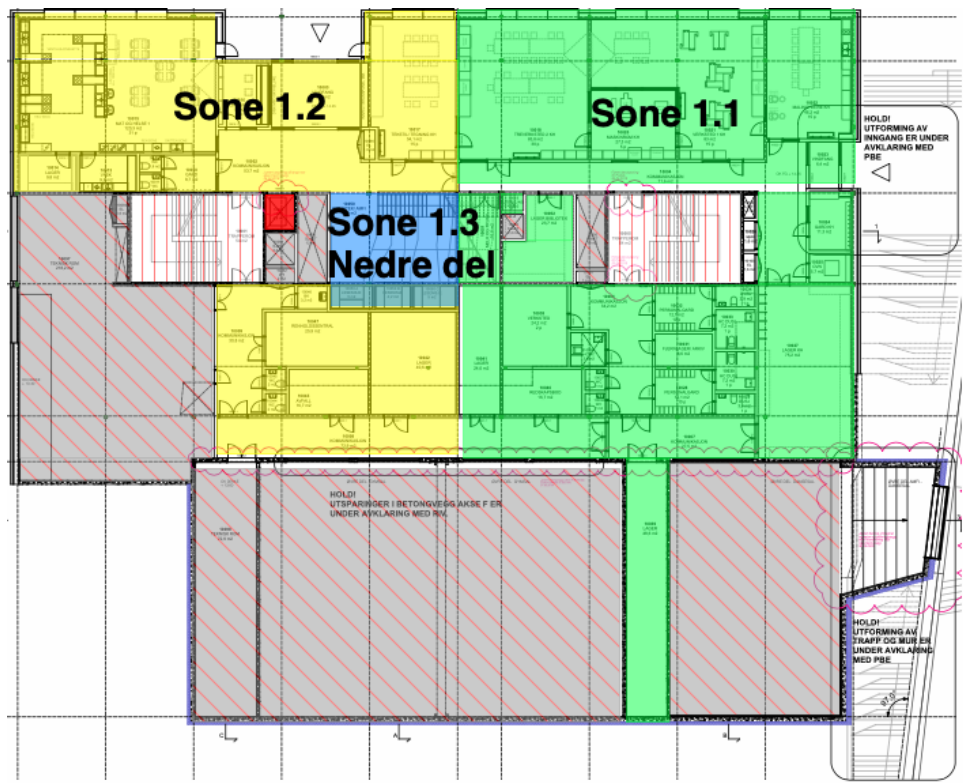
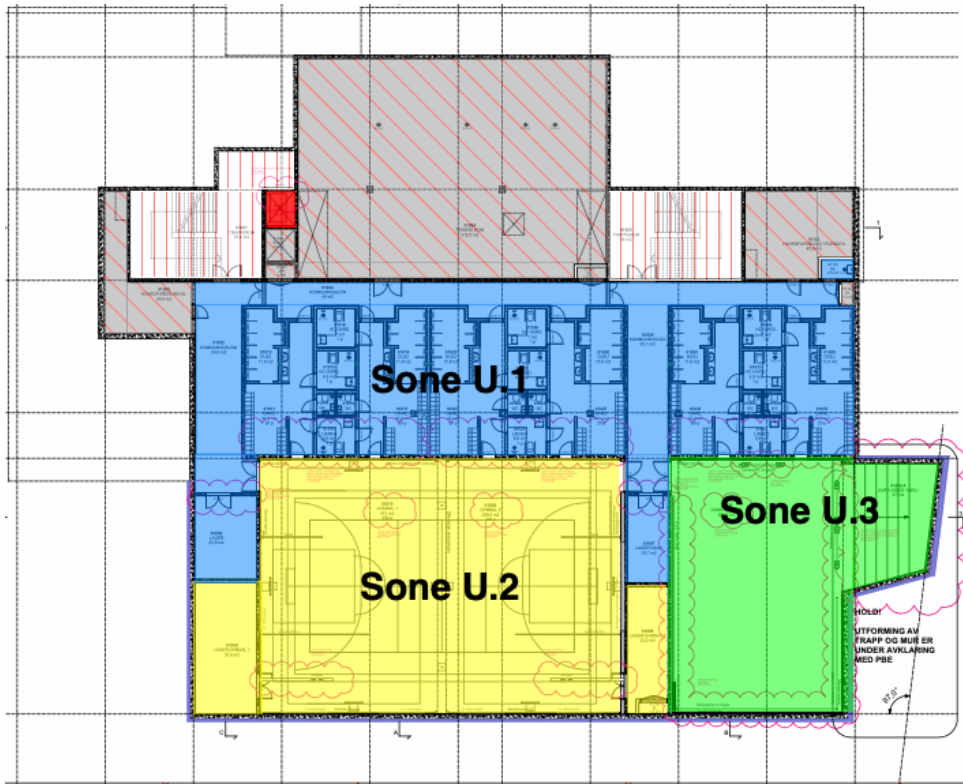


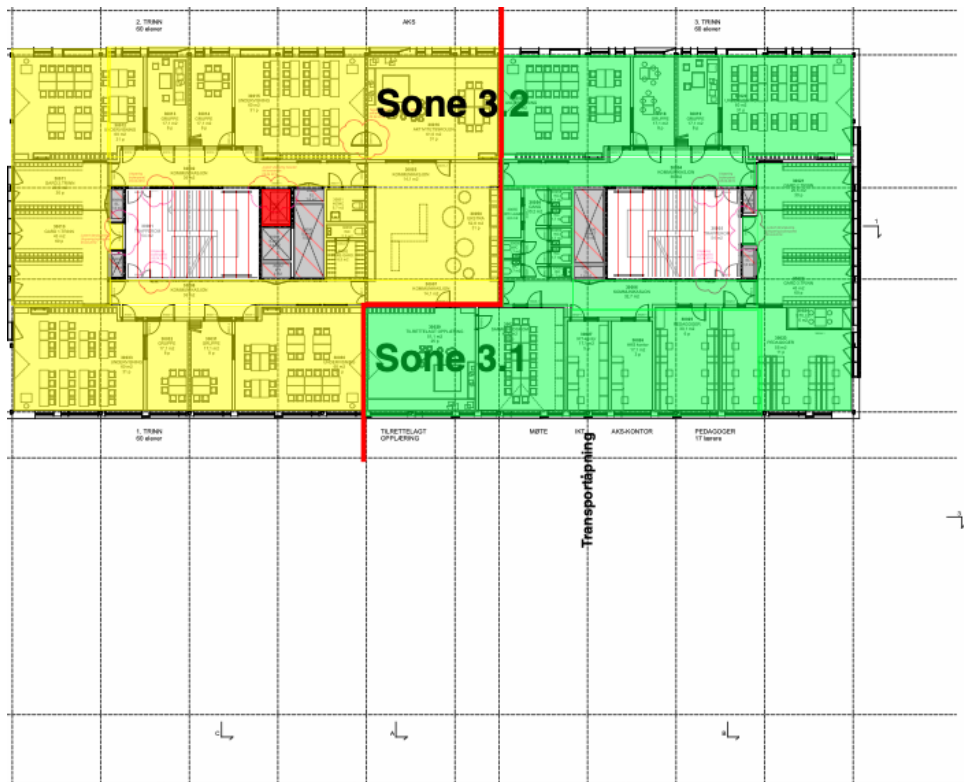
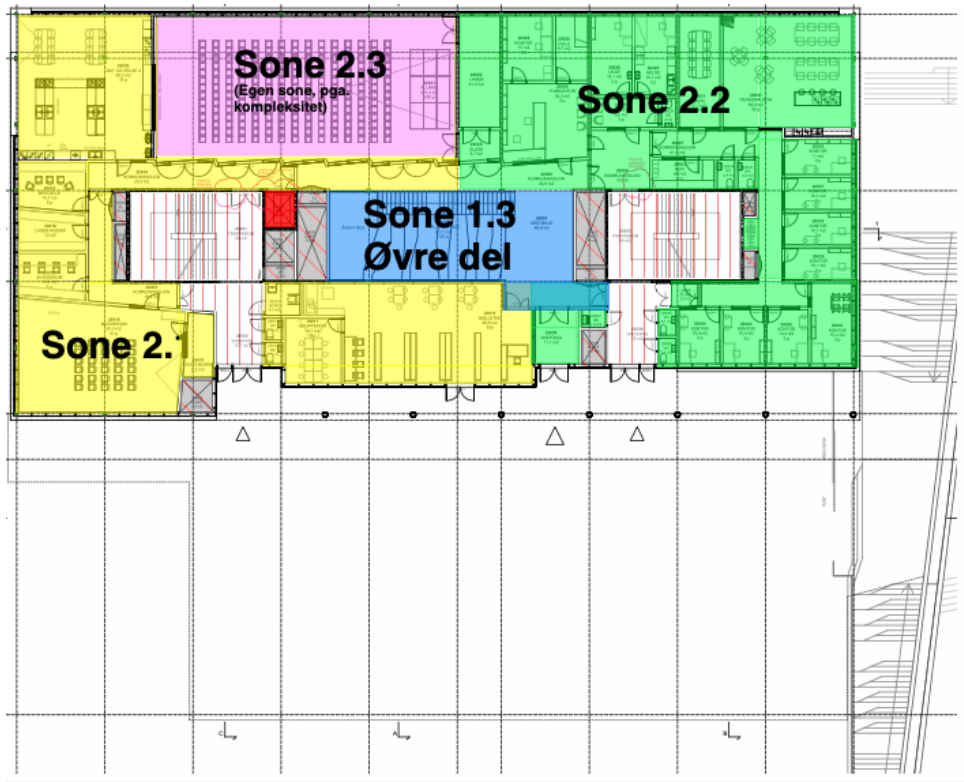
# Vedlegg A – Taktplan Ruseløkka

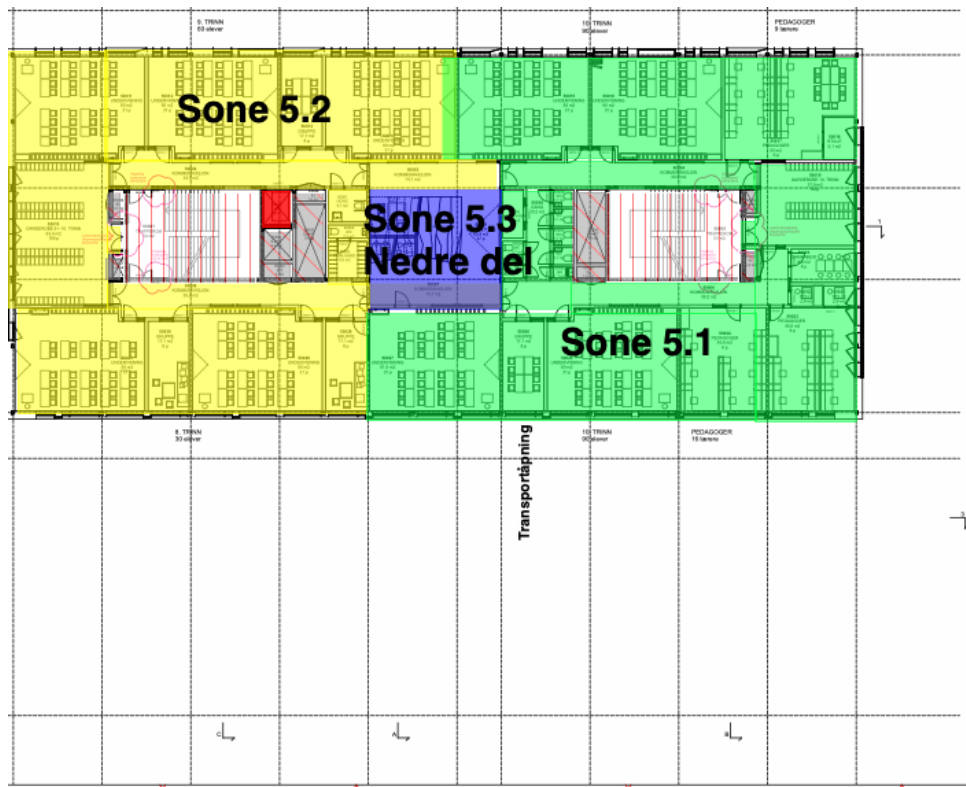


0	Tømmer, maler, tekniske
1	Rør
2	Rør og Vent.
3	Vent og EL. Brannetting
4	Elektro
5	Elektro
6	Tømmer. Brannetting
7	Avretting og slip.
7B	GRANAB
8	Maler og flis
9	Maler og flis
10	Slitesterke plater. Himling og Byggrengj
11	Gui/belegg
12	Systemvegger
12B	Spiler
13	Fast inventar
14	Ventilasjon
15	Rør
16	Elektro
17	Tømmer/Foldevegger
18	Maler
19	Elektro/lås
20	Ventilasjon
21	Tømmer/maler/byggvask

# Vedlegg B – Soneinndeling Ruseløkka







# Vedlegg C – Intervjuguide

## Masteroppgave



# Intervjuguide Masteroppgave

## Introduksjon

Navnet mitt er Kristian Johansen og jeg studerer 5.året på masterstudiet i Bygg- og miljøteknikk, NTNU Trondheim. Jeg jobber med en masteroppgave denne våren som omhandler *Taktplanlegging i skoleprosjekter*. Masterens hovedveileder er Ola Lædre ved NTNUs institutt for bygg- og miljøteknikk. Ekstern veileder er Sigmund Aslesen fra Veidekke.

Masteroppgaven består av et case-studium der jeg skal kartlegge Veidekkes utvikling av taktmetoden for planlegging og produksjon i skoleprosjekter. Ruseløkka skole er valgt som case for undersøkelsene. Oppgavens forskningsspørsmål er:

1. *Hvordan er planlegging og produksjon med takt utført på Ruseløkka-prosjektet?*
2. *Hvilke erfaringer er det fra planlegging og produksjon med takten?*
3. *Hva bør gjøres annerledes for å forbedre senere taktprosjekter?*

Ruseløkkas fremdrift gjør det mulig å dokumentere Veidekke sin utvikling av takt.

Masteroppgavens grunnlag er litteraturstudium og dokumentstudier. Det er i tillegg ønskelig med kvalitative data til studien ved intervju av nøkkelpersoner på Ruseløkka-prosjektet. Dette som et bidrag til dagsaktuell informasjon om takten.

Jeg ønsker å ta opp intervjuene og ved endt transkribering vil det tilsendes intervjuobjektet for godkjenning. Intervjuets transkribering vil ikke vedlegges i masteroppgaven. Informasjon fra intervjuet kan bli benyttet i resultat- og diskusjonsdelen av oppgaven. Siteringer vil fremgå anonymisert ved benyttelse.

## Introduksjon

### Bakgrunn

- 1) Hva er rollen din i dette prosjektet?
- 2) Har du jobbet med takt før?
- 3) Hvilken deltagelse/rolle hadde du i planleggings- og gjennomføringsprosessen av takt på dette prosjektet?

### Takt prosjekt Ruseløkka – generelt

Knyttet til punktene under, hvilke erfaringer er det og hva kan forbedres med takten på Ruseløkka?

- a. Oppstart og introduksjon av takt
- b. Involverte
- c. Planlegging

### Soneinndeling

Knyttet til punktene under, hvilke erfaringer er det og hva kan forbedres med soneinndelingen på Ruseløkka?

- a. Fungerende?
- b. Buffer
- c. Replanlegging

### Vognsystemet

Knyttet til punktene under, hvilke erfaringer er det og hva kan forbedres med vognsystemet på Ruseløkka?

- a. Buffer/lengre takt
- b. Kontroll
- c. Replanlegging
- d. Vognsystemet – i detalj:
  - i. Ryddighet
  - ii. Vareleveranse

### Bemannings

Knyttet til punktene under, hvilke erfaringer er det og hva kan forbedres med bemanningen?

- a. Buffer
- b. Kontroll
- c. Replanlegging
- d. Opplevelsen av taktarbeidet hos ansatte

### Avslutningsvis

Er det noe du vil tilføye som er knyttet til erfaringer eller forbedringer av takten på Ruseløkka?

# Vedlegg D – Intervjuguide

## Prosjektoppgave

## Introduksjon

Navnet mitt er Kristian Johansen og jeg studerer 5.året på masterstudiet i Bygg- og miljøteknikk, NTNU Trondheim. Jeg jobber med en prosjektoppgave denne høsten om «Taktplanlegging i skoleprosjekter». Prosjektoppgavens hovedveileder er Ola Lædre ved NTNUs institutt for bygg- og miljøteknikk og ekstern veileder er Sigmund Aslesen fra Veidekke. Prosjektoppgavens resultater skal videreføres til masteroppgaven som skal gjennomføres våren 2021.

Høstens prosjektoppgave er et case-studium der jeg skal klarlegge Veidekkes utvikling av taktprinsippet for planlegging og gjennomføring i skoleprosjekter. Ruseløkka skole er valgt som case for undersøkelsene. Oppgavens forskningsspørsmål er:

- 1. Hvordan er planlegging og gjennomføring av takt utført på Ruseløkka-prosjektet?*
- 2. Hvilke erfaringer er det fra planlegging og gjennomføring av takten?*
- 3. Hva bør gjøres annerledes for å forbedre senere taktprosjekter?*

Ruseløkkas fremdrift gjør det mulig å dokumentere Veidekke sin utvikling av takt.

Prosjektoppgavens grunnlag er litteraturstudium og dokumentstudium. Det er ønskelig med kvalitative data til studien ved intervju av nøkkelpersoner på Ruseløkka-prosjektet. Det som et bidrag av dagsaktuell informasjon om takten.

Jeg ønsker å ta opp intervjuene og ved endt transkribering vil det tilsendes intervjuobjektet for godkjenning. Intervjuet vil ikke vedlegges i prosjekt- eller masteroppgaven. Informasjon fra intervjuet kan bli benyttet i diskusjons- og resultatdel av oppgaven. Siteringer vil fremgå anonymisert ved benyttelse.

## Intervju

### Bakgrunn

- 1) Hva er rollen din i dette prosjektet?
- 2) Hva er utdannelsen din?
- 3) Hva er arbeidserfaringen din?
- 4) Har du jobbet med takt før?
- 5) Hvilken deltagelse hadde du i planleggings- og gjennomføringsprosessen av takt på dette prosjektet?

### Takt prosjekt Ruseløkka, Veidekke

Knyttet til punktene under, hva ble planlagt og gjennomført i forbindelse med taktbruk på Ruseløkka? Hvilke erfaringer er det, og hva kan forbedres?

- a. Oppstart av takt
- b. Involverende planlegging
  - i. Møtestruktur
  - ii. Deltagere, involverte
- c. Forutsetninger
- d. Kvalitet, ytelse

### Soneinndeling

Knyttet til punktene under, hva ble planlagt og gjennomført i forbindelse med soneinndelingen på Ruseløkka? Hvilke erfaringer er det, og hva kan forbedres?

- a. Variasjon
- b. Buffer
- c. Kontroll
- d. Omstart/replanlegging
- e. HMS og risiko

### Vognsystemet

Knyttet til punktene under, hva ble planlagt og gjennomført i forbindelse med vognsystemet på Ruseløkka? Hvilke erfaringer er det, og hva kan forbedres?

- a. Variasjon
- b. Buffer
- c. Kontroll
- d. Omstart/replanlegging
- e. HMS og risiko
- f. Spesifikke – vognsystemet:
  - i. Vognlengde
  - ii. Vareleveranse

### Bemanning

Knyttet til punktene under, hva ble planlagt og gjennomført i forbindelse med bemanningen på Ruseløkka? Hvilke erfaringer er det, og hva kan forbedres?

- a. Variasjon

- b. Buffer
- c. Kontroll
- d. Omstart/replanlegging
- e. HMS og risiko
- f. Spesifikke – bemanning:
  - i. Interne eller eksterne arbeidere
  - ii. Lønn
  - iii. Antall arbeidere
  - iv. Opplevelsen hos fagarbeideren

#### Avslutningsvis

- 1) Er det noe jeg har glemt å spørre om?
- 2) Er det noe du vil tilføye som er knyttet til planlegging og gjennomføring, erfaringer eller forbedringer av takten på Ruseløkka?
- 3) Er det noen spørsmål jeg bør tillegge til intervjuguiden for masteroppgaven?

# Vedlegg E – Prosjektoppgave (pilotstudie)

Kristian Johansen

# Prosjektoppgave

## TBA4531 – Prosjektledelse, fordypningsprosjekt

Taktplanlegging i skoleprosjekter

Trondheim 20. desember 2020



## Sammendrag

Det er kjent at byggebransjen i Norge har utfordringer knyttet til synkende produktivitet. *Takt* er en metode for planlegging og gjennomføring som kan øke produktiviteten ved å fjerne sløsing (Frandsen et al., 2014). For planlegging av produksjon er det blant forskere en generell oppfattelse at praktisering av modellen varierer internt i prosjektene. Frandsen et al. (2015) konkluderte med at funksjonærer og fagarbeidere som skal delta i produksjonen må planlegge takten grundig. Det for å skape gjensidig samarbeid med ansvar og eierskap til den utarbeidede planen for å fremme prosjektets beste. For prosjekter med ikke-repeterbare arbeidsprosesser er det en uttrykt skepsis for bruk av takt. I et motsvar til taktens skepsis i skoleprosjekter vil følgende forskningsspørsmål bli studert:

1. *Hvordan er planlegging og gjennomføring av takt utført på Ruseløkka-prosjektet?*
2. *Hvilke erfaringer er det fra planlegging og gjennomføring av takten?*
3. *Hva bør gjøres annerledes for å forbedre senere taktprosjekter?*

For å besvare forskningsspørsmålene har det blitt utført en casestudie av skoleprosjektet på Ruseløkka. Det er tilhørende Veidekke entreprenør og bygges for 1. til 10. trinn i sentrum av Oslo. Det er støttet opp med en litteraturstudie, og casespesifikke intervju og dokumentstudier i besvarelsen. Samlet muliggjør metodene bruk av triangulering og bidrar til en høy intern validitet i studien.

På Ruseløkka ble det gjennomført takt med to tog bestående av 21 vogner hver. Togene hadde ulik flyt i produksjonen, et som frigga tid og et som krevde ekstra oppmerksomhet. Ulikheten tilskrives vesentlig forskjeller i sonene basert på graden av repeterbare og ikke-repeterbare arbeidsprosesser, romutforming og tekniske installasjoner. Av intervjuobjektene erfares økt standardisering av de ikke-repeterbare arbeidspressene som noe som kunne bedret prosjektets flyt. Tidligere kontrahering av underentreprenørene samt viktigheten av å få inn basen tidig, har blitt vurdert viktig for taktmetodikken. Besvarelsen følger så med seks forbedringer til senere taktprosjekter. Disse er: få prosjektert det man trenger til riktig tid, forankre taktprinsipper bedre i innkjøpsprosess og kontrakt, tettere oppfølging på ukurante soner, ha en riggarbeider som forstår taktprinsipper – som kan følge opp på plassen, tilstrebe tett bygg enda tidligere, og få vekk svenske uken. Diskusjonen ser utførelse, erfaringer og forbedringer i lys av teorien og egne meninger. Det konkluderes med en tabell basert på kategoriseringen av prosjektoppgavens studerte elementer.

Studiens empiriske resultater er basert på ett caseprosjekt med takt fra én norsk entreprenør. For økt eksternt validitet vil det være behov for å studere flere taktprosjekter med andre entreprenører. Caseprosjektet og tilhørende forskningsspørsmål er kun studert via funksjonærene på prosjektet. For en nyansert og helhetlig fremstilling av prosjektet bør flere tilhørende aktører inkluderes.

## Forord

Denne prosjektoppgaven er utarbeidet ved Institutt for Bygg- og miljøteknikk under Fakultet for ingeniørvitenskap ved NTNU Trondheim. Oppgaven er skrevet høsten 2020, og tilsvarer 7,5 studiepoeng.

Prosjektoppgaven har blitt utformet i samarbeid med Veidekke og deres skoleprosjekt på Ruseløkka med taktbenyttelse. Sommeren 2020 hadde jeg sommerjobb for entreprenøren, og oppgaven om Ruseløkka er et resultat av innledende mastersamarbeid med Veidekke. Oppgavens tema er å kartlegge taktgjennomføringen og se på forbedringer til senere prosjekter som et bidrag til utvikling av metoden.

Jeg ønsker å takke min hovedveileder på NTNU, Ola Lædre, for kyndig veiledning underveis oppgaveprosessen. Jeg vil spesielt trekke frem hjelp for å komme i kontakt med representanter fra Veidekke, utvikling av forskningsspørsmål, struktur på oppgaven og konstruktive tilbakemeldinger på prosjektoppgaven. Dette hadde vært utfordrende å mestre på egenhånd.

Jeg vil også få takke min eksterne veileder, Sigmund Aslesen, for hjelp med oppstart av prosjektoppgaven. Dette knytter seg spesielt til hva Veidekke ønsker å se nærmere på og involvering av Ruseløkka som prosjekt. Uten deg hadde det ikke blitt noen prosjektoppgave.

En siste takk vil rettes til Celine Greger Haugen for god støtte underveis i oppgaveprosessen. Jeg vil takke for at du har stilt deg til disposisjon for spørsmål jeg har hatt i forbindelse med studien. Dette har vært oppklarende i mange situasjoner.

Jevnaker, 19. desember 2020



Kristian Johansen

# Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>I</b>
<b>FORORD</b> .....	<b>II</b>
<b>TABELLOVERSIKT</b> .....	<b>V</b>
<b>FIGUROVERSIKT</b> .....	<b>V</b>
<b>VEDLEGGSLISTE</b> .....	<b>V</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 UTGANGSPUNKT FOR PROSJEKTOPPGAVEN .....	1
1.2 FORSKNINGSPØRSMÅL .....	1
1.3 AVGRENSNINGER I OPPGAVEN .....	2
<b>2 METODE</b> .....	<b>3</b>
2.1 FORSKNINGSSTRATEGI .....	3
2.1.1 Kvalitativ metode .....	3
2.1.2 Validitet og reliabilitet .....	3
2.1.3 Strategidannende seanser med Veidekke .....	4
2.2 FORSKNINGSMETODER .....	5
2.2.1 Litteraturstudie .....	5
2.2.2 Casestudie .....	8
2.2.3 Intervju .....	9
2.2.4 Dokumentstudier .....	11
2.3 ANALYSE .....	12
<b>3 TEORI</b> .....	<b>13</b>
3.1 LEAN – HISTORISK BAKGRUNN .....	13
3.1.1 Produksjonspraksis ved Ford og Toyota .....	13
3.1.2 «Dette er Lean» .....	14
3.1.3 Lean Construction .....	16
3.2 LEAN – PRINSIPP .....	16
3.2.1 Just in Time .....	16
3.3 LEAN – METODER .....	19
3.3.1 Last Planner System™ .....	19
3.3.2 Involverende planlegging .....	20
3.3.3 Taktproduksjon .....	23
<b>4 RESULTATER</b> .....	<b>29</b>
4.1 UTFØRELSE OG ERFARING VED TAKTMETODEN PÅ RUSELØKKA .....	29
4.1.1 Ruseløkka skoleprosjekt .....	30
4.1.2 Soneinndeling .....	33
4.1.3 Vognsystemet .....	36
4.1.4 Bemanning .....	39
4.2 FORBEDRINGER TIL SENERE TAKTPROSEKTER .....	41
<b>5 DISKUSJON</b> .....	<b>44</b>
5.1 UTFØRELSE OG ERFARING VED TAKTMETODEN PÅ RUSELØKKA .....	44
5.1.1 Ruseløkka skoleprosjekt .....	44
5.1.2 Soneinndeling .....	47

5.1.3	Vognsystemet.....	49
5.1.4	Bemanning.....	50
5.2	FORBEDRINGER TIL SENERE PROSJEKTER.....	52
<b>6</b>	<b>KONKLUSJON .....</b>	<b>55</b>
6.1	UTFØRELSE OG ERFARING VED TAKTMETODEN PÅ RUSELØKKA.....	55
6.2	FORBEDRINGER TIL SENERE PROSJEKTER.....	56
6.3	VIDERE ARBEID .....	56
<b>KILDER</b>	<b>.....</b>	<b>57</b>

## Tabelloversikt

Tabell 2.1: Matrisens søkefraser og tilhørende treff i hhv. «Takt prosjekt Veidekke» og «Soneinndeling», (Egenprodusert).....	6
Tabell 2.2: Prosjektoppgavens intervjuobjekter, (Egenprodusert).....	9
Tabell 2.3: Oversikt over benyttede dokumenter, (Egenprodusert).....	11
Tabell 3.1: Eksempelvis redskaper for hvert nivå, (Egenprodusert fritt etter Modig & Åhlström (2019) og TPS). .....	15
Tabell 3.2: IPs hovedelementer og innhold, (Egenprodusert fritt etter Bølviken et al. (2014)).	21
Tabell 3.3: Modell for sikker og effektiv drift, (Hentet fra Bølviken et al. (2014)).	22
Tabell 6.1: Utførelse og erfaring av takt på Ruseløkka skole, (Egenprodusert).	55

## Figuroversikt

Figur 2.1: Utvelgelsesstrategi for filtrering av litteratur, (Egenprodusert).....	7
Figur 3.1: Systematisk nivåinndeling av produksjonskonseptet, (Egenprodusert fritt etter Modig & Åhlström (2019)). .....	15
Figur 3.2: Et pull-system basert på kanban, (Tommelein & Weissenberger, 1999). .....	17
Figur 3.3: LPS-systemets hierarkiske flytskjema, (Ballard, 2000). .....	20
Figur 3.4: Sammenligning av «samlebåndsproduksjonen» for bilindustri og byggebransjen, (Hentet fra Gardarsson, 2019). .....	23
Figur 3.5: Å lage en taktplan, (Hentet fra «Presentasjon takt Ruseløkka skole») .....	24
Figur 3.6: Jevn bemanning (oransje) mot høy bemannings-topp (blå), (Hentet fra «Takt kortpresentasjon, Veidekke») .....	27
Figur 4.1: Ruseløkka skoleprosjekt. Bygges av Veidekke for Oslo kommune, (Hentet fra "Presentasjon taktplan Ruseløkka"). .....	30
Figur 4.2: Etasjeinnhold Ruseløkka Skole, (Egenprodusert). .....	33
Figur 4.3: Vognsystemene for taktproduksjon, (Egenprodusert). .....	36
Figur 4.4: Utsnittet av taktplanen, (Lagt ved i vedlegg A). .....	37
Figur 4.5: Utsnitt av hovedfremdriftsplan Ruseløkka skole, (Hentet fra «Hovedfremdriftsplan») .....	43

## Vedleggsliste

Vedlegg A – Taktplan Ruseløkka

Vedlegg B – Soneinndeling Ruseløkka

Vedlegg C – Intervjuguide

# 1 Innledning

## 1.1 Utgangspunkt for prosjektoppgaven

Det er kjent at byggebransjen i Norge har utfordringer knyttet til synkende produktivitet. *Takt* er en metode for planlegging og gjennomføring som kan øke produktiviteten ved å fjerne sløsing (Frandsen et al., 2014). For planlegging av produksjon er det blant forskere en generell oppfattelse at praktisering av modellen varierer internt i prosjektene. Frandsen et al. (2015) konkluderte med at funksjonærer og fagarbeidere som skal delta i produksjonen må planlegge takten grundig. Det for å skape gjensidig samarbeid med ansvar og eierskap til den utarbeidede planen for å fremme prosjektets beste.

I 2010 startet Veidekke med taktproduksjon og resultatene har variert fra effektive vellykkede prosjekter til gjennomføringer med sammenbrudd av hele taktsystemet (Gardarsson et al., 2019). Det er en kjensgjerning at graden av repeterende arbeidsoppgaver er fordelaktig for benyttelsen av takt. Dette har ført til en utstrakt bruk av takt i leilighetskomplekser, der studentby-prosjektet Moholt 50|50 anses som et positivt prosjekt. Det var likevel rom for forbedringer med tanke på fordelene takt skal gi (Vatne & Drevland, 2016). I denne prosjektoppgaven vil et skoleprosjekt i regi av Veidekke vurderes etter takt-metodebruk. Kompleksiteten, der repeterende arbeidsoppgaver synes å være mindre i skolebygg enn i leilighetskomplekser, gjør at skepsisen for bruk av takt anses som mer tilstedeværende i denne type prosjekter.

Case for prosjektet er Ruseløkka skole i sentrum av Oslo. Veidekke er kontrahert som totalentreprenør for prosjektet. Under oppgavens utarbeidelse er prosjektet i sluttfasen av taktproduksjonen med forventet overlevering til byggherre februar 2021. For å bli kjent med prosjektets taktproduksjon ble et møte mellom oppgaveforfatter, funksjonærstaben på Ruseløkka og utviklingsleder, Sigmund Aslesen, i Veidekke arrangert i oppstarten av studien. Det var motiverende, nyttig og lærerikt for den som vil praktisere takt og spare penger på det. På Ruseløkka er det benyttet taktmetodikk for innvendige arbeider. Planleggingen av takt er regissert av funksjonærene på prosjektet i tett samarbeid med de kontraherte underentreprenørene. Planleggingsarbeidet har tatt utgangspunkt i Veidekkes modell for involverende planlegging (Bølviken et al., 2014) og seks steg for «å lage en taktplan» (Frandsen et al., 2013; Frandsen & Tommelein, 2014). Produksjonen tok utgangspunkt i planleggingens to parallelt gående takttog med 21 vogner hver.

## 1.2 Forskningsspørsmål

Utgangspunktet for hva studien skal inneholde er utviklet gjennom samtaler med representanter fra Veidekke og hovedveileder fra NTNU. Det ble avdekket bransjens mangel på kunnskap og mangel på erfaringsoverføring til bruk av takt i skoleprosjekt.

Forskning på planlegging og gjennomføring av takt er dokumentert gjennom flere studier; Haugen (2020); Dlouhy et al. (2019); Vatne & Drevland (2016); Frandsen & Tommelein(2016); Frandsen et al. (2013), er noen blant flere. Imidlertid er det mangel på overordnede og generelle utfordringer tilknyttet takt. I denne sammenheng knyttes overordnede og det generelle til hindringer som står i veien for taktens hensikt. Hindringene kan være

overførbare mellom alle typer prosjekt, men for studien vil fokuset være rettet mot skoleprosjekter. I et motsvar til det som regnes som en skepsis til bruk av takt i skoleprosjekter vil følgende forskningsspørsmål bli studert:

1. *Hvordan er planlegging og gjennomføring av takt utført på Ruseløkka-prosjektet?*
2. *Hvilke erfaringer er det fra planlegging og gjennomføring av takten?*
3. *Hva bør gjøres annerledes for å forbedre senere taktprosjekter?*

### 1.3 Avgrensninger i oppgaven

Prosjektoppgaven avgrenser seg til Veidekkes prosjekt, Ruseløkka skole. Veidekke har flere pågående taktprosjekter, men Ruseløkka er det eneste skoleprosjektet i gjennomføringsfasen av takt.

For å gjøre forskningsarbeidet gjennomførbart ble kun funksjonærenes perspektiver i prosjektet studert. Andre aktører er ikke involvert, men det betyr ikke at deres perspektiver ikke er relevante. Som Frandson & Tommelein (2016) konkluderte er helhetsperspektiv og tverrfaglighet en viktig del av takt.

Studien baseres på erfaringer fra planlegging og gjennomføring av takt. Taktproduksjon for prosjektet er begrenset til innvendige arbeider. Det blir også avgrensende for prosjektoppgavens omfang. Forbedringer og tiltak til senere taktprosjekter følger også.

## 2 Metode

*I møte med det som skal studeres er metode beskrevet som redskapen som vil bidra til anskaffelse av den informasjonen det er behov for (Dalland, 2017). I kapitlet vil forskningsstrategi og valgte forskningsmetoder bli utdypet i relasjon til oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. En evaluering av de valgte metodene, samt styrker og svakheter vil i tillegg bli presentert.*

### 2.1 Forskningsstrategi

#### 2.1.1 Kvalitativ metode

Forskningsmetoder deles ofte i to ulike kategorier – kvalitative eller kvantitative. Denne studien bygger på kvalitativ forskning gjennom litteraturstudie, dokumentstudier og intervjuer. Metoden har til hensikt å skape en helhetsforståelse av studieobjektene via både muntlig og skriftlig informasjon (Olsson & Sörensen, 2003). Den fokuserer på et fåtall studieobjekter der varierte og mange opplysninger skal gi økt forståelse. Kvalitativ forskning vurderes hensiktsmessig dersom forskeren ikke har dyptliggende kunnskap om temaet, og underveis i prosessen derfor kan endre eller justere problemstilling og forskningsspørsmål.

Styrken til tre ulike varianter av datainnhenting er muligheten for triangulering av informasjonen. Det kan øke validiteten til studien (Andersen, 2013). Det er likevel ingen garanti for at informasjonen blir korrekt via kryssjekk. Muligheten for manglende forståelse av innhentende data foreligger alltid slik at feil kan oppstå. For å redusere muligheten til feil er aktiv bruk av troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet vært en del av trianguleringsarbeidet.

Studiens strategi er valgt konsentrert om kvalitativ forskning basert på oppgaveforfatters kunnskap om temaet. Et av målene med studien har vært en innføring til takt i skoleprosjekt for å øke kompetansen. For ytterligere forståelse av det studerte temaet vil det for masteroppgaven kunne være hensiktsmessig med supplement av kvantitativ forskning. Det kan med fordel benyttes flere teknikker i trianguleringen (Andersen, 2013). Manglende teknikker, f.eks. studier med kvantitative data, er en mulig svakhet i prosjektoppgaven.

#### 2.1.2 Validitet og reliabilitet

Nytteverdien av studien forutsetter krav til validitet. Uten validitet vet en ikke om studien måler det en har til hensikt å finne ut (Olsson, 2011). I begrepet validitet ligger gyldighet helt sentralt. Gyldighet er når innsamlet datamateriell er relevant for problemstilling og forskningsspørsmål. Olsson (2011) og Andersen (2013) påpeker at validitet best sikres ved bruk av flere måleteknikker som samlet indikerer graden av treffsikkerhet. Intern og ekstern validitet er to begreper det er viktig å skille fra hverandre. Høy intern validitet uttrykker at resultatene er korrekte og har god gyldighet for det studerte utvalget. Ekstern validitet angir i hvilken grad resultatene fremstår gyldige for andre utvalg eller under andre betingelser. Denne prosjektoppgaven har et samarbeide med Veidekke, i tillegg til å være karaktergivende i emnet *Prosjektledelse, fordypning* (TBA4531) ved NTNU. Avveininger knyttet til prosjektets strategi og design for å oppnå intern eller ekstern validitet, vil kunne utfordres ved at NTNU og Veidekke har ulik hensikt med oppgaven.



Reliabilitet omhandler etterprøvnbarhet eller reproduserbarhet. God reliabilitet oppnås når en måling gjentas ved like betingelser og resultatene er like ved gjentatte forsøk (Olsson, 2011). Systematiske feil eller målinger utenfor det en har til hensikt å finne ut kan ha god reliabilitet, men er likevel til liten nytte. Metodebeskrivelser må derfor være tydelige, i tillegg til å oppgi korrekt beskrevne målemetoder og -parametere.

### 2.1.3 Strategidannende seanser med Veidekke

#### *Informasjonsmøte om takt*

I oppstarten av prosjektoppgaven ble det avtalt et møte mellom oppgaveforfatter, ekstern veileder i Sigmund Aslesen og tidligere student ved NTNU (nå ansatt i Veidekke), Celine Greger Haugen. Agendaen for møtet var å innlede et mastersamarbeid mellom oppgaveforfatter og Veidekke. I løpet av møtet presenterte ekstern veileder innholdet i Veidekkes taktmodell, og Haugen supplerte med egne erfaringer tilknyttet eget masterarbeid. Det var svært nyttig med denne informasjonen så tidlig i oppgaven, og presentasjonsmateriellet som ble oversendt har senere vært verdifullt. Det har spesielt bidratt til beskrivelse av taktmetodens prosesser i denne prosjektoppgaven.

#### *Erfaringsutveksling ved Ruseløkka skole*

I forbindelse med Veidekkes ønske om å utvikle taktmetodikken til å fungere på mer komplekse prosjekter, ble det arrangert en erfaringsutveksling mellom funksjonærene på Ruseløkka og utviklingsansvarlige i bedriften. Møtet ble opprettet som en del av oppgaveforfatters mastersamarbeid med Veidekke, og forfatter deltok selv som observatør på møtet. I løpet av møtet presenterte funksjonærene, henholdsvis prosjektleder og to anleggsledere, deres egne erfaringer fra gjennomføringen med bruk av taktmetodikken. Underveis oppsto det faglige diskusjoner mellom funksjonærene og utviklingsansvarlige som omhandlet det som ble presentert. Det ble i all hovedsak diskutert hva som har vært suksessfaktorer og hva som har vært utfordrende eller hemmende i forbindelse med metodebruken.

Møtet var svært positivt for prosjektoppgaven ved at det ble knyttet kontakt med ansvarlige i caseprosjektet og ansvarlige for utvikling i Veidekke. De deltagende fra Ruseløkka var også de som ble intervjuet de påfølgende dagene. Erfaringsutvekslingen var i tillegg svært nyttig for oppgaveforfatters forståelse av arbeidet omkring taktmetodikken. Møtet ga som helhet et godt faglig tilskudd. Flere diskuterte aspekter på erfaringsutvekslingen opptrer som del av resultat og diskusjonsdelen i prosjektoppgaven.

## 2.2 Forskningsmetoder

### 2.2.1 Litteraturstudie

Prosjektoppgavens mål er å vurdere taktmetodikken i et caseprosjekt tilknyttet Veidekke. I den forbindelse er det naturlig å utforske eksisterende litteratur om takt, samt nærliggende begrep og konsept for bedre forståelse av fagfeltet. Tradisjonelle litteraturstudier søker informasjon om et fastsatt studieobjekt eller fagområde via varierte og mange opplysninger. Studiet identifiserer relevant litteratur, og gir en beskrivelse og et sammendrag av kilden. Litteraturen evalueres så kritisk etter hensiktsmessige parameter for studien (Jesson et al., 2011). Til slutt vurderes kildenes egnethet til egen forskning eller hvorvidt egen forskning passer inn i det studerte område.

I fagene *Anleggsteknikk VK* og *Prosjektledelse VK* (TBA4151 og TBA4128) er det blitt utarbeidet en litteratursøkerapport gjennom en tradisjonell litteraturstudie. Det ble tilegnet en god teknikk for å studere, kartlegge og vurdere ulike funn, og teknikken er videreført til denne prosjektoppgaven. Litteraturfunn i søkerapporten fra *Anleggsteknikk* og *Prosjektledelse* utgjør en betydelig del av kildene benyttet i teorikapitlet og har på denne måten gitt en teoretisk tyngde til prosjektoppgaven. Dette er i tråd med Olsson (2011) som viser til at en forskningsstudie må inneholde et teorikapittel som tar for seg relevante teorier, begreper og aktuell forskning til fagfeltet. I kapitlet *Rammeverk og prosess* følger det en mer overordnet og forenklet dokumenteringsprosess enn det som er benyttet i litteratursøkerapporten. Derimot påpekes det at både fremgangsmåte og vurderingskriterier har vært tilsvarende.

#### *Rammeverk og prosess*

Som rammeverk for søket er det tatt utgangspunkt i Arksey og O'Malleys (2005) fem steg for litteratursøk:

1. Identifisere problemstilling og forskningsspørsmål
2. Identifisere relevante studier
3. Studere utvalget
4. Kartlegge data
5. Sortere, sammenfatte og presentere data

*Identifisering av problemstilling og forskningsspørsmål* er i samarbeid med hovedveileder fra NTNU, Ola Lædre, utviklet i den innledende fasen av prosjektoppgaven. Som følge av samarbeidet med Veidekke ble rammene satt tidlig i prosessen da samtaler med ekstern veileder, Sigmund Aslesen, ga signaler om hva de ønsket å se nærmere på. Endelig avgjørelse på utforming av forskningsspørsmål kom derfor på et tidlig tidspunkt som en konsekvens av innkallelse til erfaringsutvekslingen mellom oppgaveforfatter, utviklingsansvarlige i Veidekke og representanter fra Ruseløkka. Intervjuer til prosjektoppgaven ble avtalt gjennomført i samme tidsrom som utvekslingen. Det var i hovedsak grunnen til å fatte en tidlig avgjørelse på utforming av forskningsspørsmålene.

For *Identifikasjonen av relevante studier* er flere metoder benyttet. Anbefalt og tilsendt litteratur fra hoved- og ekstern veileder er gjennomgått. Denne litteraturen ble utgangspunkt for snowballing, som betyr at referanselisten utforskes med hensikt å identifisere og tillegge aktuelle kilder (Wohlin, 2014). Teknikkene forward- og backward-snowballing fra Wohlin (2014) ble benyttet. Aktuelle kilder ble bevart for senere bli vurdert via prosessen beskrevet for steg 5 i rammeverket.

Størst ressurser er benyttet i metoden med søk i elektroniske databaser. Ved søk i flere anerkjente databaser har hensikten vært å ivareta en bred tilnærming, for på den måten få varierte treff der begrepet takt forstås gjennom mange ulike opplysninger. Dette i tråd med det kvalitative tankegodset. Av Tabell 2.1 vises det til fire ulike databaser der Google Scholar, Oria og Scopus er anbefalte i NTNUs *Veien til informasjonskompetanse* (VIKO<sup>1</sup>). IGLC er supplerende database med publikasjoner fra de årlige konferansene med samme navn. Konferansen, og tilhørende konferanseinnlegg, er spesialrettet mot konsepter innenfor Lean og ble anbefalt fra ekstern veileder.

Tabell 2.1: Matrisens søkefraser og tilhørende treff i hhv. «Takt prosjekt Veidekke» og «Soneinndeling», (Egenprodusert).

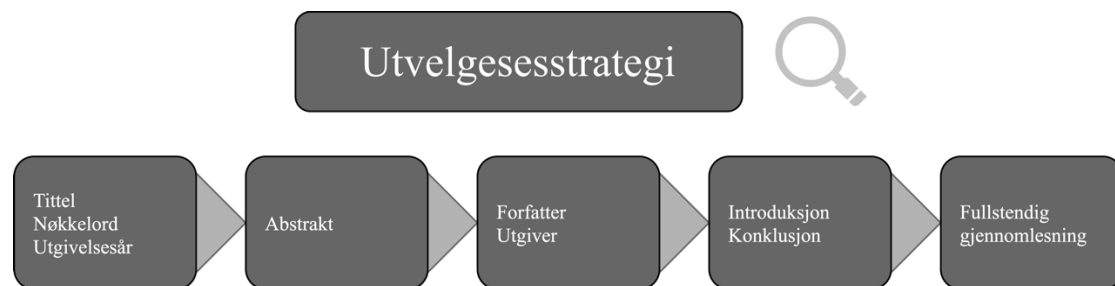
Nummer	Søk	Filtrering	Database				Referanse til intervjuguideoppsett
			Google Scholar Norsk	Oria Norsk	Scopus Engelsk	IGLC Engelsk	
1	Takt	Alle felt	294 000	21 079	1 525	65	Takt prosjekt Veidekke
	OG Planlegging/AND Planning	Alle felt	14 100	224	427	23	
	OG Veidekke/AND Veidekke	Alle felt	358	4	4	1	
2	Taktplanlegging/takt planning	Alle felt	37	12	45	1	
	OG Veidekke/AND Veidekke	Alle felt	26	6	4	1	
3	Taktplan*	Alle felt	185	16	6	1	
		Språk: Engelsk	57	3	6	1	
		Språk: Norsk	-	12	-	-	
		Språk: Svensk	-	-	-	-	
4	Takt	Språk: Engelsk	53 700	10 643	1 525	65	
	AND Time	Språk: Engelsk	25 600	7 311	945	26	
	AND Planning	Språk: Engelsk	10 900	1 524	4	16	
	AND Veidekke	Språk: Engelsk	36	-	4	1	
5	"Involverende planlegging"/"Collabrotive Design Management"	Frase	167	23	111	2	
	OG - /AND "Last planner system"	Frase	91	6	30	-	
	OG Veidekke/AND Veidekke	Alle felt	74	6	11	-	
6	Veidekke	Alle felt	2 790	4 085	87	3	
	OG Møtestruktur/AND Meeting structure	Alle felt	65	-	1	-	
	OG Takt	Alle felt	27	-	-	-	
7	Soneinndeling/Zoning	Alle felt	1 230	40	78 700	1	
	OG Utfordringer/AND Challenges	Alle felt	748	11	12 272	-	
	OG Taktplan*/AND Takt	Alle felt	7	-	1	-	
8	Sone*/Zone	Alle felt	430 000	353 843	2 434 413	13	
	OG Utfordringer/AND Challenges	Alle felt	15 500	132	257 527	-	
	OG Taktplan*/AND Takt	Alle felt	13	-	11	-	

For presisjon i søkene er det valgt ut søkeord som er tilknyttet takt. Innhenting av ordene er et resultat av møter med hovedveileder og studering av tilsendt litteratur. Utover ordenes tilknytning til takt, gjenspeiler søkeordene spesiell relevans til forskningsspørsmålene. Oppsettet for søkeordene i matrisen følger intervjuguidens struktur som igjen er utviklet av forskningsspørsmålene. På den måten ivaretas forskningens hensikt, og strukturen har vært gjennomgående i hele prosjektoppgaven, for lettere å knytte innsamlet data sammen. Dette har fremstått helt sentralt for å holde oversikt i både søkeprosess og oppgaven som helhet. Oppsettets inndeling er her eksemplifisert med *Takt prosjekt Veidekke* og *Soneinndeling* i Tabell 2.1 som er et utsnitt av søkematrisen.

<sup>1</sup> Kurs i informasjonskompetanse laget for studenter ved NTNU. Utviklet av NTNU Universitetsbiblioteket.

Rammeverkets steg *Studere utvalget* og *Kartlegging av data* er systematisert i matrisen ved fremvisning av antall treff i databasen og fargemarkering. Videre kartlegging av datautvalget forholder seg til fargemarkeringer, der blå markering i sin helhet bringes videre, mens oransje markering gjennomgås med kortfattede vurderinger i form av tittel, nøkkelord og utgivelsesår. Maksimalt kunne 15 treff bringes videre ved blå markering, mens oransje markering baserte seg på skjønsmessige vurderinger om eventuell videre kartlegging.

Metodene i litteraturstudien ga opphav til en tabell med 70 tekster. Mengden tekster inkluderer søk i databaser, tilsendt litteratur og snowballing. Med en definert utvelgesesstrategi (Figur 2.1), som et ledd i steg *Sortere og sammenfatte data*, ble utvalget redusert til 26 tekster. For å sikre et kompetent og kvalitetssikret utvalg av de disse er alle vurdert etter TONE-prinsippene. Det innebar vurderinger av troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet til tekstkilden. Ekskluderingsprosessen ved gjennomgang av TONE resulterte i en total på 18 tekster som er kvalitetssikret for videre bruk.



Figur 2.1: Utvelgesesstrategi for filtrering av litteratur, (Egenprodusert).

### *Evaluering av litteraturstudie*

Styrken til en litteraturstudie er generelt å gi et godt overblikk over fagfeltets eksisterende forskning og teori. Prosessen med tilsendt litteratur og snowballing dannet raskt et tilstrekkelig godt overblikk over det aktuelle feltet, og senere bidro det til å sette en ramme for søkeprosessen for databasesøk. Av databasene ga Google Scholar og Oria et godt og variert overblikk av fagfeltet. Søk i Scopus spisset treffene mot publikasjoner med en tydelig relevans i abstraktet til kilden. Scopus leverte i tillegg omfattende siteringsinformasjon tilknyttet treffene. Dette er hensiktsmessig for snowballing. IGLC bidro spesielt positivt i ervervelse av hvilket fokus dagens forskermiljø innehar for fagfeltet.

Tradisjonelle litteraturstudier følger nødvendigvis ikke en grundig metode, og derfor reduseres muligheten for etterprøvbarehet. Karakteristikkene som åpen og fleksibel (Jesson et al., 2011) og med personavhengige valg, er dette svakhet for metodens reliabilitet. Hvilke tekster som vurderes videre vil kunne variere mellom hver enkelt person. Med søkematrisens dokumentering av søkeord, filtrering, databasetreff og fargemarkering er det likevel et positivt bidrag til gjentakelse av søket. TONE-vurderingene fremstår sprikende i både positiv og negativ retning. Det bidrar positivt å fremheve vurderingene forfatter har til tekstkilden, men til samme tid er dette subjektive vurderinger som er negativt for resultatet. Den resulterende tabellen med

70 tekster etter søkematrixens prosess, er av tidsmessige grunner for omfattende til å vurdere alle tekstene fullt ut. Dette er en svakhet ved selve tabellen, men også litteraturstudiet som helhet. Er fagfeltet stort blir utvalget omfattende. Inntrykket som avgjør om teksten vurderes relevant baseres på korte utdrag av tekstinholdet. Det er derfor reelt at nyttig informasjon overses i denne type prosesser.

Samlet vurderes litteraturstudiet som en metode som prosjektoppgaven har vært tjent med å benytte. Litteratursøkerapportens utviklede teknikk har vært gunstig for gode vurderinger i prosjektoppgaven, og det samme har resultatbidragene fra selve litteratursøkerapporten. Rapportens litteratur om fagfeltet fremstår kvalitetsmessig egnet og trygg i bruk.

### 2.2.2 Casestudie

Casestudier er ikke entydig definert, og det verserer ulike tilnærminger i studietypens omtale (Andersen, 2013). Det fremstår likevel en enighet om at casestudier er mer enn bare kvalitativ forskningsstrategi. Yin (2014) argumenterer for casestudie som et forskningsmetode som kan eller bør kombineres med andre metoder i arbeidet med å besvare forskningsspørsmålene. Dahlum (2020) definerer casestudie til utgangspunktet å omfatte en enhet, der ett formål kan være å studere enheten for så behandle og forstå resultatene i en større sammenheng. Både Yin og Dahlum betraktninger fremstår aktuelle for prosjektoppgaven.

I forbindelse med Dahlums definisjon vil begrepet *teoretisk generalisering* stå sentralt. Kort beskrevet handler det om hvilken grad den studerte enhetens resultat har overførbarhet «*fra case til teori*». Generalisering i prosjektoppgavens øyemed er å bringe erfaringer og forbedringer (som en del av forskningsspørsmålene) fra casestudien til fremtidige prosjekter. I tillegg kan casefunnene bidra til å utvikle teorien tilknyttet taktmetodikken. Der det vurderes at slutninger i studien har god overførbarhet til andre prosjekter eller til utvikling av teori, betraktes den som generaliserbar. Ifølge Yin (2014) er generalisering et mål på ekstern validitet, som forklart tidligere er dette hvorvidt studiens konklusjoner er aktuelle utover den spesifikke studien.

Prosjektoppgavens intensjon har vært å studere taktproduksjon i fasene planlegging og gjennomføring i prosjekt som preges av *ikke-repeterbare arbeidsprosesser*. Denne type arbeidsprosesser karakteriserer prosjekter med få standardiserte rom, soner eller områder (Tommelein, 2017). Takt er en planlegging- og gjennomføringsmetode for bruk i produksjonssammenheng, og betegnes som den nødvendige tiden det tar for å fullføre et produkt for å møte kundens krav (Frandsen et al., 2013). Ikke-repeterbare arbeidsprosesser gjør planlegging av takt utfordrende, og av den grunn har metoden vært foretrukket i prosjekter med repeterbare prosesser. Senere studier viser likevel til positive aspekter og resultater for prosjekter kjennetegnet av ikke-repeterbare prosesser (Linnik et al. (2013); Tommelein (2017); Binninger et al. (2017a)). I lys av positive aspekter, og et ønske fra Veidekke om å studere takt skolebygg eller forretningsbygg, vil prosjektet Ruseløkka skole være case for oppgaven. Som prosjekt er Ruseløkka; et skolebygg, benytter takt, og kjennetegnes av ikke-repeterbare arbeidsprosesser.

## Evaluering av casestudie

Reliabilitet i en enkeltstående casestudie som denne har sin begrensning. Med flere casestudier av samme art kan oppgaven få økt reliabilitet. Ekstern validitet i prosjektoppgaven kan betraktes som Veidekkes ønske om å oppnå konkrete funn som kan styrke bedriftens effektivitet. Det krever flere casestudier også i denne sammenheng for å avgjøre om dette oppfylles. Den interne validiteten vurderes oppfylt som følge av intervjuene og dokumentinnehentings betydelige bidrag til å besvare problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål. Fullstendige evalueringer tilknyttet intervju og dokumentinnehenting følger i de neste delkapitlene.

### 2.2.3 Intervju

Som følge av forskningsdesignet med casestudie som metode, ble det vurdert nødvendig å gjennomføre intervjuer for å komme i dybden på caseprosjektet. Ettersom det foreligger et fåtall studier på skoleprosjekter med taktregi, støtter det oppunder bruk av intervju som informasjonsinnhenting. Av hensyn til studiens omfang og tid ble det gjennomført tre intervjuer i tilknytning prosjektoppgaven. Intervjuobjektene var representert med relativt like roller i prosjektet, men intervjuobjektene utøvde ulikt ansvarsområde utover de respektive rollene. Valget av intervjuobjekter fremstod ikke klart for oppgaveforfatter på forhånd, men i kontakt med en representant fra caseprosjektet ble det avgjort å intervju de som sto planlegging og gjennomføring nærmest. Dette var nøkkelpersoner i funksjonærstaben. I resultatdelen av kapitlet vil disse personene omtales som «funksjonærene». I Tabell 2.2 følger en oversikt over intervjuobjektene. Ivaretagelse av personvern begrenser ytterligere navngivning enn det som fremgår av tabellen.

Tabell 2.2: Prosjektoppgavens intervjuobjekter, (Egenprodusert).

Nr.	Intervjuobjekt	Ansvarsområde	Dato, Sted
1	Prosjektleder	Overordnet, økonomi	11.09.20, Ruseløkka
2	Anleggsleder	Teknisk anlegg	11.09.20, Ruseløkka
3	Anleggsleder/Prosjektleder (fungerende PL i 4 mnd. pga. permisjon)	Overordnet driftsansvar, økonomi	11.09.20, Ruseløkka

I forberedelsene til intervjurunden på Ruseløkka ble det i samråd med hovedveileder utviklet en intervjuguide. Prosedyren med utvikling av intervjuguide støttes oppunder av Olsson (2011) som en viktig forberedelse til gjennomføring av intervju. Guiden ble utformet etter det Yin (2014) karakteriserer som et semistrukturert intervju. I det ligger fokuset på et åpent og løssluppent intervju, men med visse holdepunkter i form av spørsmål og stikkord. Oppfølgingsspørsmål er i tillegg essensielt for å få samlet tilstrekkelig data fra intervjuobjektene. Intervjuguiden fulgte et overordnet oppsett med fire punkter; *Takt på Ruseløkka, Soneinndeling, Vognsystem og Bemanning*. Ytterligere to punkter i guiden handlet om intervjuobjektens bakgrunn og standardiserte avslutningsspørsmål (eventuelle tillegg til som er blitt nevnt). Oppsettet i intervjuguiden, her beskrevet ved de fire punktene, har som

tidligere nevnt vært gjennomgående for prosjektoppgaven. I første omgang for å knytte aktuell data sammen, men også for struktur i selve oppgavebesvarelsen. Intervjuguiden ligger vedlagt prosjektoppgaven (Vedlegg C).

På forhånd av intervjuene ble intervjuguiden oversendt representanten fra Ruseløkka for videre distribuering til intervjuobjektene. Hensikten var å gi muligheten til å forberede seg på hvilke punkter som skulle diskuteres. Forberedelsene til de respektive intervjuobjektene ble oppfattet som blandede. I gjennomføringen av intervjuene ble ikke intervjuguiden fulgt slavisk, men den fungerte som et rammeverk for samtalen. Det i tråd med semistrukturens hensikt (Yin, 2014). Sted for intervjuene var anleggskontoret på Ruseløkka. Sett i lys av eskalerende smitte i samfunnet utover høsten 2020, oppfattes det som gunstig å få gjennomført intervjuene så tidlig i prosessen. Det mellommenneskelige aspektet synes å komme mer til uttrykk ved fysisk oppmøte fremfor video. Det anses som styrkende for prosjektets intervju. Bygging av relasjoner for eksempelvis dokumentinnhenting bør heller ikke undervurderes som en del av fysisk oppmøte. Det ble benyttet taleopptak i intervjuene for å begrense at informasjon gikk tapt. Opptaket var med samtykke fra de involverte. Intervjuene ble i etterkant transkribert og senere oversendt intervjuobjektene. Justeringer ble gjennomført ved ønske om endringer i innhold. Etter endelig godkjennelse (10.12.2020) fra intervjuobjektene ble de analyserte resultatene en del av besvarelsen. Store deler av prosjektoppgavens resultat og drøftelser bygger på funn i intervjuene.

### *Evaluering*

Yin (2014) henviser til både styrker og svakheter til intervju som en del av forskningsdesignet. Det er en klar styrke i den målrettede informasjonsinnhenting som muliggjøres ved intervju. Intervjuer kan fokusere direkte på en studies problemstilling og forskningsspørsmål, og på den måten erverve fersk data til forskningen. Med intervju er det også mulig å få et godt bilde av intervjuobjektets synspunkter i sammenheng med problemstilling eller andre årsaksforklaringer. Dette er faktorer som kan styrke den interne validiteten til studien.

I det motsatte av målretting og god innsikt ligger metodens svakheter. Det er lett at det oppstår en skjevhet i resultatene siden intervjuer kan vinkle spørsmålene i en retning, og/eller at intervjuobjektet svarer partisk. I denne sammenheng bør det påpekes at oppgaveforfatter hadde nokså god kjennskap til prosjektet før intervjuet. Dette gjennom sommeransettelse i bedriften, senere fast ansettelse, og som deltagende på erfaringsutvekslingen i forkant (se kapittel 0). Skjevhet kan forekomme ved at intervjuer med eller uten intensjon søker ønskede svar av intervjuobjektet som nødvendigvis ikke er reelle. Ved å oversende transkriberingen til objektene og justere ved ønskede endringer, anser oppgaveforfatter denne svakheten å bli håndtert på en måte som begrenser feilinformasjon. I gjennomføringen oppsto ingen tydelig form for partiskhet. Yin påpeker også at det kan forekomme unøyaktigheter i referering av taleopptaket når det er benyttet. Svakheten vurderes til ikke gjeldene siden besvarelsene anonymiseres.



Reliabiliteten ved intervjuet er utfordrende å vurdere. Utvalget intervjuobjekter er svært lav og vil inneha en betydelig del usikkerhet. Lite utvalg vil også kunne begrense slutningene til kun å ha betydning for caseprosjektet (Jacobsen, 2015), og i så måte begrense den eksterne validiteten. Dette hvis man ser på ekstern validitet til å omhandle det som går utenfor organisasjonen undersøkes. På en annen side vil et for stort utvalg gjøre det vanskeligere å identifisere mønstre i en påfølgende stor informasjonsmengde som skal behandles. Færre intervjuobjekter kan altså gjøre mønstrene lettere å oppdage.

#### 2.2.4 Dokumentstudier

Utover funn i prosjektoppgavens litteraturstudie bygger denne studien på dokumentinnhenting fra caseprosjektet. I tillegg har ekstern veileder vært hjelpelig med oversending av interne dokumenter i Veidekke. Det som kjennetegner dokumentene i metoden, er at disse er produsert for et annet formål enn bruk i forskning. Majoriteten av innhentet informasjonen er opprinnelig brukt internt i caseprosjektet eller organisasjonen, og er derfor ikke offentlig tilgjengelig. Dokumentdataene har forekommet i både kvalitative og kvantitative former. Bakgrunnen for å benytte denne formen for informasjonsinnhenting er først og fremst i besvarelsen av forskningsspørsmålene, men har også fungert til en overordnet bedre forståelse av taktbegrep og -metodikk.

Dokumentinnhenting er blitt foretatt ved direkte kontakt med funksjonærgruppen på Ruseløkka og ekstern veileder. Der etterspørselen ikke handlet om konfidensiell og hemmeligholdt informasjon ble dokumentene oversendt via en kvalitetssjekk hos de respektive kontaktene. I Tabell 2.3 følger en oversikt over benyttede dokumenter. Det vises til informasjon om dataens type, formål, tidspunkt for ervervelse og avsender, som er i tråd med Olssons (2011) praktiske rapportskrivning.

Tabell 2.3: Oversikt over benyttede dokumenter, (Egenprodusert).

Nr.	Navn	Formål	Tidspunkt	Avsender
1	Takt kortpresentasjon, Veidekke.	PowerPoint med informasjon om Veidekkes taktmetodikk.	01.09.20	Ekstern veileder, Veidekke.
2	Presentasjon takt Ruseløkka skole.	PowerPoint med erfaringer fra taktplanlegging og -gjennomføring fra Ruseløkka.	30.11.20	Prosjektleder, Ruseløkka.
3	Takt Ruseløkka skole 23.06.2020.	Excel taktplan for produksjon på Ruseløkka.	30.11.20	Prosjektleder, Ruseløkka.
4	Hovedfremdriftsplan 30.11.2020.	Fremdriftsplan for hele prosjektet.	30.11.20	Prosjektleder, Ruseløkka.
5	Planoversikter alle plan	Illustrere soneinndeling.	30.11.20	Prosjektleder, Ruseløkka.



## Evaluering

Innhenting av dokumenter er en direkte konsekvens av vurderinger knyttet til forskningsspørsmålene. Det vil kunne styrke den interne validiteten i oppgaven. Oversendte dokumenter er vurdert etter relevans og der det ikke ble funnet, ble disse forkastet. I likhet med casestudiet som helhet, vil også dokumentstudiet preges av kun å være en enhet som studeres. Betrachninger om ekstern validitet lar seg derfor vanskelig avgjøre.

Reliabiliteten for prosjektoppgaven som helhet er utfordrende å stadfeste. Det skyldes at taktmetodikken er relativt ny og det må antas at den vil utvikle seg raskt i tiden fremover. I lys av det bidrar dokumentstudiet til å styrke reliabiliteten til oppgaven i dette øyeblikk, selv om fremtidig reliabilitet er preget av usikkerhet. Samlet sett vil reliabilitetens begrensede tidsrom var en svakhet for prosjektoppgaven.

## 2.3 Analyse

For de valgte metodene i studien har det vært nødvendig å analysere datainnhenting. Analysen hadde til hensikt å sortere ut de meste relevante funnene.

For det tradisjonelle litteraturstudiet betydde dette at de 18 tekstkildene som ble vurdert tilstrekkelig etter TONE-vurderinger, ble lest i sin helhet. Tekstene ble lagret og systematisert i bibliotekverktøyet *Zotero*, for senere å bli referert til i oppgaven.

Intervjuene i prosjektoppgaven ble i første omgang kategorisert etter åpen koding. Dette betyr å sette navn på *foreløpige kategorier* (Røe, 2005). Av intervjuguiden ble det brukt følgende kategoriseringer; *Takt på Ruseløkka*, *Soneinndeling*, *Vognsystem* og *Bemannig*. Videre kategorisering var aksial koding som innebar å analysere og modifisere de foreløpige kategoriene (Røe, 2005). Først og fremst var dette å knytte sitat fra intervjuene til teoridelen av oppgaven. For eksemplifisering av modifiseringen ble sitat tilknyttet buffere i transkriberingsdokumentet, kommentert til å være enten; *tidsbuffer*, *kapasitetsbuffer*, *områdebuffer* eller *planbuffer*. For å effektivisere kodingen ytterligere bør sitatets relevans til de ulike forskningsspørsmålene merkes.

Dokumentstudiets analyse innebar å vurdere relevans i tilknytning til forskningsspørsmålene. Utvalget tilsendte dokumenter var relativt få siden de ble oversendt etter ønske fra oppgaveforfatter. På bakgrunn av dette ble ingen dokumenter ekskludert fra prosjektoppgaven.

## 3 Teori

*I kapitlet vil oppgavens teoretiske grunnlag for taktmetodikk presenteres. Basert på utvalgte publikasjoner vil teorien først ta for seg historisk utvikling av takt med utgangspunkt i Lean. Beskrivelser av sentrale begrep og prinsipper for Lean tilknyttet takt samt andre relevante begrep, følger så i kapitlet.*

### 3.1 Lean – historisk bakgrunn

Lean er blitt et globalt begrep som brukes av alle typer bransjer. Modig og Åhlström (2019) påpeker at det finnes utallige definisjoner, og begrepsomtalen varierer mellom prinsipper, strategi, kultur, filosofi eller abstrakt konsept. Flere tror også begrepet er en forkortelse, mens det i realiteten stammer fra det engelske ordet lean som betyr slank. Kort fortalt handler det om prosjektledelse for økt lønnsomhet og med kundens opplevelse av verdi i fokus.

#### 3.1.1 Produksjonspraksis ved Ford og Toyota

Samlebåndsproduksjonen som ble introdusert ved Henry Fords bilfabrikker gjorde produksjonen av komplekse mekaniske produkter hurtigere og mer lønnsom (Hopp & Spearman, 2011). Der det tidligere var vanlig at arbeiderne monterte delene selv for senere å montere delene på det ferdige produktet, effektiviserte Ford produksjonen ved å la arbeiderne ha faste oppgaver på faste stasjoner ved samlebåndet. Optimalisering i samlebåndproduksjonen reduserte Fords totale arbeidstid på deres Model T fra 12.5 timer til 1.5 timer, noe som resulterte i en dominans i markedet hvor Ford alene sto for 2/3 av USAs bilsalg (Hopp & Spearman, 2011). Etter en stund avtok dominansen og grunnen for dette blir sett på som fraværende interesse av å sette sluttbrukerens verdi i fokus.

Helt siden 1930-tallet hadde Toyota Motor Company observert Fords samlebåndsproduksjon i Detroit, USA. Japanerne så forbedringspotensial allerede da, men «hjelp» på veien fikk de av 2.verdenskrigs herjinger som satt dem i knestående når det gjaldt tilgangen på alle slag av ressurser; kapital, materiell, kompetanse etc. (Moore, 2007). Modig & Åhlström (2019) peker også på Japans geografiske beliggenhet som en utfordring. Landområde er lite med knapphet på ressurser og det er høye transportkostnader i forbindelse med frakt av råmaterialer. Resultatet av mangel på ressurser var en påtvunget ærgjerrighet i produksjonen for å overleve. Det innebar ingen rom for produksjon utover det markedet behøvde og utvikle teknikker som reduserte sløsing og kontinuerlig forbedret prosessene. Produksjonssjefen i Toyota på den tiden, Taiichi Ohno<sup>2</sup>, rettet spesielt fokus mot syv typer sløsing i deres produksjon: overproduksjon, venting, materialtransport, overprosessering, lager/varebeholdning, unødvendig forflytning av arbeidere og defekter/feil i produktet. Listen er i ettertid adoptert som en del av Lean-prinsippene, og i en publikasjon fra Koskela et al. (2013) vurderes typene av sløsing som overførbar og relevant i byggeproduksjon.

---

<sup>2</sup> Grunnlegger av Toyota Production System (TPS).

På 70- og 80-tallet hadde bilhegemoniet dreid i favør Japanske produsenter, og amerikanerne var utkonkurrert på både kvalitet og pris. Det var nå USA som observerte hvordan Japanerne driftet produksjonen. I 1988 ble *Lean Production* for første gang nevnt og gjort kjent av John Krafcik. Selv om publikasjonen ble kritisert med en påstand om å være upålitelig, hadde «slank produksjon» som begrep fått en viss gjennomslagskraft (Modig & Åhlström, 2019). Tanken om at avansert teknologi og fordeler ved stordrift skulle virke produksjonsfremmende ble avkrefte av Krafcik. Metoder med slank produksjon ble vist å være produksjonsmessig effektiv med høy kvalitet. Selve begrepsovergangen fra TPS til Lean Production fikk sitt gjennombrudd i 1990 da James P. Womack, Daniel T. Jones & Daniel Roos ga ut boken «The Machine that Changed the World». Utgivelsen sammenligner japansk, amerikansk og europeisk praksis på produksjonsutvikling innenfor bilindustri. Boken tok ikke for seg hvilke metoder som skulle fremme slank produksjon, og i kjølvannet av det vokste det frem ulike bransjebeskrivelser og -benevnelser for Lean Production.

### 3.1.2 «Dette er Lean»

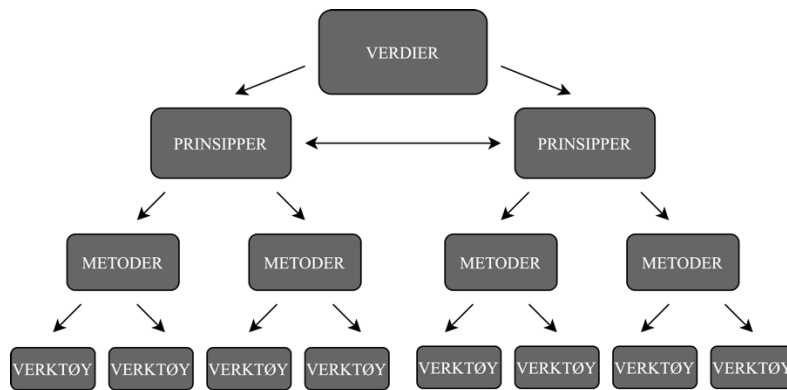
I fremtredelsen av ulike bransjebeskrivelser er det i dag ingen omforent definisjon av Lean Production på tvers av bransjer og næring. Som et grunnlag for beskrivelse av Lean kan det være klokt å se mot Modig & Åhlström (2019) sin bok: «*Dette er Lean, løsningen på effektivitetsparadokset*». Deres definisjon baseres på Lean som en strategi for drift, der strategien skal lede frem til å oppnåelse av et mål. Valg knyttet til realisering av driftsstrategien følger av konteksten en befinner seg i. Flyteffektivitet<sup>3</sup> prioriteres også over ressurseffektivitet<sup>4</sup> med argumentet at ved fokus på flyteffektivitet over tid, vil det erfaringsmessig dannes en optimal balanse mellom ressurs- og flyteffektivitet. Den optimale balansen har vist seg hensiktsmessig for økt verdiskapning hos kunden, men også muligheter for det samme hos produsenten (Modig & Åhlström, 2019). Videre påpeker Modig & Åhlström viktigheten av kontinuerlig forbedringer, det også i samsvar med Moore (2007) sine betraktninger av Lean. Bakgrunnen for det er at man ikke «når opp» til Lean som noe statisk eller et nivå. Lean er dynamiske prosesser som krever stadige tilpasninger for forbedring. Eksempelvis i sammenheng med endrede indre eller ytre faktorer som påvirker produksjonen. Basert på dette er ikke lenger Lean «bare en oversettelse» eller et begrep, men et konsept som skal trimme produksjonen til en slankere utgave enn utgangspunktet (Modig & Åhlström, 2019).

Med en så bred anvendelse med hensyn til bransje og kontekst, er det viktige med individuelle analyser for implementeringen av konseptet. Lean må forstås som et felles mål, og analysene skal finne frem til passende redskap for å nå det (Modig & Åhlström, 2019). Analyser for implementering bør foregå på forskjellige nivåer, som rangert fra ovenfra og ned er: verdier, prinsipper, metoder, og verktøy og aktiviteter.

---

<sup>3</sup> Flyteffektivitet har fokus på enheten som organisasjonen behandler. Tiden fra behov for behandling identifiseres til dette er tilfredsstillt, er flyteffektivitet et mål på.

<sup>4</sup> Ressurseffektivitet har fokus på effektiv bruk av ressurser som stimulerer til merverdi i organisasjonen. Det mest tradisjonelle fokuset – utnytte ressursene så godt som mulig.



Figur 3.1: Systematisk nivåinndeling av produksjonskonseptet, (Egenprodusert fritt etter Modig & Åhlström (2019)).

Forgreningen mellom nivåene illustrert i Figur 3.1 kan ses i sammenheng med individuelle tilpasninger i konseptbruken. Jo flere forgreninger, desto mer kontekstavhengig er redskapene. Det vil si at verdier primært handler om kundens verdi og hvordan organisasjonen skal optimalisere denne. Prinsipper følger så med de faste redskapene i en organisasjon, og i mange tilfeller er disse redskapene overførbare mellom flere bransjer (Modig & Åhlström, 2019). Metodene er kort fortalt hvordan produksjonen utføres, og krever dypere analyser for implementering av redskaper enn de to ovennevnte. I nivået for metode er søken etter kontinuerlig forbedring essensiell, og friheten til å teste ut metoder bør være store. Metodene settes til live gjennom verktøy og aktiviteter som organisasjonen velger. I Tabell 3.1 er det etter inspirasjon fra Modig & Åhlström og TPS-filosofi utviklet en oversikt over eksempler på nivåenes innhold. I hovedsak er oversikten rettet mot byggeprosjekt og taktmetodikk.

Tabell 3.1: Eksempelvis redskaper for hvert nivå, (Egenprodusert fritt etter Modig & Åhlström (2019) og TPS).

VERDIER	PRINSIPPER	METODER	AKTIVITETER og VERKTØY
Byggeprosjekt med hensikt å understøtte verdiproduksjon og -skapning for kunden	Just in Time (Jidoka)	Last Planner System™ Involverende Planlegging Taktplanlegging og -gjennomføring	Soneinndeling Vognsystem Buffer Kvalitetssikring (Kaizen)

### 3.1.3 Lean Construction

Bransjebenevnelsen for Lean i bygg og anleggs-bransjen er prosjektledelsesfilosofien *Lean Construction*. På samme måte som Lean Production handler prinsippene om å fremme verdi og eliminere aktiviteter som ikke er verdiskapene (sløsing). Av Drevland (2016) blir Koskela sin rapport «*Application of the new production philosophy to construction*» karakterisert som startskuddet for Lean Construction som bransjebegrep. Rapporten ble senere sentral som et teoretisk grunnlag for opprettelsen av The International Group of Lean Construction<sup>5</sup>.

Forskernettverket og konferansevirksomheten har siden oppstarten vokst seg gradvis større og forskningen spenner seg i dag over hele verden. Grunnlaget og visjonen for IGLC sin virksomhet er en global forbedring av byggeindustrien for å løse de problemene verden står og vil stå ovenfor i tiden som kommer.

## 3.2 Lean – prinsipper

Byggeprosjekter bør strebe etter optimal ressursbruk og tydelighet mellom prosesser og deltagende. Dette for god produktivitet, og effektiv kommunikasjon og produksjon. *Just in Time* er ett prinsipp det bør ses mot.

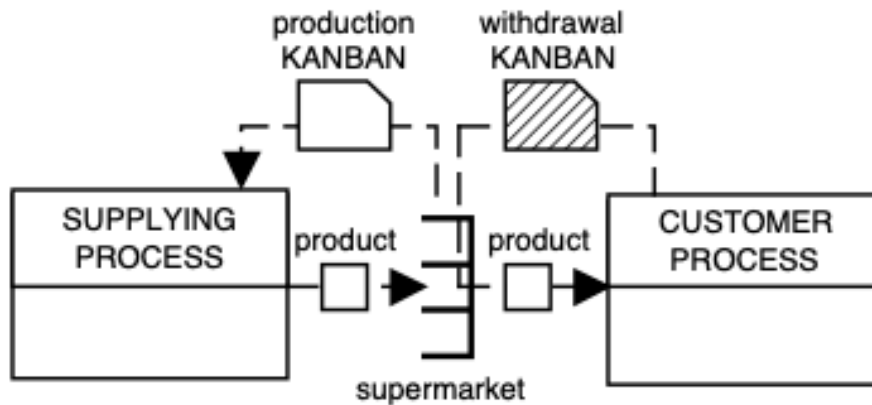
### 3.2.1 Just in Time

Just in Time (JIT) strukturerer produksjon basert på det som kalles *pull*-system. Hensikten med pull er kontinuerlig flyt der nedstrøms-aktivitet tydeliggjør behovene sine i oppstrøms-aktivitet. Rent praktisk er hensikten til JIT at ved en leveranse av varer og materiell til en byggeplass, skal installasjonen iverksettes umiddelbart etter leveranse uten å pådra seg forsinkelser ved unødvendig lagring eller buffere på mellomstasjonene (Tommelein & Weissenberger, 1999). Optimalt skal JIT-systemet forsyne produksjonen med rett materiell, til rett tid og med rett mengde til hvert trinn i prosessen.

TPS innførte begrepet *kanban* som en del av pull-systemet. En kanban representerer et system som tydeliggjør en etterspørsel eller et behov, som på den måten skal regulere flyten og hindre overproduksjon (Tommelein & Weissenberger, 1999). Enhver etterspørsel eller behov til en prosess er tilknyttet en kanban som informerer om eksempelvis mengder, utforming, leveringssted og -tid etc. I Figur 3.2 er pull-systemet illustrert med to ulike kanban – uttak og produksjon. Med et gitt uttak signaliserer supermarkedet videre hvilken produksjon de har behov for. Oppstrøms informasjon ønsker å forhindre vareoppbygging i supermarkedet og på den måten unngå uhensiktsmessig bufferlagring. Skreddersydde løsninger for kundens behov gjøres også lettere med pull-taktikken.

---

<sup>5</sup> Forkortet IGLC. Opprettet av Lauri Koskela, Glenn Ballard og Gregory Howell i 1993.



Figur 3.2: Et pull-system basert på kanban, (Tommelein & Weissenberger, 1999).

Gjennom studiene til Tommelein & Weissenberger (1999) og Tommelein & Li (1999) vurderes JIT til å ha et begrenset bruksområde i bygg og anleggs-bransjen. Det vises til at prinsippet krever store ressurser i planleggingen, er svært sårbar for forsinkelser, og avhenger av pålitelige og fleksible leverandører. På byggeplassen fremstår det i tillegg lite hensiktsmessig å gjøre arbeidene avhengig av kontinuerlig leveranse, og økende inn- og uttransport ses på som unødvendig. Selv om JIT sjeldent benyttes fullt ut har det en relevans på prosjekter med lite areal tilgjengelig. Bygging i tettbygde områder krever mer omfattende planlegging av tiltransport av materialer på bakgrunn av plassmangel, noe som er i henhold til JIT. Pull-systemet har klare enkeltstående operasjoner i byggeprosjekter hvor JIT er hensiktsmessig. Spesielt trekker Tommelein og Li (1999) betongoperasjoner som gunstig, mens «JIT-forsyning» av armering var mindre vellykket (Tommelein & Weissenberger, 1999).

JITs visjon er noe kalt «null inventar». I praksis anses null inventar som utopi, men streben etter stadig forbedring er det som ønskes formidles gjennom ett sett ulike kriterier av Hall (1983). Kriteriene i Halls bok består av syv punkter som sammen strekker seg mot null inventar, og disse er:

1. Null feil – Det er ikke akseptabelt med feil på delene siden det medfører forsinkelser. Kvalitetssikring må skje etter hvert trinn.
2. Null overflødig produksjonsmengde – Målstørrelse er 1.0, som betyr at lagerforsyning skjer i samme takt som uttak. Dersom forsyning til hvert trinn ikke er tilstrekkelig, oppstår forsinkelser.
3. Null oppsett – Den største grunnen til store produksjonsmengder skyldes tiden det tar å sette opp for produksjonen. En produserer store mengder og forsyning blir større enn uttak. Minimere tid for å sette i gang produksjon vil dempe trangen til stor produksjon som fører til avvik fra målstørrelse 1.0

4. Null sammenbrudd – JIT produksjon godtar ikke maskin- eller menneskelige feil som stopper fremdriften.
5. Null håndtering – Ideelt berører man ikke produserte gjenstander mer enn nødvendig. Unødvendig flytting utover det som kreves direkte mellom trinnene aksepteres ikke. Flytting og lagring stjeler tid.
6. Null fullføringstid – Perfekte omstendigheter gjør at trinnene i produksjonen får delene når de trenger dem (kanban). Det oppstår ingen ventetid og fullføringstiden reduseres effektivt. Null fullføringstid er selvsagt ikke mulig å oppnå.
7. Null variasjon – Nøyaktighet i produksjonsmengde og -kvalitet skaper jevn materialflyt gjennom trinnene. Varierende mengde produsert håndteres ikke av buffere i noen form, og det oppstår forstyrrelser med etterfølgende forsinkelser.

Ved å strekke seg mot de syv kriteriene med nuller er det mulig å effektivisere produksjonsprosessene, og JIT er benyttet med suksess i flere sammenhenger (Hall, 1983). Å kutte unødvendigheter med repeterende forbedringer kan heve produktiviteten.

### 3.3 Lean – metoder

Metodene (bestående av verktøy og aktiviteter) implementeres etter at verdisyn og prinsipper er etablert. Som teoretisk grunnlag vil prosjektoppgaven først og fremst ta for seg Veidekkes metodebruk for å sikre best relevans. Der det er vurdert nødvendig vil andre metoder, verktøy og aktiviteter bli presentert.

#### 3.3.1 Last Planner System™

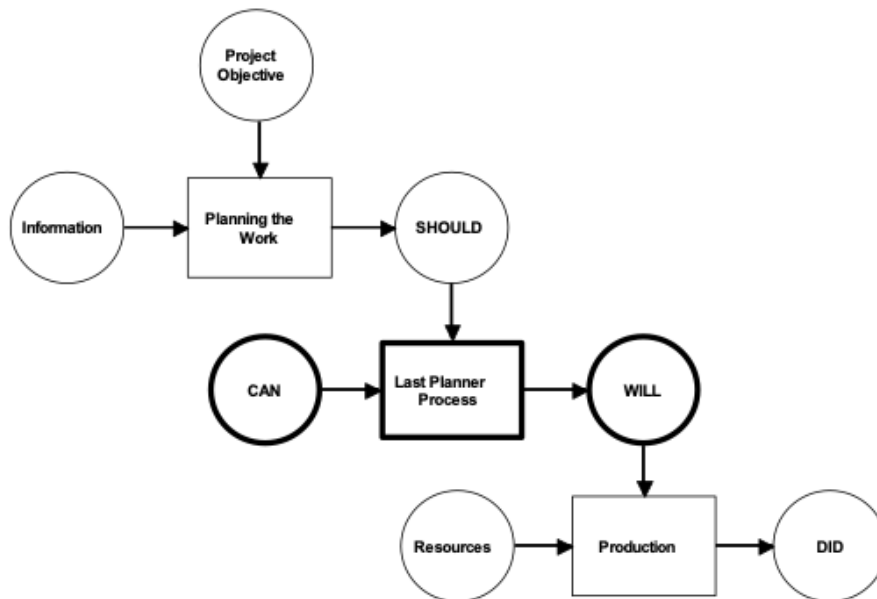
*Last Planner System™* (LPS)<sup>6</sup> er et system for produksjonsplanlegging med komponenter for å kontrollere, samt skape forutsigbarhet i arbeidsflyten (Ballard & Howell, 2003). Metoden er til forskjell fra JIT utviklet av byggebransjen sine egne arbeidere under initiativ og ledelse fra Glenn Ballard og Gregory Howell. Det gjør metoden direkte relevant for byggeprosjekter som en del av Lean Construction. Som for JIT er LPS basert på pull-systemet der hensikten er å forbedre arbeidsflyten i produksjonen og utvikle planer med stor pålitelighet og forutsigbarhet (Ballard, 2000). I doktorgradsavhandlingen til Ballard (2000) konkluderes det med at hensiktene ved LPS oppnås ved å binde seg til systemets regler, med blant annet omfattende involvering av deltagende underentreprenører (aktører). Planlegging av egen hverdag gir eierskap til prosjektene. Bølviken et al. (2015) påpeker også at planlegging med bakgrunn i LPS må fokusere på; fornuftige sekvenser av aktiviteter, uavhengige oppgaver og oppgaver der forutsetningene er på plass for å produsere. Samlet sett skal disse momentene være sentrale i bidraget til en slankere produksjon.

I alle ledd og nivå av prosjekter kreves det planlegging for å nå et sluttprodukt. Planlegging vil foregå av forskjellige personer med ulikt ansvar innad i prosjektet, gjennom hele prosjektets levetid. LPS baserer seg på en hierarkisk struktur hvor prosjektets planlegging brytes gradvis mindre gjennom en form for flytskjema (Ballard, 2000). Den originale versjonen av Ballard hadde fire planleggingsnivåer (illustrert i Figur 3.3), mens nye metoder basert på LPS har utvidet nivåene til å bestå av fem og seks (Bølviken et al., 2014, 2015). Prosjektets hovedmål er utgangspunktet for gradvis nedbrytning i mindre delmål, der det til slutt ender opp i en aktivitet fremfor et spesifikt «lite» delmål. Avgjørelser tilknyttet strukturens avsluttende aktivitet tas som regel av bas eller formenn på norske prosjekt. I Ballards (2000) metodebeskrivelse har denne rollen betegnelsen *The Last Planner™*. I neste avsnitt følger en forklaring av flytskjemaet i Figur 3.3.

---

<sup>6</sup> Last Planner System™ og Last Planner™ omtales videre som LPS på bakgrunn terminologiens varemerkerettigheter tilhørende *Lean Construction Institute*.





Figur 3.3: LPS-systemets hierarkiske flytskjema, (Ballard, 2000).

I flytskjemaet er ordene should, can, will og did helt sentrale i forklaringen av metoden. Oversatt til norsk i tilsvarende rekkefølge; bør, kan, vil og gjort. Øverste ledd i prosjektet, med hovedmålet som utgangspunkt, står til ansvar for å transformere hva som bør gjøres over til det som kan gjøres. I neste ledd vil The Last Planner™ foreta avgjørelser hva som vil bli gjort, basert på en gjennomgang av det som kan gjøres. I siste ledd foretas evaluering- og læringsprosessen basert på aktiviteten som er blitt gjort, som bringes tilbake for senere å kunne påvirke kan- og vil-avgjørelser (Ballard, 2000).

### 3.3.2 Involverende planlegging

Forløperen til LPS dateres tilbake til 1980-tallet og formelt sett ble LPS først nevnt i en publikasjon fra 1993 (Ballard & Howell, 2003). Frem til i dag har metoden vært under stadig utvikling, og nye metoder basert på LPS har vokst frem. En av dem er *Involverende Planlegging* (IP). Veidekke har benyttet involverende planlegging i produksjon siden 2003 i ulike avdelinger. I perioden 2006 til 2010 ble metodebruken i firmaet mer systematisert ved å prøve ut metodikken i et større utvalg pilot- og læringsprosjekter. Erfaringene fra prosjektene dannet grunnlaget for en egen bedriftsveileder for Involverende Planlegging (Bølviken et al., 2014). I veilederen er hovedmålsettingen med IP formulert til «å redusere tapt tid og skape flyt i produksjonen», som naturligvis er i nært samsvar med de fremstilte hensiktene for LPS i forrige delkapittel.

Metoden legger vekt på involvering for å sikre at målsettingene nås. Fra veilederen formuleres disse punktene for å beskrive hva involverende planlegging dreier seg om (Bølviken et al., 2014):

- Planer lages i felleskap med alle aktører som er involvert i prosessen.
- Alle har kjennskap og innflytelse over egne arbeidsoppgaver.
- Planer legges gjennom å gi gjensidige løfter.
- Stadig rullerende planlegging jo kortere tid det er til utførelse med stadig høyere detaljnivå.
- Fjerne hindringer og farer gjennom systematisk planlegging underveis slik at kun sikre aktiviteter kommer til utførelse.
- Ved avvik fra planen skal årsaken finnes og hindringen elimineres. Det er viktig at man også lærer av avviket.
- Ulike plannivåer har ulike eiere.

De syv prinsippene listet opp er bakenforliggende til de fem hovedelementene Veidekke benytter for IP, disse er: arbeidsdeling i tid, hindringsanalyse, plansystemet, møtestrukturen og risikostyringen. I Tabell 3.2 er et sammendrag elementenes innhold presentert.

Tabell 3.2: IPs hovedelementer og innhold, (Egenprodusert fritt etter Bølviken et al. (2014)).

Hovedelementer	Innhold
Arbeidsdeling i tid	Ulike ledelsesnivåer planlegger i ulike tidshorisonter.
Hindringsanalyse	Systematisk analyse og fjerning av hindringer ved hjelp av syv forutsetninger: forutgående aktivitet, informasjon, materialer, mannskap, utstyr, plass, ytre forhold.
Plansystemet	Strategiske planer lages én gang. Rullerende, operative planer tar utgangspunkt i de strategiske planene og får økt detaljering jo kortere tid det er til arbeidet skal utføres. Ulike plannivåer har ulike eiere.
Møtestrukturen	Møtestrukturen er tilpasset til, og behandler de ulike planene. Ulike møter har ulike eiere.
Risikostyringen	Systematisk analyse av risiko og fjerning av farer.

For de fem hovedelementene av IP vil det være mulig å dra paralleller til LPS-strukturen. Enda tydeligere vises dette i Veidekkes «Modell for sikker og effektiv drift», som i Tabell 3.3 spesielt uttyper plansystemets innhold. Overordnede hovedaktiviteter brytes ned til mer detaljerte nivåer, og som en ser av tabellen er det formann og bas som koordinerer de avsluttende aktivitetene. Det i tråd med teorien for LPS. I tillegg til plansystemets innhold uttrykker modellen flere av hovedelementene ved involverende planlegging; arbeidsdeling i tid vises gjennom tidshorisonter for hvert *plannivå*, møtestrukturen er tilpasset etter plan og plannivåenes eiere (*hvor*), *fremdriftsplanlegging* og *rigg-/logistikkplan* er en form for hindringsanalyse, og risikostyringen tas hensyn til i *HMS risikostyring*. Modellen gir samlet sett et oversiktlig bilde av hvordan en best skal nå Veidekkes hensikter som tidligere nevnt er å redusere tapt tid, samt skape flyt i produksjonen/driften.

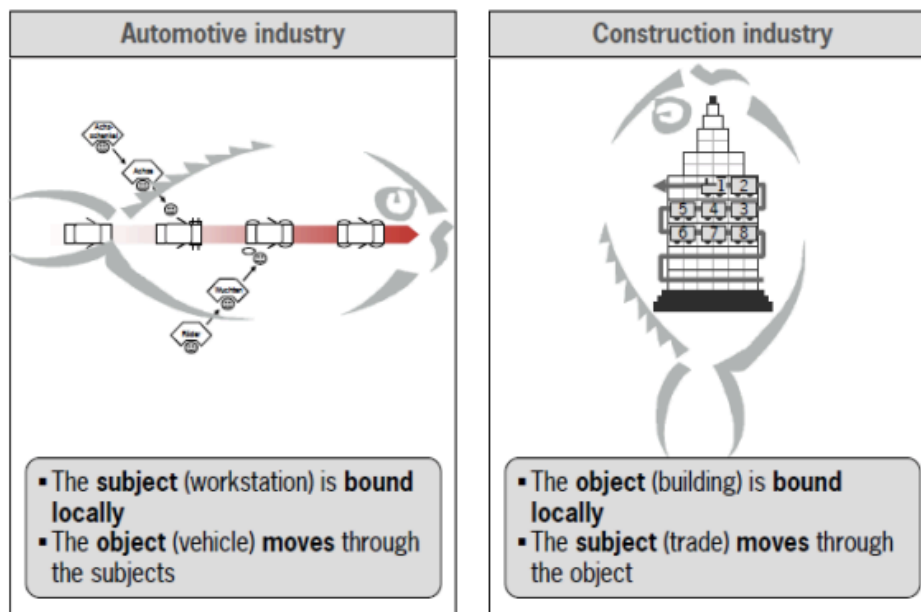
Tabell 3.3: Modell for sikker og effektiv drift, (Hentet fra Bølviken et al. (2014)).

	Plannivå	Ansvarlig	Hvor	Fremdriftsplanlegging	Rigg-/logistikkplan	HMS risikostyring
	Prosjektutvikling og prosjektering	Prosjektleder Prosjekteringsleder	I utviklingsfasen	Lage en prosjekteringsplan for fasen Etablere beslutningsplan	Vurdere: Hovedadkomst Trafikkplasseringer Plassering av rigg og lager	Innhente (eventuelt lage) SHA-planen Synliggjøre og videreformidle risiko
1	Hovedfremdriftsplan (hele prosjektet)	Prosjektleder	Før oppstart av prosjekt	Lage oversikt over hovedaktivitetene Sette milepæler	Lage overordnet riggplan	Identifisere farer i og mellom hovedaktivitetene og synliggjøre dem i planen
2	Faseplan (for hver fase)	Anleggsleder	Faseplanmøte	Lage faseplan	Lage en omforent riggplan for fasen	Identifisere farer i enkeltaktiviteter og i samtidige aktiviteter Synliggjøre behov for Sikker Jobb Analyse (SJA) i planen
3	Utkikksplan (5-9 uker)	Anleggsleder	Driftsmøte	Detaljere aktiviteter Identifisere og fjerne hindringer	Ta hensyn til plassering av kommende leveranser i riggplanen	Vurdere risiko i enkeltaktiviteter Dialog mellom samtidige aktiviteter Bestemme hvilke SJAer som skal lages
4	Ukeplan (2-4 uker)	Formann	Bas møte	Kontrollere at alle aktivitetene er på samme detaljeringsnivå og i riktig rekkefølge. Identifisere og fjerne hindringer	Gjennomgå leveranser kommende uker Oppdatere riggplan	Vurdere farer i enkeltaktiviteter Dialog mellom samtidige aktiviteter Lage SJAer
5	Lagsplan (ukene)	Bas	Lagsmøte	Gjennomgå ukens aktiviteter Beslutte endelig lagsplan	Gjennomgå ukens leveranser og plassering	Gjennomgå SJA
6	Siste utsjekk (dagen)	Hver enkelt, og de som jobber sammen	Morgenmøte	Hendelser fra gårdsdagen? Kort gjennomgang av dagens gjøremål.	Kort gjennomgang av leveranser og plassering	Gjennomgå risikoen i dagens arbeidsoppgaver
	Løpende	Hver enkelt	I arbeidet			Den enkelte vurderer løpende risikoen i sitt arbeid

### 3.3.3 Taktproduksjon

Taktmetoden er et Lean-verktøy som skal nå en slank produksjon ved å redusere sløsing og bedrive verdiøkende aktiviteter, som er i likhet med alle andre metoder basert på Lean. Teknikken søker kontinuerlig forbedring med mål om god flyt i produksjon og et stabilt miljø for implementering av LPS (Frandsen et al., 2014). Frandsen et al. (2013) har i tillegg definert takt som: «et produkts nødvendige produksjonsrate for å oppfylle et gitt leveransekrav tilknyttet dette produktet», (fritt oversatt).

Taktplanlegging omtales gjerne som BA-næringens svar på samlebåndproduksjonen. Det vil si en rigid og forhåndsbestemt struktur med stor forutsigbarhet. Tross mange likheter til fabrikkindustriens prinsipper er det en stor forskjell i at produktet i byggeprosjekter er fiksert på en fast plass (Gardarsson et al., 2019). Det i motsetning til et tradisjonelt fabrikkprodukt som sendes mellom arbeidsstasjoner. Siden produktet er fiksert vil det være arbeiderne som forflytter seg fra stasjon til stasjon (senere omtalt som soner), med en gitt tid til rådighet før neste gruppe arbeidere skal inn i sonen. Dette illustreres ved et tog som beveger seg gjennom bygningen med vognene som arbeidspakker<sup>7</sup>. Et fag kan ha flere vogner i toget, både etterfølgende eller med andre fag sine vogner imellom. Av Porsche Consulting sammenlignes taktplanlegging mellom bilfabrikk og byggebransjen som vist i Figur 3.4.



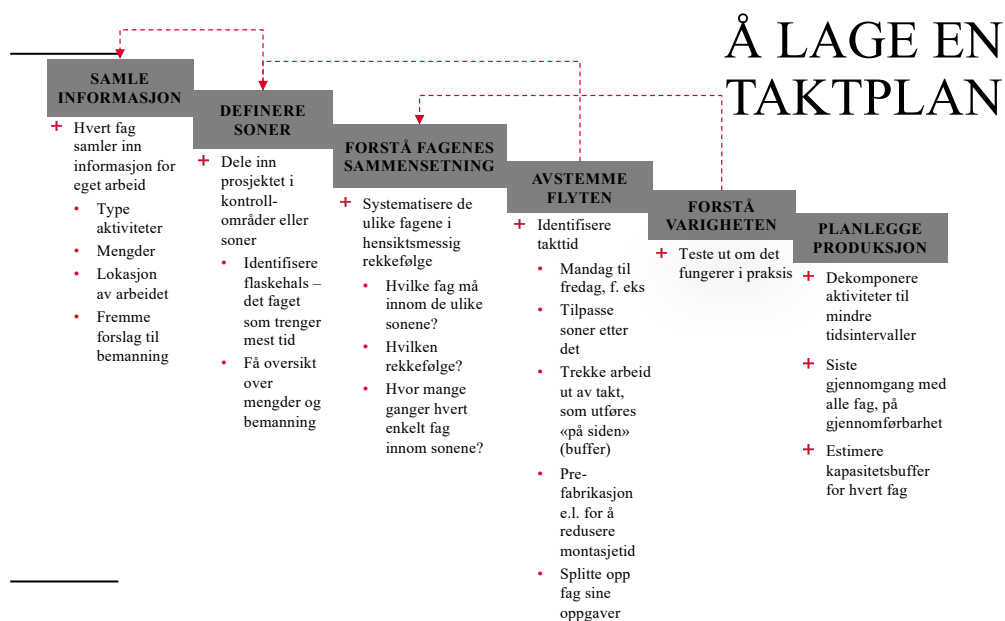
Figur 3.4: Sammenligning av «samlebåndproduksjonen» for bilindustri og byggebransjen, (Hentet fra Gardarsson, 2019).

<sup>7</sup> En arbeidspakke er et stykke arbeid som gjennomføres av en produksjonsenhet og så overleveres til etterfølgende produksjonsenhet. En produksjonsenhet er utførende av arbeidspakkene, enten som enkeltstående arbeider eller i gruppe.

For å regissere en taktproduksjon er arbeidsstruktureringen i hovedsak bestående av å planlegge togets ferd og innhold gjennom bygningen. Tsao et al. (2000) utdyper arbeidsstrukturering til blant annet å omfatte følgende avgjørelser tilknyttet planleggingen:

- Hva er innhold og størrelse på arbeidspakkene tilordnet de utførende?
- Hvordan skal rekkefølgen på arbeidspakkene være?
- Hvordan skjer overlevering fra en arbeidspakke til en annen (en produksjonsenhet til den neste)?
- Vil påfølgende produksjonsenheter gjennomføre arbeidet deres i en kontinuerlig flytprosess eller som et oppstykket arbeid?
- Hvor er det behov for buffere, og hvor stort skal bufferarbeidet være?
- Når skal de forskjellige arbeidspakkene gjennomføres?

Svarene på spørsmålene i forbindelse med arbeidsstruktureringen kan systematiseres gjennom seks iterative steg (Frandsen et al., 2013; Frandsen & Tommelein, 2014). Veidekke har utviklet en egen fremstilling over de iterative stegene som følger av Figur 3.5. Figurens piler uttrykker de vanligste iterative prosessene i systematiseringen. Resultatet av alle prosessene er en taktplan.



Figur 3.5: Å lage en taktplan, (Hentet fra «Presentasjon takt Ruselokka skole»).

Arbeidssystematiseringen med å utvikle en taktplan starter med å samle informasjon via fagenes Last Planner™ (formenn, bas). Det innebærer aktiviteter, mengder, lokasjon for arbeid og bemanning. Fag og prosjektledelse vil i fellesskap definere egnet soneinndeling for prosjektet. Neste steg koordineres fagene i en hensiktsmessig rekkefølge basert på god forståelse av fagenes sammensetning. Teknikk for koordinering av arbeidspakker, -tid og -rekkefølge er gjerne basert på pull-planning i form av felles lappeteknikkmøter. For avstemming av flyten er

målet å balansere arbeidspakker, buffere, soner og bemanning etter den bestemte takttiden for vognene – eksempelvis på 5 dager. For forståelsene av varigheten defineres en taktplan som testes ut i praksis. Fungerer ikke produksjonen som tenkt må en gå en ny runde med vurdering av arbeidspakker, taktid, buffere, soner og bemanning. Utarbeidelse av taktplanen involverer alle fag i fellesskap, og på den måten fordeles ansvaret for fremdriften på alle taktens deltagere. De deltagende vil få økt eierskap til prosjektets gjennomføring, som kan gi positive ringvirkninger for blant annet flyt i produksjonen (Ballard, 2000; Frandson et al., 2015).

Taktproduksjonens struktur er nevnt å være rigid med ønske om god forutsigbarhet. Selv om takt i flere sammenhenger er funnet effektiv for produksjon (Frandson et al., 2013; Frandson & Tommelein, 2016; Vatne & Drevland, 2016), er det ofte prosjekter hvor kun deler av produksjonen er med takt. Prosjekter som helhet består av områder som ikke har den repeterbarheten i arbeidet som takt ofte begrenses av. Det er gjennomført et utvalg studier på takt med ikke-repeterbart arbeid i prosjektene som har vært både vellykkede og mindre vellykkede (Frandson & Tommelein, 2014; Linnik et al., 2013; Tommelein, 2017). Binninger et al. (2017b) påpeker at en taktplan bør inneha noe fleksibilitet for å kunne gjennomføres. Det er justeringsmekanismer i taktoppsettet som skal oppnå fleksibiliteten som resulterer i en mindre rigid taktplan. Blant 31 listede mekanismer er et utvalg funnet relevante for oppgaven; planlegging av buffere, hybridvogner, og replanlegging av vognrekkefølge og soner. Linnik et al. (2013) og Vatne & Drevland (2016) nevner i tillegg standardisering som en mekanisme, mens Kalsaas et al. (2014) peker på viktigheten av kvalitetssikring som en justeringsmekanisme i produksjonsenhetenes overtakelser. Under følger nærmere beskrivelser av nevnte mekanismer. Taktens hensikt knyttet bemanning presenteres også.

### *Buffere*

For å planlegge for det uplanlagte legges det inn ulike former for buffere knyttet taktproduksjonen. Hensikten er å ta høyde for, men også håndtere uforutsette hendelser slik at produksjonen i størst mulig grad fortsetter som planlagt (Dlouhy et al., 2019; Frandson et al., 2015). Bølviken et al. (2015) ser også buffere som nødvendig i prosjekter med stor variabilitet, slik at stor variasjon krever økt bruk buffere. Av Dlouhy et al. vurderes ni ulike typer buffer som et resultat av 100 studerte prosjekter. Felles for buffertypene er at de kan plasseres inn i fire ulike former; tidsbuffer, kapasitetsbuffer, områdebuffer og planbuffer (Frandson et al., 2015).

### **Tidsbuffer**

Tidsbuffer er en mekanisme for å innstille tiden som er satt til rådighet. Så langt det lar seg gjøre er dette en justering som forsøkes unngått. Av Frandson et al. (2015) begrunnes dette med at taktproduksjon som metode er sårbar om man begynner å skyve på aktiviteter eller får forsinkelser.

## **Kapasitetsbuffer**

I motsetning til tidsbuffer er dette en buffer som taktproduksjon benytter i stor grad. Frandson et al. (2015) knytter kapasitetsbuffer til taktvognenes bemanningskapasitet. Utviklingen av denne type buffere skjer ved å estimere bemanningen basert på en lavere produksjonsrate enn det normale estimatet ville tilsi (Vatne, 2016). Optimalt peker Frandson et al. på en vognkapasitet på 70 til 80 prosent av den maksimale kapasiteten, slik at det finnes handlingsrom å justere i.

## **Områdebuffer**

For prosjekter med både liten og stor variasjon blir det ofte satt av områdebuffere. Dette er områder i taktplan som er satt av til produksjon når det oppstår ledig kapasitet. I en taktplan kan det gjenkjennes som blanke rubrikker. Typisk oppstår dette hvis en produksjonsenhet har forsert vognens avsatte takttid eller det er forsinkelser mellom arbeidspakkeovertakelsene. Hensikten med buffertypen er unngå innstilling av bemanningen ved å ha produksjonsklare områder tilgjengelig (Frandson et al., 2015).

## **Planbuffer**

Som tidligere nevnt er prosjektenes taktproduksjon som regel vært knyttet til utvalgte deler av produksjonen. For produksjon som går utenfor taktplan refereres det ofte til planbuffere. Justeringsmekanismen har den samme hensikten som områdebuffere, unngå innstilling av bemanning om det er kapasitet tilgjengelig. Planbuffere er på samme måte som områdebuffere ikke avhengig av en kontinuerlig arbeidsflyt.

## *Hybridvogner*

Basert på Binninger et al. (2017b) og informasjon<sup>8</sup> fra Veidekke vil det i systematiseringen av en taktplan oppstå flere mindre arbeidspakker for produksjonsenhetene. For å opprettholde en god flyt i produksjonen, samt redusere den totale tidsbruken til prosjektet, vil hybridvogner kunne være hensiktsmessige. Denne typen vogn inneholder flere arbeidspakker slik at det totale arbeidet samsvarer med vognens kapasitet basert på takttiden. Utfordringen med hybridvogner er at flere fag jobber i samme sone som krever godt samarbeid.

## *Replanlegging*

Gardarsson (2019) viser til at Veidekke ikke har en klar plan for å gjenoppstarte en taktplan som skulle kollapse. Veidekke bør se mot Boldt<sup>9</sup> og Porsche sine metoder og plukke ut de beste prinsippene hos hver enkelt. Gardarsson peker spesielt på Porsche sitt fokus om å eliminere problemer som oppstår underveis. Alt etterhengene arbeid skal fullføres før takttoget restarter med blanke ark. Prosedyrer for å unngå at problemene ikke oppstår igjen defineres ikke av Porsche. Replanleggingsprosedyre er derimot noe Boldt fokuserer på. Problemene identifiseres, omfanget vurderes, og tilgjengelige verktøy skal løse problemene slik at de ikke oppstår igjen. I samsvar med Binninger et al. (2017b) er Boldts prosedyrer å replanlegge vognrekkefølgen,

---

<sup>8</sup> I presentasjonen «Takt kortpresentasjon, Veidekke» tilsendt av eksternt veileder.

<sup>9</sup> *The Boldt Company* er et amerikansk entreprenørselskap med fokus på Lean (Gardarsson, 2019).

takttiden, eller endre sonene. Boldt tar også aktiviteter ut av takten dersom problemet er for omfattende. Alle replanleggingsprosedyrer skal utvikle et mer robust takttog videre.

### *Standardisering og variasjon*

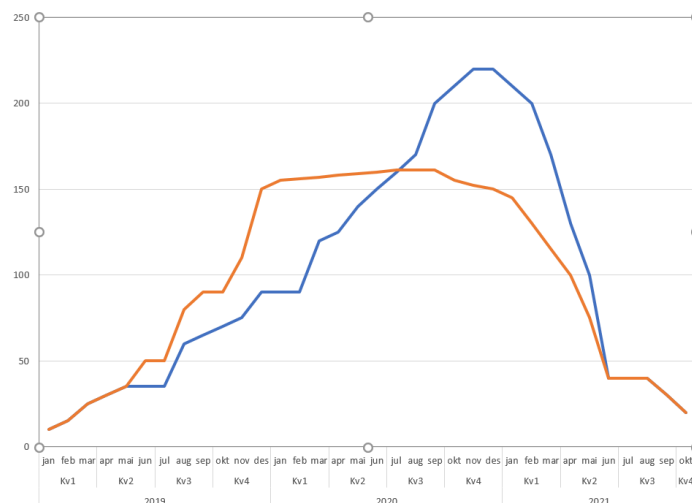
Implementering av standarder for å sikre en jevn produksjon basert på omforent beste bransjepraksis er standardisering av prosessene. Hensikten er å gi kvalitet over tid ved fjerning av variasjon. Linnik et al. (2013) gjennomførte en studie som analyserte et taktprosjekt bestående av arbeidsprosesser som i stor grad var ikke-repeterbare. Prosjektet fant det svært vanskelig, om ikke umulig å definere soner med tilsvarende mengder arbeid. Konsekvensen av det ga prosjektet et kapasitetstap ved et frafall i bemanningen, samt en opplevelse av lite flyt i produksjonen. At taktproduksjon er sårbar for variasjoner underbygges også av studien til Vatne & Drevland (2016).

### *Kontroll av kvalitet og ytelse*

Kontroll- og kvalitetssikring av ytelse, ansvar og oppfølging gjøres i byggebransjen via flere ulike teknikker. Felles for teknikkene er at de er planlagte og systematiserte for å sikre at arbeidet samsvarer med bestillingskravet (Jonsson, 1996). I forbindelse med overleveringer mellom produksjonsenhetene påpeker Kalsaas et al. (2014) at denne sekvensen egner seg til å utføre kontroll av kvalitet. Gitt en takttid på fem dager vil det sørge for jevnlig kontroll som reduserer faren for replanlegging, og det vil lettere kunne gjøres justeringer for endrede forutsetninger.

### *Bemanning*

Med taktproduksjon er tanken å oppnå en flat og jevn bemanning som vist i Figur 3.6. Metodens gode forutsigbarhet for fremtidig arbeid gir grobunn for jevnere bemanningstrykk gjennom hele prosjektet. Sammenlignet med en tradisjonell bemannings-topp inn mot, vil en jevnere bemanning gjøre det enklere å fordele ressursene i prosjektene (Frandsen et al., 2015; Vatne, 2016).



Figur 3.6: Jevn bemanning (oransje) mot høy bemannings-topp (blå), (Hentet fra «Takt kortpresentasjon, Veidekke»).



I påfølgende resultatkapittel vil Veidekkes taktproduksjon komme enda mer til uttrykk gjennom beskrivelser og erfaringer ved planlegging og -gjennomføring av takt på Ruseløkka skole.

## 4 Resultater

*Oppgavens forskningsspørsmål er: 1. Hvordan er planlegging og gjennomføring av takt utført på Ruseløkka-prosjektet, 2. Hvilke erfaringer er det fra planlegging og gjennomføring av takten og 3. Hva bør gjøres annerledes for å forbedre senere taktprosjekter. I denne delen av prosjektoppgaven presenteres resultater tilknyttet de tre forskningsspørsmålene ut ifra gjennomført case-studie med intervju- og dokumentstudier, og andre informasjonskilder. Resultatbesvarelsen vil være strukturert etter forskningsspørsmålenes rekkefølge.*

### 4.1 Utførelse og erfaring ved taktmetoden på Ruseløkka

I delkapitlet gjengis resultatene som er tilknyttet forskningsspørsmål 1 og 2 i prosjektoppgaven. *Utførelse og erfaring* i forbindelse med taktplanlegging og -gjennomføring beskrives ut ifra:

- 1) Ruseløkka som prosjekt
- 2) Soneinndeling
- 3) Vognsystemet
- 4) Bemanning

med et spesielt fokus rett mot mekanismene *standardisering og variasjon, buffere, kontroll og kvalitet, og replanlegging.*

Punkt 1) *Ruseløkka som prosjekt* fokuserer på et annet sett elementer enn mekanismene nevnt over. Felles for alle elementer og mekanismer i resultatgjengivelsen er at informasjonen er fokusert og relatert mot takt. Andre deler utenfor prosjektets taktmetode nevnes kun der det vurderes hensiktsmessig.

### 4.1.1 Ruseløkka skoleprosjekt

Case for oppgaven er Veidekkes (VD) skoleprosjekt på Ruseløkka som bestemte bruk av taktmetode for innvendige arbeider i perioden januar/februar 2019. VD står som totalentreprenør til prosjektet. Oppstart av taktproduksjonen ble igangsatt februar/mars 2020, og er blitt slutført høsten 2020.



Figur 4.1: Ruseløkka skoleprosjekt. Bygges av Veidekke for Oslo kommune, (Hentet fra "Presentasjon taktplan Ruseløkka").

#### *Taktoppstart*

For Ruseløkka kom takt inn i bildet ved at utviklingsgruppen i VD ønsket å se på takt i skolebygg eller forretningsbygg. Henvendelsen kom i oppstartsfasen av prosjektet, rett etter tildeling. Ingen i funksjonærstaben, ei eller teknisk underentreprenør (TUE), hadde benyttet taktmetoden tidligere. For forankring av prosess og engasjement hos funksjonærer, i tråd med Ballard (2000) og Frandson et al. (2015), gjennomførte utviklingsansvarlige i VD en presentasjon av taktmetoden. Det samme ble gjort overfor TUE etter innkjøp. Standardisering av produksjonen med taktmetode ble av utviklingsansvarlige antydnet å ha et potensial på 30 prosent besparelser ved god og rasjonell drift. Innsalg og praktisk gjennomføring av taktmetoden ble eksemplifisert via VD sitt pågående prosjekt på Ulven Bolig.

Intervjuobjektene forteller at de satt med en følelse av å ha kommet tidlig i gang med taktmetoden via det fremstilte forankringsarbeidet. Ved at utviklingsansvarlige kom inn tidlig i prosjektet erfarte funksjonærene at de ble motiverte for arbeidsmetoden. På tross av en følelse med tidlig oppstart av takt, uttaler et av intervjuobjektene: «Siden vi ikke hadde noe erfaring hjalp det ikke å komme tidlig i gang med prosessene». Uttalelsen beskriver et tidlig tidspunkt i planleggingen som er knyttet innkjøp og kontrahering av TUE. Uten tidligere erfaring fra takt visste ikke funksjonærene i klartekst hva de skulle presentere eller spørre om under innkjøps- og kontraktsforhandlingene.

I ettertid av prosjektet er det høstet erfaringer som gir klarhet i hva VD ønsker fra underentreprenørene, samt hvilke detaljer som bør kontraktsfestes mellom VD og underentreprenører i taktprosjekter. Erfaringene og detaljene knyttet til henholdsvis ønsker og kontraktsutforming, presenteres i de aktuelle kapitlene som følger under.

### *Involverende planlegging*

Taktplanleggingen i prosjektet ble konkret seks til syv måneder før taktproduksjonens oppstart 27. februar 2020. I innledningen av denne perioden fortsatte VD bearbeidelsen av spesielt TUE for forankring av taktprosesser og eierskap til prosjektet gjennom oppstartseanser for IP. Siden TUE som nevnt heller ikke var kjent med takt, ble det utarbeidet et planutkast for soneinndeling og vognsystem til å diskutere utvikling av taktplan rundt. Utkastet tok utgangspunkt i Ulvenprosjektets fem dagers takttid med hensyn til soner og vogner. Det var Ruseløkkas funksjonærstab som hadde utarbeidet utkastet slik de så det hensiktsmessig på det stadiet.

Møtene i perioden baserte seg på prinsippene for IP og bestod blant annet av flere seanser med lappeteknikk. The Last Planner™ (i form av basene hos TUE) hadde på forhånd utarbeidet arbeidspakker til vognene, samt estimert tid og bemanning i relasjon med skissert takttid. Det for å *samle informasjon* til utvikling av taktplan. Basert på basenes arbeid ble soner og vognrekkefølger justert i planutkastet. Planlegging av bufferaktiviteter og en senere omtalt overtakelsesprotokoll foregikk samtidig med utvikling av taktplan.

Hyppigheten av IP-seanser var på tre til fire uker frem til en taktplan var konkretisert og klar for testing som en del av å *forstå varighet og planlegge produksjon*. Testperioden var ved taktproduksjonens oppstart 27. februar og frem til påske. Møter oppstart var tradisjonelle fremdriftsmøter for kontroll av drift med en hyppighet på annenhver eller hver uke. I starten av seks til syv måneders-perioden begrenset de involverte seg til å være representanter fra VD sin funksjonærstab og TUE. Som flere fag ble kontrahert, deltok disse på møtene med hensikten at alle involverte aktører skal være deltagende i planutviklingen (Ballard, 2000; Frandson et al., 2015). Med en økt detaljeringsgrad i utvikling av taktplanen så funksjonærene at det heller ikke var tilstrekkelig med bare TUE involvert.

I forbindelse med IP erfarte funksjonærene at TUE skulle vært kontrahert tidligere for i større grad kunne påvirke prosjekteringsgrunnlaget. Som et av intervjuobjektene understreker: *«Taktplanleggingen må planlegges tidlig, tidligere enn vanlig fremdriftsplanlegging, nettopp for å ha det med i prosjekteringen»*. For Ruseløkka ble planutkastet som dannet hovedgrunnlaget for prosjektering utviklet av funksjonærstaben, og ikke i samarbeid TUE. Den sene kontraheringen av TUE, med påfølgende lite spillerom for deres påvirkning på prosjekteringsunderlaget, ble av et intervjuobjekt tilskrevet funksjonærenes manglende erfaring med taktmetoden. Som nevnt handler dette om hva VD ønsket seg av nettopp underentreprenørene og en mangel på noe å presentere til TUE. Disse to momentene utsatte kontraheringen. Tross erfaringen tilknyttet sen kontrahering, ble basene fra TUE i prosjektet bestemt tidlig – tidligere enn normalt. Et av intervjuobjektene uttaler dette: *«Basene ble valgt inn tidlig fra firmaene våre og var med å engasjere seg i prosessen. Så de fikk godt eierskap til det. Det lyktes vi bra med. Det er ikke alltid at UE har basene eller formennene klare så tidlig, for vi holdt på et halvt år før vi startet opp produksjon»*.

Viktigheten av å få basene inn tidlig, og den kontinuiteten i arbeidet det bringer, løftes opp av intervjuobjektene som nyttig erfaring. Bakgrunnen for at de kontraherte TUE valgte inn basene deres så tidlig er beskrevet som at firmaene prioriterte prosjektet høyt – det hadde status. Formidling og forankring av taktmetode og eierskap erfares også for å ha bidratt til motivasjonen hos leverandørfirmaene.

### *Forutsetninger*

Beliggenheten til prosjektet er i sentrum av Oslo og for logistikken er dette utfordrende. I mangel på lagringskapasitet ble det planlagt forsyning av materialer i koordinasjon med taktproduksjon. Det innebar ingen lagring av materialer på byggeplass, og som en konsekvens av det måtte materialet tilhørende arbeidspakken leveres direkte inn til arbeidssonen. Kalkuleringer på hvor mye material hver arbeidspakke hadde behov for ble utarbeidet. Gitt mengde ble fraktet inn torsdag eller fredag uken før arbeidspakkene tredde i kraft. Ved forsinkelser eller ved arbeidspakker som krevde mye materiell, ble det åpnet opp for supplerende inntransport i påfølgende uke. Vareleveransene ble koordinert detaljert, og i planleggingen av rigg ble det prioritert mange og oversiktlige angrepspunkter for disse.

Stillasmontering for prosjektet ble kontrahert som en totalentreprise for å sikre at et firma hadde ansvaret for å supplering og oppfølging av angrepspunkter til bygget. I prosessen for tildeling av stillasarbeidet, ble aktuelle aktører samlet til et møte for informasjon om prosjektet og taktmetoden. I etterkant kom de tilbake med løsning og anbud der; pris, nøkkelpersoner og løsning var avgjørende for tildeling av stillasarbeidet.

I forbindelse med Ruseløkkas forutsetninger erfarte funksjonærene at forsyningsløsningen fungerte uten nevneverdige forsinkelser. Sammenlignet med tidligere prosjekter opplevde funksjonærene prosjektet som mer ryddig enn normalt. Prioritert oppfølging av rigg for å sikre tilkomst av varer trekkes frem som god og nyttig erfaring. I erfaringsutvekslingen som ble gjennomført på Ruseløkkka i september, bringes totalentreprisen av stillasarbeidet frem som en suksessfaktor for at vareleveransen til arbeidspakkene fungerte såpass godt. Kommunikasjon med et firma og deres utnevnte ansvarlige for prosjektet var oversiktlig og direkte. Stillasene var i takt med utviklingen av bygget, og responderte raskt på endringer og ny informasjon.

### *Kvalitet og ytelse*

For kontroll av ytelse og kvalitet var det i forbindelse med takten planlagt og tiltenkt en overtagelsesbefaring underentreprenørene imellom. Befaringen skulle finne sted på torsdager i hver arbeidssone hver uke. De involverte i befaringen var tiltenkt å være arbeidene og etterfølgende produksjonsenhet til den gitte sonen. Under befaringen ble det utarbeidet en protokoll med relevant informasjon om hva som var ferdigstilt og ikke. Som påpekt av Kalsaas et al. (2014) ble kvalitet også vurdert i overtagelsesbefaringen. I praksis fungerte befaring og protokollføring kun når VD sine ansatte var involvert i form av funksjonærer eller egne fagarbeidere. Dette var de grove trekkene tilknyttet overtakelsespraksisen, videre utdypning gis i resultatene for vognsystemet.

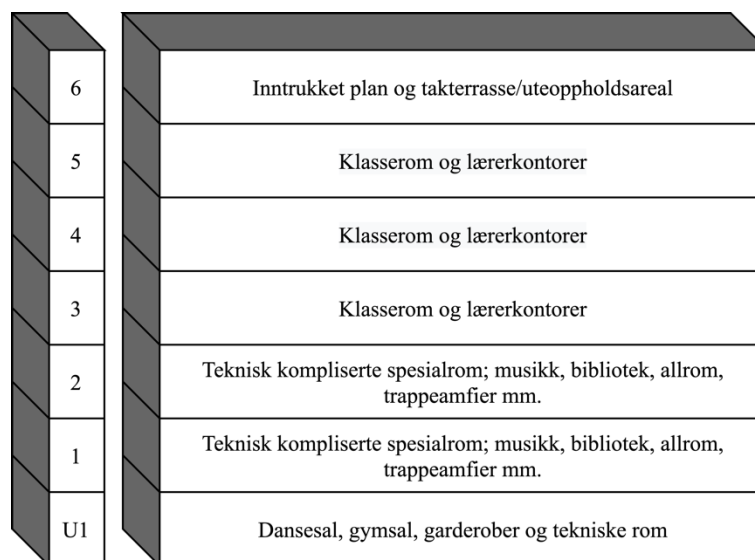
Potensialet for overtagelsesbefaringer med hensyn til kontroll av ytelse og kvalitet ble erfart å være stor. Intervjuobjektene henviser til befaringene som faktisk ble gjennomført og god lærdom fra disse. Protokollene inneholdt relevant informasjon over fremdrift og driftsutfordringer samt kvalitet. Med den informasjonen kunne funksjonærene gripe inn ved behov.

### *Helse, miljø og sikkerhet*

Dette er et aspekt som er med fra prosjektets oppstart til slutt uavhengig av taktmetode eller ikke. Planleggingen av takt vurderte derfor ikke *taktspesifikke* momenter knyttet HMS. Ved gjennomgang av dokumenter og intervju er det likevel hensiktsmessig å trekke frem signaler som ble gitt angående taktproduksjon av underentreprenørene. Basert på intervjuobjektens svar har TUE uttrykt i positive ordelag om forutsigbarheten til faste soner og mengder. Baser uttrykte spesielt begeistring for taktsystemet og oversikten det ga. Sykefraværet ble av intervjuobjektene formidlet til å være tilnærmet normalt, uten noen form for signaler om økt stressfaktor ved metoden. Koronarelaterte sykefravær er en stor usikkerhet som ikke er behandlet i denne sammenheng. Erfaringen om et ryddigere prosjekt enn normalt ble trukket frem som et positivt bidrag til forebygging av personskader.

#### 4.1.2 Soneinndeling

Ruseløkka er bestående av syv etasjer inkludert kjeller. I de neste kapitlene er det nyttig å kjenne til etasjenes innhold som er presentert i Figur 4.2.



Figur 4.2: Etasjeinnhold Ruseløkka Skole, (Egenprodusert).

### *Standardisering og variasjon*

For en fungerende taktplan må soneinndelingen av bygget være så lik som mulig i arbeidsmengde (Linnik et al., 2013). For stor variasjon mellom de ulike sonene gjør takten sårbar for flyt i produksjonen (Vatne & Drevland, 2016). På Ruseløkka ble soneinndelingen

varierende mellom etasjene. Fullstendig oversikt over soneinndelingen og hvilke rom som tilhørte de ulike sonene ses av vedlegg A og B. Etasjene med to soner (3. til 6.etasje) hadde stor likhet basert på omfang per arealstørrelse. Likheten fremkom av mange standardiserte<sup>10</sup> rom uten å være teknisk kompliserte. Der det er tre soner (U1 til 2.etasje) skyldes inndelingen hyppigheten av spesialrom. Sonens størrelse og omfang planlegges til å samsvare med fem dagers taktid, og med varierende og flere tekniske løsninger i spesialrommene var det behov for flere soner. Arbeidet i disse sonene ble kjennetegnet av flere innslag med enkeltaktiviteter<sup>11</sup> som ble plassert inn i sonens aktuelle tog etter hvert som aktivitetens aktør ble kontrahert.

Før planleggingen med TUE skisserte VD en løsning med tre soner for 3. til 6.etasje og fire i de mer kompliserte etasjene under. Det skisserte planutkastet ble i starten av prosjekteringsfasen benyttet som en del av prosjekteringsgrunnlaget siden TUE ikke var kontrahert på det tidspunktet. Under IP-seansene så flere av underentreprenørene soneinndelingen problematisk med hensyn til føringer som ikke ville bli fullført. Med det siktes det til for eksempel kabelkveiler fra elektro som blir liggende i randen av sonen siden soneinndelingen avgrenset mulighet til å fullføre føringene. Soneinndelingen ble derfor justert i arbeidet med å *definere soner* og løsningene ble som beskrevet i avsnittet over (illustrert i vedlegg B). Justering av sonene krevde at elektro i samarbeid med RIE endret retningen på føringene så det samsvarte med resten av TUE. Elektro arbeider normalt horisontalt med føringene, mens ventilasjon og rør typisk jobber vertikalt. Den prosjekterte løsningen ble basert på vertikale føringer.

Selv om VD er kjent med arbeidene som skal gjøres i et slikt prosjekt, erfarte de at det de trodde var en god soneinndeling raskt ble forkastet i IP-seansene. Et av intervjuobjektene uttalte: «*RIE og elektro-entreprenøren fikk endret på retningen sin. Det var et resultat av å starte tidlig med soneinndelingen. Det er en veldig nyttig erfaring å ha med seg og må til i et så komplisert bygg*». Med tidlige avklaringer rundt soneinndelingene oppnådde man at endringene ble en del av det prosjekterte underlaget for produksjon. At dette gikk til beskrives som tilfeldig, men erfaringene i etterkant er verdifulle. Med TUE enda tidligere kontrahert vil deres løsninger og synspunkter i større grad bli tatt høyde for i prosjekteringen.

3.etasje og oppover hadde fungerende soner erfart opp mot den gode flyten for produksjon i dette området. Intervjuobjektene trekker frem de repeterende arbeidsprosessene og få enkeltaktiviteter som skulle inn som to av grunnene. På generelt grunnlag erfarte de i tillegg at flyten som oppsto i denne delen av produksjonen frigjorde tid til å følge opp andre deler av prosjektet. Et intervjuobjekt uttalte: «*50 prosent av bygget går ganske greit, og det gjør at vi kan holde mer fokus på den andre delen*». For de mer varierte etasjene ble sonene for ulike i innhold basert på ikke-repeterbare arbeidsprosesser og mange enkeltaktiviteter i sonene. Flere fag og mer aktivitet i sonene, ble av intervjuobjektene nevnt som utslagsgivende for forsinkelser i disse etasjene.

---

<sup>10</sup> Med standardiserte rom menes rom som går igjen flere ganger i prosjekter. Klasserom eksempelvis.

<sup>11</sup> Enkeltaktiviteter er av et intervjuobjekt i prosjektoppgaven forklart som småjobber med tidsramme vesentlig kortere enn taktiden for vognene. Typisk aktiviteter tilhørende spesialfag som f.eks. installasjon av skyvedør.



## Buffere

På Ruseløkka ble det planlagt bruk av planbuffere i form av; tekniske rom i kjeller og 1.etasje, og to sjakter gjennomgående alle etasjer. Det går frem av intervjuene at planbufferne hadde oppstart 1. desember 2019, tre måneder før oppstart taktproduksjon. Av et intervjuobjekt ble grunnen til dette forklart: «*Tidlig prioritering og ferdigstilling av tekniske rom og sjakter er hensiktsmessig for taktens senere arbeider da føringer tar utgangspunkt herfra*». Selv om planbufferne var av høy prioritet, ble det i noen tilfeller forsinket ferdigstilling som påvirket etterfølgende arbeider. Arbeidspakker med grensesnitt mot sjaktene var spesielt utsatte for forsinkelsen.

Områdebuffere var ikke tiltenkt og planlagt på forhånd, men ble til underveis i taktproduksjon. To områder over to etasjer; kunnskapstrapp i 1. og 2. og amfi i 5. og 6., og i tillegg et teknisk komplisert datarom, ble tatt ut av opprinnelig taktplan og kjørt som egne soner. Områdebufferne fulgte ikke det rigide takttoget basert på avsatt tid i like stor grad, men rekkefølgen på produksjonsenhetene var tilnærmet lik som i den opprinnelige taktplan. Av et intervjuobjekt ble de nevnte områdebufferne betraktet som: «*... tatt ut av taktplanen i en form for separate soner som levde et liv utenfor*». Av vedlegg B fremgår områdebufferne som blåfarget i soneinndelingen.

Planbuffernes forsinkede ferdigstilling blir beskrevet som undervurdering av tiden det tok å fullføre det teknisk kompliserte arbeidet i bufferne. Av samme intervjuobjekt som påpekte hensiktsmessigheten av å få sjaktene tidlig ferdig, erfares det at sjaktene burde vært kjørt ferdig før taktproduksjonen ble satt i gang. Sjaktene som kan betraktes som ryggraden til TUE sine føringer, bør være på plass for å begrense risikoen for forsinkelser.

For områdebufferne er det erfart at rom over to etasjer er utfordrende å bake inn takten. Grunnen er stillasene som kreves av høyden, og hvor disse da blir stående i veien for andre arbeider. Med bruken av områdebuffere erfarte likevel funksjonærene litt mer fleksibilitet i driften. Bemanningen kunne flyttes til disse områdene ved påvente av forsinkelser på deres opprinnelige område. Siden det var stillaser stående i sonene krevdes det noe ekstra planlegging og en viss rokering av rekkefølgen til produksjonsenhetene. Avgjørelsene ble tatt underveis og ble erfart til å fungere nokså bra.

## Kontroll og kvalitet

Soneinndelingens kontroll og kvalitet presenteres i sammenheng med vognsystemet.

## Replanlegging

I månedene før oppstart av taktproduksjon var den tydeligste replanleggingen å omstrukturere planutkastet for soneinndeling fra tre og fire soner til henholdsvis to og tre. Planleggingsfaser kjennetegnes av denne type endringer, og det følger av LPS (Frandsen et al., 2014), IP (Bølviken et al., 2014) og itereringsprosessene i det å *definere soner* i VD taktplanutvikling (se Figur 3.5). For produksjonsfasen var replanlegging av soner knyttet til utskillelsen av områdebuffere. Konsekvensen ble to soner (markert blå i vedlegg B) og et datarom som gikk separat fra taktplanen.



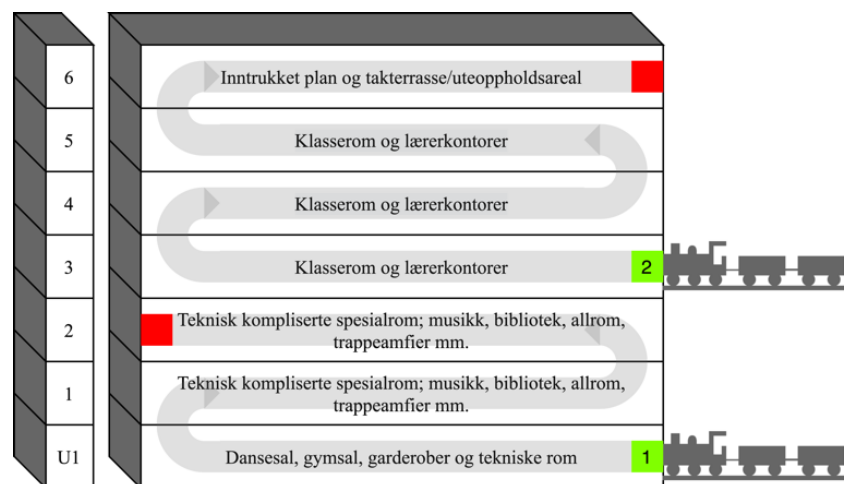
Som det også ble nevnt under erfaringene for IP (kapittel 4.1.1) burde TUE vært kontrahert på et tidligere tidspunkt i tilknytning til planlegging av soneinndeling. Intervjuobjektene peker på at omstruktureringen av soneinndelingen ville vært påpekt før, og dermed tidligere tatt del i utviklingen av det prosjekterte underlaget. Øvrige erfaringer er at de utskilte områdebufferne ble erfart til å gi god fleksibilitet i prosjektet. Ved behov for sysselsetting av bemanning som ble rammet av forsinkelser i eksempelvis sjaktene, var dette egnede områder de kunne arbeide på.

### 4.1.3 Vognsystemet

#### *Standardisering og variasjon*

Vognsystemet på Ruseløkka er bestående av to tog gående samtidig, ett for etasjene med to soner og ett for etasjene med tre soner (illustrert i Figur 4.3). Hvert tog ble planlagt og gjennomført med 21 vogner, hvorav seks vogner var planlagte hybridvogner. Valg av hybridvognene skyldes at det ble vurdert mer effektivt å la to fag gå sammen med hensyn til hvert av fagenes enkelte arbeidspakke. Internt mellom fagene ble de enige om hvordan de skulle løse arbeidet i hybridvognene. Ytterligere informasjon om rekkefølge, innhold og retning knyttet de to ulike togene er lagt ved som Ruseløkkas taktplan i vedlegg A.

Valget på to like vognsystem var en konsekvens av tidsrammen som var satt av til ferdigstillelse, samt praktiske hensyn knyttet variasjonene i prosjektet som ble tydeliggjort ved soneinndelingen. Takttiden for vognene ble satt til fem dager for det praktiske med å følge en ukesekvens for oversikt og forutsigbarhet.



Figur 4.3: Vognsystemene for taktproduksjon, (Egenprodusert).

Generelt var taktproduksjonen for etasjene med standard klasserom og lærerkontorer i god flyt. Tog 2 hadde lite innslag av enkeltaktiviteter som følge av færre teknisk kompliserte løsninger. Produksjonsflyten for de mer varierte etasjene, fra U1 til 2. etasje med rominnhold illustrert i



i driften, eller justere taktplanen om det fremstod nødvendig etter de innledende ukene. Tidsbufferen ble i gjennomføringen benyttet til ajourføring og bemanningsjustering hos TUE. Bufferen i uke 29 og 30, som en del av fellesferien, ble ikke formidlet ut til underentreprenørene. Det var tiltenkt som Veidekkes handlingsrom inn mot kontraktsfestet milepælsdato. Med voksende forskyvninger i taktproduksjonen utover våren ble det klart at ukene ble brukt til ajourføring av driften.

Erfaringene fra gjennomføringen er at uten uke 15 som innhentingsperiode, så ville vognsystemet allerede etter fem uker vært ute av takt. Skulle vognsystemenes løp da vært avsluttet ved kontraktsfestet milepæl ville også denne blitt overskredet. Med de uønskede forsinkelsene erfarte funksjonærene at tre uker med tidsbufferer var helt avgjørende for å holde taktplanen noenlunde ved hevd inn mot milepælen *mekanisk ferdigstillelse*.

### *Kontroll og kvalitet*

Det ble planlagt en overtakelsesbefaring og -protokoll som skulle finne sted mellom produksjonsenheten i sonen og den etterfølgende hver torsdag. Protokollen bestod av en sjekklister på hva faget i sonen skal levere, og hvordan neste fag vil ha det. Den planlagte hensikten var at dette skulle ordnes internt mellom nåværende og etterfølgende fag, og i tillegg bidra til kvalitetssikring av arbeidet. Planen legger opp til 19 overtakelser hver uke og muligheten for hyppige kvalitetssikringer var til stede. I gjennomføringen ble protokollføring og referat kun fulgt opp der VD var tilstedeværende med egne ansatte i form av fagarbeidere eller funksjonærer. I flere fag på prosjektet ble det praktisert svenskeuer<sup>12</sup> som i tillegg gjorde at mange var reist fra prosjektet ved overtagelser torsdag. Fra funksjonærhold ble det jobbet hardt for at underentreprenørene skulle følge opp overtakelsesprotokollen, men det ble ikke tatt til etterretning. I firmaene der svenskeuer ble praktisert skulle det være bemanning som fulgte femdagersuker, men de som var til stede store deler av torsdag og fredag var ufaglærte og kunne ikke ta del i overtakelsen. Funksjonærene selv hadde heller ikke ressurser til å følge opp 19 overtakelser hver uke.

Overtakelsesprotokollene som ble gjennomført ga god informasjon om fremdrift og eventuelle driftsproblemer. Gjennomførte protokoller var likevel i klart mindretall. Prosjektets intervjuobjekter nevner samtlige svenskeuken som et problem knyttet til de få gjennomførte protokollene. Med overtagelser på torsdager var enten de ansvarlige reist hjem, eller så var de *«så godt som reist hjem»* som et intervjuobjektene forklarer. I et forsøk på å fremskynde overtakelsene til tidligere på dagen for å få med de hjemreisene, ble det erfart at arbeidene sjeldent var klar for overtakelse. Det ga derfor ingen positiv effekt. Fra erfaringsutvekslingen ble det nevnt at kontroller som overtakelsesbefaring bør inn i kontrakt med underentreprenørene slik at firmaene kan belastes med mulkt dersom de ikke følger opp protokollføringen. Av et intervjuobjekt reflekteres det over lengre taktid i denne sammenheng: *«to ukers taktid kunne vært interessant for noen av vognene slik at det ble færre overtakelser»*. Spesielt ble dette nevnt i forbindelse med tømmerarbeider, som i stor grad var praktiserende av svenskeuer.

---

<sup>12</sup> Arbeidsuke gående fra mandag til torsdag formiddag forklart av intervjuobjektene.

## Replanlegging

I planleggingsfasen av taktplanen var kun TUE kontrahert til prosjektet. De er styrende for prosjektet, så stammen i taktplanen skulle uansett være tilknyttet deres arbeider. Replanlegging av vognsystemet ble gjennomført ved nye leverandørkjøp, da i hovedsak med etablering av hybridvogner. I kontraktsforhandlingene ble nyinnkjøpte bundet til å følge taktplanen som var utviklet til det stadiet, så store omstruktureringer utover hybridvognenes etablering uteble. Arbeidet til de nylig kontraherte fagene ble plassert hensiktsmessig i vognsystemet, og der nye hybridvogner oppsto ble tekniske fag varslet om at vognen ville bli bestående av flere fag.

I etterkant av utvikling av taktplanen med TUE, erfarte funksjonærene at replanleggingen av taktplanen ved nye leverandørkjøp gikk mer smidig enn med TUE. «*Utgangspunktet med en relativt godt etablert taktplan i forhandlingene med de mindre fagene gjorde det oversiktlig å plassere arbeidet deres i takten*», ble det forklart av et intervjuobjekt. Gjennomføringsfasen innebar ingen fullstendig stopp av togene, men forskyvninger oppsto underveis, og spesielt bufferen for fellesferien ble tatt i bruk.

### 4.1.4 Bemanning

#### *Standardisering og variasjon*

Som et resultat av takt som metodebruk vil prosjektet planlegges til å ha en flat bemanning i henhold til ressursfordeling beskrevet av Frandson et al. (2015). I taktens planlegging og gjennomføring er bemanningen blitt justert av underentreprenørene selv. VD blandet seg ikke inn utover å stille krav til å ha en ansvarlig bas for fagene på prosjektet.

Den uforutsette koronapandemien rammet prosjektets drift og derav bemanning. Tapt drift skulle tas igjen med økt bemanning, og ved stabiliseringen av pandemien var det oppe i 150-160<sup>13</sup> arbeidere på plassen rundt tidsbufferen i uke 15. I innkjøringsfasen av taktproduksjonen opplevde de tekniske fagene at de hadde undervurdert arbeidsmengden, slik at bemanningen ble relativt kraftig oppjustert i denne perioden.

Med hensyn til pandemien som oppstod oppfattet funksjonærene at taktens flate bemanning periodevis uteble. Dette skyldes ikke taktmetoden i seg selv, og forblir i den sammenheng en faktor utenfor relevansområdet. Av et intervjuobjekt antydes det likevel en erfaring om jevnere bemanning: «*Vil si at vi har vært 120 håndverkere det siste året med mest trykk*». Grunnen til dette forklares med taktens rigide og klare arbeidsoppgaver langt frem i tid. Ferdigstilling av vognenes arbeidspakker vil foregå hver uke, noe som gjør at fagene vanskeligere kan sjonglere mannskap ut til andre prosjekter. Prosjektets status trekkes også frem som en erfaring på hvorfor bemanningen oppfattes nokså stabil. Firmaene prioriterte mannskap til Ruseløkka.

#### *Buffere*

For bemanning er kapasitetsbuffere, for å kompensere for variasjoner i produksjon og uforutsette hendelser, den vanligste bufferen. Det var ingen direkte systematisering av kapasitetsbuffere i planleggingen av takt på Ruseløkka. Underentreprenørene tok ikke høyde for nevnte variasjoner og hendelser, og planlagt bemanning klarte ikke fullføre arbeidspakken

---

<sup>13</sup> Dette er tall presentert av intervjuobjektene i prosjektoppgaven.

som tiltenkt i det som var innkjøringsfasen for taktproduksjonen (fra 27. februar til påske). Bemanningen ble justert opp som nevnt i delkapitlet over. I den videre taktproduksjonen, med hensyn til bemanning, var det ingen annen form for buffer benyttet. Prosjektets funksjonærer sjonglerte likevel med forseringer av arbeid og tjuvstarter på soner for å sikre at fagene ikke ble stående i lediggang.

På erfaringsutvekslingen ble innkjøringsperioden presentert som en nyttig erfaring i prosjektet. Justering av kapasitet vil som regel alltid forekomme, men en ekstra oppmerksomhet knyttet til dette i oppstarten av taktproduksjon var god lærdom. Med tanke på at underentreprenørene ikke var kjent med taktmetoden var det ikke annet å forvente at justeringer måtte til. Håndtering av ledig kapasitet som oppsto ved forseringer eller lediggang, ble tatt underveis. Et av intervjuobjektene forklarer: *«når det begynte å lugge litt i takta i andre etasjer så hadde vi en underetasje som folk kunne gå til for plassering av folk eller ha bufferaktivitet. Men dette ble avtalt underveis i prosjektet og ble på en måte til på veien»*. På den måten erfarte funksjonærene at det alltid vil dukke opp bufferområder underveis som er egnet til å plassere ledig mannskap.

### *Kontroll og kvalitet*

Bemanningen er justert av underentreprenørene selv, og utover gjeldene regelverk for arbeid i Norge ble det ikke lagt noen føringer på personellet de stilte til disposisjon. Eneste krav fra VD var at fagene skulle ha en oppnevnt bas eller formann på prosjektet til enhver tid. Detaljer knyttet til eksempelvis lærlinger er ikke behandlet i denne sammenhengen.

Erfaringen knyttet bruk av svenskeuken ble også her trukket frem som en utfordring. Ansvarlige baser dro hjem torsdag formiddag, som resulterte i en og en halv dag som vek unna kravet om at disse skulle være på prosjektet til enhver tid. Den praktiserende svenskeuken strakk ikke til for å holde en jevn og god dialog. Det resulterte i at problemer som oppstod sent i uken ikke ble behandlet før mandag/tirsdag neste uke og forsinkelser oppstod.

### *Replanlegging*

Knyttet til bemanning er det innkjøringsfasen som ga utgangspunktet for replanlegging av vognenes bemanning. Erfaringer til dette er diskutert tidligere. Følger av koronapandemien resulterte også i en replanlegging under produksjonen, men dette faller utenfor takt som metode og behandles ikke ytterligere.

## 4.2 Forbedringer til senere taktprosjekter

Resultater tilknyttet forskningsspørsmål 3 presenteres i dette delkapitlet. *Forbedringer* eller *fokusområder* for videre arbeid med taktmetoden i skoleprosjekter vil bli fremlagt punktvis. For hvert punkt følger en utdypende forklaring. Punktene har naturlig nok tilknytning til *erfaringene* fra prosjektet som en del av forrige delkapittel.

### - *Få prosjektert det man trenger til riktig tid*

Gjennom erfaringsutvekslingen på Ruseløkka og intervju av funksjonærer i prosjektet blir utfordringer knyttet til det prosjekterte underlaget nevnt i flere sammenhenger. Spesielt ble kontraheringstidspunktet av TUE trukket frem som en begrensende faktor til at flere av deres løsninger ikke ble en del av prosjekteringen. For å forbedre dette punktet er det selvsagt at TUE må kontraheres tidligere slik at man unngår massiv omprosjektering sent i prosjektene. Den sene kontraheringen ble tilskrevet manglende erfaring på hva VD ønsker av UE ved forhandlingsbordet. Som et av intervjuobjektene understreker i samtaler om forbedringer i lys av liten erfaring: *«Vi jobber jo med å få erfaring. Det vil jo bare bli bedre. Det å få erfaring på de ute, altså UE'ne våres, og forstå hva vi ønsker. Og at vi sjøl forstår helt hva vi ønsker av de ute der, så tror jeg takt er liv laga».*

Tilrettelegging for at underentreprenørene og prosjekterende får komme med sine synspunkter og løsninger vil fremdeles være gjennom bruk av LPS og IP. I relasjon med å få det *prosjektere til rett tid*, må oppstart av IP skje tidligere. Med tidligere siktes det til lengre tid i forveien av oppstart taktproduksjon. Jo lengre tid i forveien kontrahering og planlegging med underentreprenørene finner sted, jo tidligere inn i prosjekteringsarbeidet er det mulig å ha innflytelse.

Siden det er de prosjekterende som legger føringer for planlegging og hvordan de utførende skal produsere, er det nyttig at de involveres i større grad. Av et intervjuobjekt påpekes det at prosjekterende også har en veldig stor rolle i det å få til en god plan. Som forbedring til senere prosjekter bør derfor prosjekterende involveres mer. Som intervjuobjektet sier: *«Tidligere var det mye mer arbeidsprosesser på hvordan man skulle gjøre ting, det kom ofte fra de prosjekterende. Nå så er det tegninger som kommer fra de prosjekterende så løses det på plassen, man har ikke den samhandlingen lengere. Man må få tilbake den litt, og tidlig nok er nok mange tjent med».*

Et spesifikt forslag knyttet til skoleprosjekter vil være å koble på byggherren for å utarbeide en mal for hvordan klasseform skal utformes. UBF<sup>14</sup> som byggherre står ansvarlig for å utvikle og bygge alle undervisningsbygg i regi av Oslo kommune. Ved å sette opp et testklasserom der UBF kan fortelle: *«Sånn vil vi ha det, det er denne kvaliteten vi er ute etter»*, så vil det kunne bidra i en standardisering av prosjekterte løsninger for klasserom. Da frigjøres tid til å ferdigstille andre elementer til rett tid.

---

<sup>14</sup> Undervisningsbygg Oslo KF er et kommunalt foretak i Oslo kommune med ansvar for skolebyggene i Oslo.



### *- Forankre taktprinsipper bedre i innkjøpsprosess og kontrakt*

I forbindelse med overtakelsesprotokollen uttrykte samtlige intervjuobjekter store utfordringer til gjennomføringen av disse. VD sine egne fagarbeidere gjennomførte overtakelsene, mens de kontraherte underentreprenørene fulgte det ikke opp i samme grad. Der intervjuobjektene var samstemte om utfordringene til overtakelsene, gjaldt dette også løsningen for dem. I fremtidige prosjekter bør protokollføring innlemmes som en del av kontrakten mellom VD og underentreprenør. Ved å ikke følge opp skriving av overtakelsesprotokoll bør det finnes mulighet for å sanksjonere motparten.

For å forbedre forankring av taktprinsippene i innkjøpsprosessen ved neste prosjekt, blir økt erfaring trukket frem hjelpemiddel. Spesifikt for de involverte på Ruseløkka faller dette naturlig som følge av å ha gjennomført prosjektet. På et generelt grunnlag pekes det mot eksempelvis erfaringsutvekslingen som fant sted i september. Seanser som denne vil hjelpe uerfarne til å bli klar over hva som bør kontraktsfestes og fokuseres på i innkjøpsprosess.

### *- Tettere oppfølging på ukurante soner*

For Ruseløkka var det to forskjellige tog med henholdsvis god og begrenset flyt i produksjonen. Toget med begrenset flyt gikk igjennom soner kjennetegnet av ikke-repeterbare arbeidsprosesser. Forbedringsfokus knyttet til denne problematikken for senere taktprosjekter lanseres til å være tettere oppfølging. Med det siktes det til økt samspill med prosjekterende slik at kompliserte soner og etasjer kan justeres for å fremme god flyt. Eksemplifiseringen i denne sammenheng er knyttet til flere forskjellige veggtyper. Etterfølgende prosjekter bør gå for et mindre utvalg veggtyper som noen steder vil være overdimensjonert sammenlignet med kapasitetsberegningene, men i større grad er gjennomgående og repeterbar. Ekstrakostnaden i material hentes inn ved tiden det tar å studere tegningene til ulike veggtyper. Dette er en forbedring som er overførbar til å *Få prosjektert det vi trenger til rett tid.*

### *- Ha en riggarbeider som forstår taktprinsipper – som kan følge opp på plassen*

Et veldig spesifikt forbedringsforslag for taktproduksjon er å tilsette en egen person til å følge opp taktens elementer ute på plassen. Dette være seg oppfølging av; overtakelsesprotokoll, taktens fremdrift, koordinering av leveranser eller kommunikasjon med fagarbeiderne. I bunn må personen, forslagsvis en riggarbeider, ha tilstrekkelig erfaring med byggeprosjekter samt ha en god forståelse av taktmetodens innhold. Hensikten med en slik rolle er hele tiden å ha øyner ute på plassen for å se hva som fungerer og hva som er i ferd med å gå galt. Selv om funksjonærene ofte er ute på plassen, beskrives ikke nærheten og relasjonene med henholdsvis plass og fagarbeidere som tilstrekkelig. Her er en riggarbeider bedre egnet. I denne forbindelsen rettes det også forslag om å ha to slike arbeidere, en med ansvar for takt og en for det utenom takten. Det for å spisse oppfølgingen som kan være en del av *Tettere oppfølging på ukurante soner.*

### - *Tilstrebe tett bygg enda tidligere*

For prosjektet ble det kjørt taktproduksjon på innvendige arbeider. Dette er blant de vanligste, om ikke den vanligste formen for arbeid å benytte takt på. Iverksettelse av innvendige arbeider krever tett bygg, og ved å tilstrebe det tidlig kommer taktproduksjonen raskere i gang. Forbedringen har på den måten til hensikt å utvide tidsrommet for takt. I Figur 4.5 er et utsnitt av hovedfremdriftsplan presentert for å gi et begrep om avsatte tidsintervaller for de ulike arbeidene. For å oppnå utvidelsen handler det blant annet om å *prioritere arbeid* som gjør at innvendige arbeider kan starte opp. I den forbindelse nyanseres «tett bygg» til å være stadiet hvor innvendige arbeidet kan starte, og ikke ved tradisjonelt tett bygg. Prioritert arbeid er av intervjuobjektene forklart som ferdigstillelse av takarbeider, mens deler av fasadearbeider går parallelt med takten (innvendige arbeider).

Fra intervjuobjektene ble det i tillegg påpekt at sjaktene i bygget bør være ferdigstilt før taktproduksjon iverksettes. For senere prosjekter bør dette koordineres med fasade- og takarbeider. Påkobling til sjaktenes føringer er en så stor del av de innvendige arbeider at disse bør derfor være klare til taktoppstart.

Fasade- og takarbeider	210 dager	ma 02.12.19
Innvendige arbeider	140 dager	to 27.02.20
Plan U etg	100 dager	to 27.02.20
Plan 1 etg	55 dager	to 19.03.20
Plan 2 etg	65 dager	fr 17.04.20
Plan 3 etg	55 dager	ma 11.05.20
Plan 4 etg	55 dager	on 03.06.20
Plan 5 etg	55 dager	on 24.06.20
Plan 6 etg	50 dager	on 05.08.20
Mekanisk ferdigstillelse	0 dager	to 15.10.20

Figur 4.5: Utsnitt av hovedfremdriftsplan Ruseløkka skole, (Hentet fra «Hovedfremdriftsplan»).

### - *Få vekk svenskeuken*

Fra seansen med erfaringsutveksling på Ruseløkka blir det rettet mye oppmerksomhet til svenskeuken som en hemsko for taktproduksjon. Under samtlige intervju er det forbedringsforslag knyttet til avvikling av denne typen arbeidsuke. I senere prosjekter bør det kontraktstfestes at praktisering av svenskeuken ikke blir tillatt. Tilstedeværelse av underentreprenørens øverste ansvarlig på plassen hele uken er viktig for driftens kontinuitet og oppstående problemer som må løses.



## 5 Diskusjon

*Kapitlet drøfter informasjonen som følger av resultatkapitlet. Resultatene ses i sammenheng med teori fra teorikapitlet og oppgaveforfatters egne tanker og tolkninger vil være fremtredende i drøftingen. Diskusjonskapitlet følger samme struktur som resultatdelen.*

### 5.1 Utførelse og erfaring ved taktmetoden på Ruseløkka

#### 5.1.1 Ruseløkka skoleprosjekt

Isolert som prosjekt fremstår Ruseløkka egnet til å studere om *taktmetodikk er en god planlegging- og gjennomføringsmodell for produksjon av skoleprosjekter*. Første bud er at prosjektet er å bygge en skole. Det er en kjensgjerning at denne type prosjekt er strengt regulert av offentlige projekters lover og regler. Utformingen av skoleprosjekter skal ivareta ufravikelige krav knyttet ivaretagelse av inn klima og -miljø. På den måten vil erfaringer og forbedringer fra takten på Ruseløkka fremstå relevant overfor senere skoleprosjekter som vil måtte følge samme regulering. Siden skolens brukere er tilegnet 1. til 10. trinn, kan skolens utforming likevel ha begrenset relevans overfor prosjekter i form barnehager, videregående skoler eller høyere utdanningsinstitusjoner.

Fra et studieperspektiv ville det for prosjektoppgaven vært gunstig og fulgt prosjektet tettere. Å få tilstrekkelig kontroll på helheten til takten på skoleprosjektet har vært utfordrende via evalueringsmøte, intervjuer og dokumentstudier. På noen områder i resultatene har oppgaveforfatter kjent på begrenset innsikt i prosjektet som kan svekke validiteten. Intervju som informasjonskanal var i utgangspunktet svært nyttig, men det var likevel første gang oppgaveforfatter har brukt denne metoden. For å bedre innsikten til senere caseprosjekt bør metoden perfektioneres med flere utdypende spørsmål til temaene tas opp. Etter denne studien besitter oppgaveforfatter på økt erfaring og kompetanse innenfor fagkunnskap og intervjusettinger, slik at det vil være lettere å følge opp med utdypende spørsmål i slike situasjoner senere. Spesielt relevant blir dette i kommende masteroppgave. Det påpekes at perfektionering av intervjuene dreier seg nødvendigvis ikke om flere planlagte spørsmål i intervjuguiden. Dette for fremdeles å holde tak i fordelene til et semistrukturert intervju.

I samtaler med ekstern veileder ble det i oppstartsmøtet for mastersamarbeid drøftet hvorvidt det kunne være mulig å delta fysisk på prosjektet for å observere og bistå det praktiske arbeidet i perioder. Under normale omstendigheter uten pandemi gående, kunne en slik løsning løftet både forståelse, innsikt og kunnskap til prosjekt og metode. En løsning som dette kan være mer aktuelt i den kommende masteroppgaven.

#### *Taktoppstart*

For å skape eierskap og engasjement til taktmetode og -prosjekt fremstår forankringsarbeidet fra VD sin utviklingsavdeling tidlig i prosjektet som nyttig. I første omgang var dette mellom utviklingsavdelingen og prosjektets funksjonærstab. Som det ble uttalt i et intervju ga det god motivasjonen for bruk av taktmetoden selv om det var nytt og delvis ukjent. Forankringsarbeidet kan ses i sammenheng Ballard (2000) sin hensikt med LPS ved å involvere aktørene. Takt ble ikke pålagt som metodebruk i prosjektet, det ble gjort et aktivt valg av

funksjonærstaben basert på presentasjonen som ble gjennomført. Ved aktive valg er det god grunn til å tro at en «indre drive» hos funksjonærene skaper engasjement og eierskap.

Det samme forankringsarbeidet ble gjort overfor TUE ved senere tidspunkt. Siden ingen fra TUE er intervjuet i prosjektoppgaven er utfordrende å si hvilken påvirkning presentasjon av metoden hadde for deres motivasjon og engasjement. På generelt grunnlag er det en svakhet i oppgaven at perspektiver fra underentreprenører kun er kommunisert gjennom funksjonærstaben. Dette svekker validiteten knyttet disse perspektivene. For senere studier vil det være svært essensielt å høste informasjon fra de innkjøpte til prosjektet også. Gjennom den innsamlede dataen er det likevel naturlig å tro signalene om besparelser og forutsigbarhet er noe TUE verdsetter og som kan være motivasjonsfremmende. Det er for nettopp TUE og andre underentreprenører teorien (Ballard, 2000; Bølviken et al., 2014, 2015) peker mot viktigheten av å kjenne eierskap til prosjektet.

For å si noe om presentasjonen i selve forankringsarbeidet vil framlegg som dette ofte være teoripreget og hvordan metoden fungerer i en tildels ideell verden. Siden funksjonærene ikke var kjent med takt fra før ga ikke nødvendigvis dette arbeidet noen praktisk «input» på hvordan man går frem for at taktproduksjonen skal planlegges og gjennomføres. Som erfaringene fra prosjektet tyder på, hadde ikke forankringsarbeidet for funksjonærene hjulpet i situasjonen med kontrahering av TUE. Det var ikke klart for dem hva de skulle spørre om eller forankre i kontrakten. Presentasjoner som dette i senere prosjekter vil ha stor hjelp i at funksjonærene ved Ruseløkka deltar med sine praktiske erfaringer.

### *Involverende planlegging*

For at kontraherte underentreprenører skal kjenne på eierskap til prosjektet blir planlegging av egen hverdag trukket frem som positivt. Teori og praksis for metodene LPS og IP fokuserer på nettopp dette. Siden både funksjonærer og underentreprenører ikke var kjent med takt på forhånd er det grunn til å tro at et samspill mellom dem kan resultere i god progresjon og gode løsninger i utviklingen av taktplan og -produksjon. Arbeid mot et felles mål er tråd med Lean-tankegodset av Modig & Åhlstrøm (2019).

Valget om å utvikle et planutkast på forhånd av planleggingen med spesielt TUE, fremstår bidragsytende til å konkretisere en taktplan. Bølviken et al. (2015) retter oppmerksomhet mot gode forutsetninger for å produksjon, og det er mulig å dra denne parallellen over til gode forutsetninger for planlegging. På en annen side vil det være grunn til å tro at planutkastet legger en del føringer for den endelige planen. Det kan hemme kreativiteten og søken etter gode løsninger i utviklingen av taktplanen. Funksjonærene kan også oppfatte planutkastet som en god plan og derfor være skeptisk til å gjøre drastiske endringer som underentreprenørene foreslår. Av intervjuene fremstår ikke dette direkte relevant på bakgrunn av hensikten som planutkastet ble utarbeidet for. Det ble også arbeidet for at nettopp underentreprenørene, i form av bas (Last Planner™), skulle utarbeide arbeidspakkene basert på arbeider, tid og bemanning som en del av taktplanutviklingen. Dette er i tråd med beskrivelsen av IP for VD (Bølviken et al., 2014). Samlet sett virker ikke taktplanutkastet å ha vært førende utover å ha fungert som en hjelp i oppstarten.

I tilknytning til planleggingen var det av funksjonærene tydelige signaler om at underentreprenørene ble kontrahert for sent til å få synspunkt og løsninger som en del av det prosjekterte underlaget. Basert på den store omstruktureringen i forbindelse med soneinndelingen for elektro, er det stor mulighet for at dette hadde vært løst ved tidligere kontrahering. Det er en kjensgjerning at jo lengre ut i prosjektet man kommer, jo mindre blir handlingsrommet og endringene blir fordyrende. På tross av det som stadfestes som en for sen kontrahering av funksjonærene tjente prosjektet på at underentreprenørene tidlig bestemte basene til prosjektet. Kontinuiteten i planleggingen av taktarbeidet virker styrket av dette.

### *Forutsetninger*

Av resultatene tyder det på en fungerende løsning for supplement av varer til underentreprenørene. Gode forutsetninger for produksjon (Bølviken et al., 2015) virker å ha blitt sikret gjennom godt i forhåndsarbeid i forbindelse med kalkulering av mengder, inntransport, tilkomst til byggets etasjer og regime for materiallagring på plassen. Løsningen med inntransport torsdag eller fredag, eventuelt supplerende inntransport tidlig påfølgende uke, er i tråd med JIT-prinsippet (Tommelein & Weissenberger, 1999). Spesielt for prosjektet følges også det femte kriteriet av Hall (1983) som omhandler *Null håndtering*. Unødvendig flytting og lagring stjeler tid.

Gjennomføring av vareleveransene på denne måten er likevel sårbar for forsinkelser. Får man ikke levert varene før arbeidspakken setter i gang vil ikke faget få gjort arbeidet sitt. I et prosjekt som Ruseløkka med begrenset kapasitet for lagring, kan valgt løsning synes å være foretrukket. For prosjekter med større lagringskapasitet bør en vurdere risikoen for forsinkelser opp mot tradisjonell lagring. Ryddigheten ved tradisjonell lagring kan på sin side fremstå dårligere basert på intervjuobjektene erfaring.

### *Kvalitet og ytelse*

Overtakelsesprotokollen fremstår konkret og enkel i bruk. Innholdet er enkle vurderinger angående ferdigstillingen av eget arbeid og om forutsetningene er klar for neste produksjonsenhet. I tillegg fungerte den som kontroll av kvalitet i tråd med Kalsaas et al. (2014). Protokollen i seg selv bør være gjort på relativt kort tid. Erfaringen er at det ikke fungerte som planlagt i henhold til å bli gjennomført. Selv om det av funksjonærene ble pusket på underentreprenørene for å gjennomføre protokollen, fremstår det som om underentreprenørene ikke så nytte eller egen verdi i den. I en slik setting er det mulig å tro at de oppfattet protokollen kun som kontroll av drift og kvalitet fra funksjonærenes hold. Underentreprenørene kan føle dette som en overvåkning som kan virke negativt på motivasjonen for å gjennomføre. De la nødvendigvis ikke vekt på at det var under disse befaringsene de kunne påpeke ting som ikke var klart til deres etterfølgende arbeid i sonen. En tydeligere formidling av protokollens hensikt kunne vært bidragsytende til at underentreprenørene så større grad av verdi i å gjennomføre befaringsene.

Årsaken erfart til de manglende gjennomføringene er av intervjuobjektene forklart som mangel på kontraktsfestet protokollgjennomføring mellom VD og underentreprenør. Står dette i kontrakt, er det klart at funksjonærene ville hatt større innflytelse med å puske på i gjennomføringer der de kunne sanksjonert med økonomiske bøter, dagmulkt osv. Forankring i

kontrakt vil i de fleste tilfeller være positivt for å gjennomføre flere protokoller, men det kan ligge en fare i at gjennomføringen blir halvhjertet og informasjonen derfor har begrenset verdi. Som det av Bølviken et al. (2014) påpekes for IP, så må planer (i det her tilfellet befaringer med tilhørende protokoll) være laget i fellesskap med gjensidige løfter. Tydeligere formidling av at det er verdi for begge parter i en slik overtakelsesbefaring kan anses som gunstig og motiverende. Med en omforent løsning på overtakelsene, i tillegg til å forankre gjennomføring i kontrakt, er mulig å tro at metoden for kontroll av kvalitet og ytelse bedres.

For overtakelsesbefaring og -protokoll vil ytterligere momenter presenteres innunder de respektive kapitlene som følger i form av vognsystemet og bemanning.

### *Helse, miljø og sikkerhet*

De uttalte forholdene omkring HMS gjør at prosjektet ikke virker å skille seg ut fra prosjekter uten takt når det gjelder sykefravær. Dataen for dette har begrenset validitet, da det kun er generelle oppfatninger av intervjuobjektene. For å gi en kommentar til sykefraværet, kan det være naturlig å tro at håndverkere ikke har et like sterkt forhold til at det har vært kjørt takt sammenlignet med baser, formenn og prosjektledere for fagene. Siden fagarbeiderne utgjør den største delen av prosjektets bemanning samsvarer det med at prosjektets sykefravær ikke skiller seg ut fra andre prosjekter uten takt.

Det som kan være verdt å nevne i HMS-sammenheng er basene sin positivitet til den gode forutsigbarheten til metoden. Taktmetoden kan fremstå stressende med sitt rigide system og mange sjekkpunkter underveis, men betraktningene knyttet forutsigbarhet gir signaler om at stressnivået har vært håndterbart som følge av det. I et takt-planleggingsperspektiv kan den gode forutsigbarheten tyde på at LPS i prosjektet har fungert etter hensikten (Ballard & Howell, 2003).

### 5.1.2 Soneinndeling

#### *Standardisering og variasjon*

Togenes flyt er todelt og det samme gjelder de valgte soneinndelingene. Av resultatene fremstår det lite å utsette på etasjene med soner bestående av repeterbare arbeidsprosesser. Den beste indikatoren på at soneinndelingen er hensiktsmessig er at taktid og arbeidspakker samsvarer med sonenes størrelse, og vice versa. Siden tog 2 frigjorde tid til å følge opp andre områder, tyder dette på en fungerende flyt og derav fungerende soneinndeling. Resultatene knyttet taktmetoden for områder med repeterbare arbeidsprosesser samsvarer med teorien fra Frandson et al. (2013); Frandson & Tommelein (2016); Vatne & Drevland (2016).

I de lavere etasjene hadde sonene vesentlige forskjeller og variasjon i innhold, og ble derfor utfordrende å dele inn i lik arbeidsmengde. For en fungerende taktplan bryter dette med Linnik et al. (2013) som viser til at det er helt avgjørende med lik arbeidsmengde. Teorien til Vatne & Drevland (2016) om ikke-repeterbare arbeidsprosesser samsvarer med utfordringene i flyten for dette området. For å oppnå soner som er mer lik i arbeidsmengde vil et større trykk på å skape repeterbarhet i arbeidene kunne være en løsning. Selv om rominnholdet er ulike, kan standardisering av veggtypene være en løsning. Flere standardiseringer som dette gjør at neste sone ligner mer på den forrige osv. Dette vil på en annen side kunne bryte med arkitektens

ønskede uttrykk for prosjektet, så det vil være et grensesnitt som må håndteres ved økt standardisering.

Samlet sett er separering av sonene mellom repeterbare og ikke-repeterbare arbeider en måte å konsentrere risikoen på. Tettere oppfølging og oppmerksomhet til ikke-repeterbare soner kan håndtere den økte risikoen bedre, mens mindre risikofylte soner går mer av seg selv. Resultatene fra Ruseløkka sammenfaller godt med en slik vurdering. Signalene om utfordringer i flyten tyder likevel vel på at oppmerksomheten mot de varierte etasjene ikke var tilstrekkelig god for å håndtere den økte risikoen i området.

### *Buffere*

Områdebuffere var ikke direkte planlagt i prosjektet, men oppstod underveis. Da de ble etablert fungerte de i henhold til Frandson et al. (2015) for å forhindre innstilling av bemanningen. De ble fleksible komponenter i taktens fremmarsj. Selv om takt i en ideell verden ikke skal ha behov for buffere, er det i teorien fra Bølviken et al. (2015); Dlouhy et al. (2019); Frandson et al. (2015) likevel signaler om at en må håndtere uforutsette hendelser med ulike buffertyper. Av erfaringene knyttet rom over to etasjer med tilhørende stillaser, samsvarer resultatene fra prosjektet at uforutsette hendelser oppstår. I ettertid ser en at slike rom eller områder kan være egnet som planlagte områdebuffere i senere prosjekter.

Planbuffere har samme hensikt som områdebuffere – et arbeidsområde om det er kapasitet tilgjengelig. For Ruseløkka går det frem av resultatene at helt avgjørende arbeider for taktens fremdrift ble strukturert som planbuffere (sjaktføringene). Forsinkelser i dette arbeidet hadde derfor konsekvenser for resten av taktens fremdrift. I hvor stor grad det påvirket fremdriften er et av områdene hvor oppgaveforfatter har til dels manglende innsikt. Datagrunnlaget vurderes til svært begrenset når det gjelder forsinkelsens tidsperspektiv. Diskusjoner rundt forsinkelsenes betydning vil derfor være utfordrende å vurdere i detalj.

For å kommentere sjaktene som planbuffere kan det likevel nevnes at istedenfor å fungere som et avlastningsområde ved ledig kapasitet, ble planbufferne pushet på for ferdigstilling. Dette bryter med teorien bak planbufferens hensikt om å være et sted for å forhindre innstilling av bemanning. Det er naturlig å tro dette arbeidet ble undervurdert i omfang, og sett i ettertid burde disse arbeidene blitt ferdigstilt før taktproduksjonens oppstart. Det er i samsvar med intervjuobjektets erfaring.

### *Kontroll og kvalitet*

Soneinndelingens kontroll og kvalitet presenteres i sammenheng med vognsystemet.

### *Replanlegging*

Den mest fremtredende replanleggingen var omlegging til færre soner i etasjene og etablering av områdebuffere. Begge resultatene med omstrukturering av soner og ta ut områder av takten, følger Binninger et al. (2017b) og Boldt Companys teorier for replanlegging. Som en konsekvens av IP og *definering av soner* ble spesielt færre soner bestemt i samråd med underentreprenørene. De som faktisk skal produsere bygget har fått planlegge sin hverdag. Det er tross alt disse som sitter med den beste erfaringen på utøvende praksis for å nå det ønskede

resultatet med prosjektet. I forbindelse med replanleggingen fremstår IP og VD sin utviklingsmodell for taktplan å ha fungert som tiltenkt. Moore (2007) og Modig & Åhlström (2019) sine fokusområder for Lean med kontinuerlig forbedringer er også i samsvar med replanleggingen.

For å si noe om forbedring er det mulig å se mot tidligere kontrahering av spesielt TUE. Det er naturlig å tro at flere slike soneendringer kunne funnet sted om innkjøpene var på plass før. De varierte etasjene kunne blitt studert nærmere og nye løsninger for taktplan og produksjon kunne forbedret flyten.

### 5.1.3 Vognsystemet

#### *Standardisering og variasjon*

Med valget på to tog ble risikoen i stor grad konsentrert til tog 1 som diskutert under soneinndeling. Med begrenset flyt i tog 1 sin produksjon kan oppfølgingen av den økte risikoen for dette toget sies å ikke ha vært god nok. Det anses som en direkte konsekvens av sonenes varierte innhold og høy andel enkeltaktiviteter. Økt antall uplanfestede hybridvogner indikerer at etasjene kan ha vært preget av folk som jobber oppe på hverandre som støttes av teorien om hybridvogner (Binniger et al., 2017b). Dette selv om det vises til god kommunikasjon og håndtering rundt hybridvogner i intervjuene. Hensikten med takt er at fagene får jobbe alene i sonen, og det vil være naturlig å tro flere fag i sonen har hatt betydning for fremdriften. Små hensyn som må tas hyppig vil samlet kunne være forsinkende i fremdriften. Det er likevel vanskelig å se alternativet med egne vogner for enkeltaktivitetene som en gunstig løsning. I seg selv er arbeidspakkene for små sammenlignet med takttiden. Hybridvogner som justeringsmekanisme skal i utgangspunktet korte ned på total tidsbruk i prosjektet ved at flere fag sine arbeidspakker slås sammen om å nå takttiden (Binniger et al., 2017b). Alt i alt ville prosjektet mest sannsynlig tatt lengre tid med egne vogner for enkeltaktivitetene, sammenlignet med kompromissløsningen som trolig resulterte i noen mindre forsinkelser.

Å standardisere flere deler av det prosjekterte underlaget kan være bidragsytende til at ikke-repeterbare arbeidsprosesser blir færre. Med løsninger for dette søkes det mot å få tog 1 til å bevege seg nærmere det fungerende tog 2 basert på flere repeterende prosesser. Å gjennomføre dette vil være i tråd med teoriens retning for hva som fungerer i en taktproduksjon (Frandsen et al., 2013; Frandsen & Tommelein, 2016; Linnik et al., 2013; Vatne & Drevland, 2016). En fare med å dra dette for langt er å sitte igjen med «firkantede bokser» som er effektiv å produsere, men som mest trolig vil bryte med kravene for arkitektoniske utsmykkinger, inneklima og -miljø. Basert på oppgaveforfatters erfaring av bransje og offentlig byggherre ved sommerarbeid på Vestli skole i Oslo, er ikke denne type bygg noe kunden ønsker seg. Å bryte med kundens verdi vil i så måte være et direkte brudd på Lean-filosofi (Modig & Åhlström, 2019).

#### *Buffere*

Av resultatene er det tidsbufferen som tydeligst går frem som planlagt buffer i prosjektet. Ukene som ble satt av til justering samt takttiden på fem dager for eventuelle innhentingsarbeider i helgene, var planlagte buffere på forhånd. Bruk av tidsbuffer i seg selv strider med teorien



basert på at buffertypen skal forsøkes unngått (Frandsen et al., 2015). Overtid som arbeidstid er ikke tillat som fast ordning. I lys av det skal det derfor ikke planlegges faste helgearbeider. «Tidsbufferen» i form av *eventuelle* helgearbeider fremstår å samsvare med reglement for overtidsarbeid om det er særskilte behov.

Isolert sett fremstår buffertypen naturlig å benytte uavhengig av taktproduksjon eller ikke. Det skyldes kjensgjerningen om en produksjon i byggeprosjekter som sjeldent går knirkefritt av gårde. Selv om teorien peker mot bufferen som noe som forsøkes unngått, fremstår bruken helt relevant i dette prosjektet. Resultatene viser til flere forsinkelser i taktproduksjon hvor tidsbufferen har vært praktisk for å få taktplanen på rett spor. Som Gardarsson (2019) påpeker i Porsche sin taktmodell, så skal etterhengene arbeid fullføres for å restarte toget med blanke ark. Selv om det ikke ble definerte restarter av tog 1 spesielt, så fungerte bufferen som fullføring av etterhengene arbeid. Hensynet til at prosjektet er en form for pilotstudie av takt på skoleprosjekter, gjør at en bør planlegge visse justeringsluker i form av tidsbuffer underveis.

### *Kontroll og kvalitet*

Diskusjon tilknyttet kontroll og kvalitet dreier seg om overtakelsesbefaring og -protokoll i stor grad. Siden det er diskutert under *Kvalitet og ytelse* (kapittel 5.1.1), vil diskusjonen spinne videre på vurderinger derfra.

Manglende gjennomføring av protokoller erfares i tillegg til å dreie seg om praktisering av svenskeuken. Det fremstår utfordrende å løse dette problemet uten å kontraktsfeste at arbeidsuken skal være mandag til fredag, eventuelt til torsdag med normal lengde på arbeidsdagen. Resultatene tyder på at justeringer av tidspunkt frem i tid gikk utover ferdigstilling av arbeidet til de som fulgte normal arbeidsuke med mandag til fredag.

### *Replanlegging*

Resultatene fra Ruseløkka tyder ikke på noen omfattende omstrukturering av vognsystemene. Når TUE var ordnet i togene med deres førende arbeider, ble nye leverandører plassert hensiktsmessig etter hvert som de ble kontrahert. Fremgangsmetoden med økt detaljering av taktplanens vognsystem faller nokså naturlig i en slik prosess. Det samsvarer likevel med *Modell for sikker og effektiv drift* fra Bølviken et al. (2014).

Det er få signaler som peker mot at rekkefølgen av vognene har vært et problem. Forskyvninger oppstod som en del av forsinkelsene i tog 1, og dette er diskutert til å være generelle utfordringer knyttet varierende innhold i etasjer og soner. Det ble ingen definert restart ved forskyvningene, men som Gardarsson beskrev (2019) Porsche sin taktmodell ble tidsbufferen brukt som innhenting av etterhengene arbeid. Som nevnt tidlig i diskusjonskapitlet er det til dels liten innsikt til hvilke konkrete forsinkelser som har vært mest utslagsgivende i forskyvningene.

## 5.1.4 Bemanning

### *Standardisering og variasjon*

Dette er en parameter i studien som mangler god data for å si noe sikkert angående taktens hensikt med flat bemanning gjennom prosjektet. Kvantitative data som timelister fra underentreprenører kunne underbygget en påstand omkring dette. Dette føyer seg inn under

studiens generelle svakhet med kun intervju og kommunikasjon med funksjonærene på prosjektet.

På tross av det er det nyttig å kommentere oppfatningene fra intervjuobjektene, selv om det er data med stor usikkerhet. Av resultatene er trykket av personer på prosjektområdet beskrevet som nokså stabilt over en tidsperiode på et år. Indikasjon på ett jevnt bemanningstrykk, fremfor synlig store variasjoner er mulig å fastslå. En kalkulert bemannings-topp for å hente inn drift etter nedstengning og lav bemanning som følge koronapandemien, ble trukket frem som avvik fra det jevne trykket. Alt i alt er det likevel for usikre forhold til å si sikkert om dette samsvarer med kurven for flat og jevn bemanning (Frandsen et al., 2015; Vatne, 2016).

### *Buffere*

Kapasitetsbuffere tyder ikke på å være planlagt spesielt for prosjektet. Også for denne parameteren har studien en svakhet ved å ikke ha intervjuet noen av underentreprenørene. Hvis det legges til grunn at kapasitetsbuffere ikke er planlagt vil det bryte med teori for å *planlegge produksjon* i VD sin utviklingsmodell for taktplan. Usikkerheten i resultatene gjør at oppgaveforfatter likevel ikke kan si noe bestemt angående samsvar eller ikke med teorien.

Det fremstår likevel interessant å kommentere funksjonærenes uttalelser i intervjuene. Siden det måtte justeres ganske kraftig i løpet av innkjøringsperioden til takten tyder det på at kalkyler for bemanning til arbeidspakkene var til dels feilslått. Den kraftige oppjusteringen kan ses i lys av taktens metoder med korte frister for å ferdigstille arbeide, som er tråd med teorien av Frandsen et al. (2013) og Frandsen & Tommelein (2014). Sammenlignet med tradisjonell planlegging ville kravet til justering med hensyn til fremdrift muligens vært oppdaget senere og hatt større konsekvenser. Som et resultat av hyppig feedback på fremdrift er dette i tråd med at bemanningen vil holdes jevn siden arbeidspakkene isolert sett ikke vil endres utover i prosjektet (Frandsen et al., 2015; Vatne, 2016). En naturlig trend for bemanningen i en vogn vil heller være å nedjustere bemanning som følge av repetisjon (trening) som gjør at arbeidet går raskere.

Med justeringen som oppstod oppfattes det som en god lærdom at kapasitetsbuffere bør diskuteres til en innkjøringsfase av taktproduksjon. For underentreprenørene som må sjonglere eget mannskap mellom prosjektene sine, kan en slik oppjustering være utfordrende for at kabalen skal gå opp. Å legge til rette for en planlagt kapasitetsbuffer i et kortere tidsrom kan derfor være nyttig for underentreprenørenes driftssikkerhet. Dette momentet vil også være nyttig å kommunisere ut fra funksjonærenes hold for at samspillet mot et best mulig resultat oppnås.

### *Kontroll og kvalitet*

Krav stilt av VD om at underentreprenørene skulle ha en bas på prosjektet på femdagersuker ble ikke tilstrekkelig etterfulgt. Av resultatene pekes svenskuken ut som problemet. Selv om underentreprenørene stilte med en erstatning for tiden den faste basen var borte, ble ikke dette noe fullgodt alternativ. Mangel på kontinuitet i relasjonene med en fast bas forsvant i en betydelig del av takttidens fem dager. Det fremstår nokså tydelig at en person som «vikarierer»



som bas på slutten av en arbeidsuke ikke kjenner til problemene underveis, og på den måten blir kommunikasjonen betydelig svekket.

### *Replanlegging*

Av resultatene er ikke dette diskutert noe videre utover den skisserte bemanningsjusteringen i innkjøringsperioden av taktproduksjon. Dette ble diskutert under *Buffere*.

## 5.2 Forbedringer til senere prosjekter

### *- Få prosjektert det man trenger til riktig tid*

Forbedringen i seg selv blir støttes oppunder av teori for LPS der Bølviken et al. (2015) påpeker at forutsetningene må være på plass for å produsere. Det kan i tillegg trekkes paralleller til Ballards (2000) fokus på LPS angående utvikling av forutsigbare planer. Ved en etablering av forbedringen kan det også sies å være i tråd med Lean-postulatet *å trimme produksjonen til en slankere utgave* (Modig & Åhlström, 2019).

Spesielt er resultatene fokusert mot å involvere prosjekterende i større grad. I teorien for IP er det ofte involvering av underentreprenører det fokuseres på. For fullt utbytte av IP er det mulig å se en gevinst i større samhandling med prosjekterende også. Endringer og revideringer i underlaget kan forsinke prosessene, men med tettere samarbeid mellom utførende og prosjekterende er det naturlig å tro at dette kan reduseres. Et eksempel kan være å luke ut prosjekterte underlag som utførende finner umulig å gjennomføre, som da må endres og gir forsinkelser. Resultatet tar også for seg en standardisering av klasseromsutformingen for Osloskolene som en løsning som frigjør tid til å fokusere på mer kompliserte områder. Dette er et forslag på løsning som fremstår å samsvare med å få prosjektert det man trenger til rett tid.

På et generelt grunnlag er det en kjensgjerning at problemet med forsinkelser i prosjekteringen får utover fremdriften. Det gjelder takt og ikke-taktprosjekter. Ved å få på plass ordninger som sikrer at dette lar seg gjennomføre til enhver tid, vil det være svært nyttig og effektivt for senere prosjekter og bransje som helhet. Med dagens praksis fremstår det likevel relativt hårete å oppnå dette 100 prosent. Prosjekter og firmaer presses på tid for å sikre lønnsomhet, og derfor blir det kortere og kortere frister for å utvikle gode løsninger. Det kan gi for raske løsninger som må revideres/endres eller så kan tiden ikke strekke til for å få det ferdig til fristen. For å oppsummere alle diskuterte momentene er det med en viss utopi at man skal få prosjektert alt til riktig tid. Avvik mellom prosjektert underlag og faktisk bygd vil alltid være et problem for senere arbeider og dette arbeidets prosjektering. Ordninger og løsninger som gjør at noen prosenter mer blir prosjektert til rett tid vil likevel gagne prosjektene i tråd med Lean, LPS, IP, Takt osv.

### *- Forankre taktprinsipper bedre i innkjøpsprosess og kontrakt*

Av resultatene knyttes denne forbedringen spesielt til overtakelsesbefaring og -protokoll. Som i delen for *Kvalitet og ytelse* i kapittel 5.1.1, er det naturlig å tro at funksjonærene vil ha større tyngde i oppfølgingen av gjennomførte overtakelser hvis det er forankret i kontrakt. Baksiden er halvhjertet gjennomføring med en begrenset verdi i informasjonen.

Basert på resultatene som ikke er direkte knyttet forbedringer, kan femdagersuker på basene være et punkt å forankre i kontrakt. Å kontraktsfeste at svenskeuker ikke skal være en del av prosjektet bør også vurderes.

For å si noe om forankring av taktprinsipper i innkjøpsprosess er det naturlig å trekke frem momenter diskutert i *Taktoppstart* i samme kapittel (5.1.1). Forankringsarbeidet var et positivt bidrag til å få kjennskap til hva takt er for noe, men det var liten praktisk nytte i arbeidet. Med erfaringen som er opparbeidet ved Ruseløkka-prosjektet, er dette noe som bør bringes videre til senere prosjekter. Praktisk erfaring knyttet innkjøpsprosessen bør videreformidles av de som faktisk har vært igjennom det. Funksjonærene på prosjektet vet nå bedre hva VD ønsker av underentreprenører, og hva VD ønsker av selv. Dette basert på erfaringene som er presentert i resultatkapitlene. Et eksempel er å være tydelig på å få inn fagenes bas tidlig til prosjektene.

#### - *Tettere oppfølging på ukurante soner*

Med en konsentrert risiko i noen soner eller etasjer er det blitt påpekt at tettere oppfølging og oppmerksomhet kan være bidragsytende til at disse får bedre flyt. Standardisere elementer med nyanser i forskjell kan være en løsning som gjør at arbeidsområdene oppleves mer lik. Dette i tråd med å få en fungerende takt av Linnik et al. (2013) og Vatne & Drevland (2016). Som nevnt i flere anledninger kan dette være veggtyper. Med en utvikling av slike løsninger kan de prosjekterende få bedre innsikt i de praktiske problemene knyttet utførelse. Med økt kunnskap til utførelse kan de prosjekterende oppdage flere lignende løsninger som gjør prosjektenes ukurante soner mer håndterbar.

I prosjektet på Ruseløkka hadde det ene toget god flyt. I senere prosjekter kan det være hensiktsmessig å planlegge for to tog der det ene toget vil gå i soner med repeterende arbeidsprosesser. På den måten kan det planlegges tettere oppfølging på sonene for ikke-repeterende arbeid. Faren vil være å nedprioritere det toget som i utgangspunktet forventes å ha god flyt, og det motsatte kan forekomme. I utgangspunktet skal ikke takt planlegges med begrenset flyt, så der det skulle forventes en tydelig mer oppfølging til et tog bør det vurderes om planleggingen i det hele tatt er tilstrekkelig.

#### - *Ha en riggarbeider som forstår taktprinsipper – som kan følge opp på plassen*

Med en så praktisk forbedring er det utfordrende å knytte dette til teorien i studien. Hvis en tar utgangspunktet i at denne personen som en tilrettelegger, i tillegg til å følge opp, er det mulig å dra paralleller mot elementer i IP. Fra Bølviken et al. (2014) beskrives IP til blant annet å dreie seg om å fjerne hindringer og farer gjennom planlegging underveis. Det for å sikre at aktiviteter kommer til utførelse. En praktisk rolle ute på plassen som arbeider for dette samsvarer med IP-beskrivelsen. En kontinuerlig hindringsanalyse basert på at personen er familier med byggeprosjekter og takt kan tidlig avdekke forhold som har negativ konsekvens for produksjonen. Hvorvidt dette bør være en egen rolle som kun fokuserer på takten eller et tilleggende fokusområde for en normal riggarbeider, vil avhenge av ressursene til prosjektet. Størrelse på takten, arbeidskapasitet og kunnskap hos riggarbeideren, og kostnader for en ekstra riggarbeider er noen vurderinger som må gjøres i tilknytning til rollen.

- *Tilstrebe tett bygg enda tidligere*

Resultatene data for denne forbedringen er svært begrenset. Tidlig i diskusjonskapitlet ble mangel på oppfølgingsspørsmål av oppgaveforfatter beskrevet som en svakhet tilknyttet noen av parameterne i oppgaven. Hvordan funksjonærene ser for seg å nå tett bygg tidligere og hvilke tidsaspekter det er snakk om, er eksempler som lider av oppgaveforfatters manglende erfaring for gjennomføring av intervju. Validiteten til denne forbedringen kan derfor beskrives som lav, og hvorvidt tilstrebing av tett bygg er en god forbedring er utfordrende å si noe om.

- *Få vekk svenskeuken*

Gjennomgående i resultatene for studien er det lansert problemer tilknyttet svenskeuken. Spesielt i forbindelse med overtakelsene. Løsningen på problemet ses i sammenheng med å *Forankre taktprinsipper bedre i innkjøpsprosess og kontrakt*, der praktiseringen av arbeidsuken forbys gjennom kontraktene mellom VD og innkjøpte leverandører. Dette fremstår som en egnet løsning for problemet.

## 6 Konklusjon

I kapitlet følger en oppsummering av resultater og diskusjon for å besvare de tre forskningsspørsmålene i prosjektoppgaven.

### 6.1 Utførelse og erfaring ved taktmetoden på Ruseløkka

Metodebruken i prosjektoppgaven har gitt et tilstrekkelig godt bilde av Ruseløkka skole som taktprosjekt. I Tabell 2.1 følger en oppsummering av hvordan takten er utført på Ruseløkka samt erfaringer tilknyttet utførelsen.

Tabell 6.1: Utførelse og erfaring av takt på Ruseløkka skole, (Egenprodusert).

Punkt	Element	Utførelse	Erfaring
Ruseløkka skoleprosjekt	Taktoppstart	Forankringsarbeid	Forankret eierskap og taktmetodikk hos funksjonær og TUE
	Involverende planlegging (IP)	The Last Planner™	Planlegging av egen arbeidshverdag
		IP	TUE sentral i taktplanutvikling
	Forutsetninger	Oslo sentrum	Fungerende vareleveranse
	Kvalitet og ytelse	Overtakelsesbefaring og -protokoll	Manglende gjennomføringer
Helse, miljø og sikkerhet	Ikke taktspesifikk	Ikke taktspesifikk	
Soneinndeling	Standardisering og variasjon	Repeterbare og ikke-repeterbare arbeidsprosesser	Avvik i arbeidsmengde mellom sonene
	Buffere	Plan- og områdebuffere	Fleksibilitet i produksjon
	Kontroll og kvalitet	-	-
	Replanlegging	Antall soner	Justering basert på TUE sine preferanser
Vognsystemet	Standardisering og variasjon	Repeterbare og ikke-repeterbare arbeidsprosesser	Avvik i flyt mellom tog 1 og 2
	Buffere	Tidsbuffer	Ajourført produksjon i henhold til taktplan
	Kontroll og kvalitet	Overtakelsesbefaring og -protokoll	Manglende tilstedeværelse pga. svenskeuke-praktisering
	Replanlegging	Innkjøp av underentreprenør	Plassert hensiktsmessig rundt førende aktiviteter hos TUE
Bemanning	Standardisering og variasjon	Flat bemanning	Innhenting av tapt drift i forbindelse med koronautbrudd
	Buffere	Kapasitetsbuffere	Ikke planlagt
	Kontroll og kvalitet	Baser på svenskeuke	Manglende kontinuitet i oppfølging
	Replanlegging	Innkjøringsfase	Oppjustering av bemanning

## 6.2 Forbedringer til senere prosjekter

Gjennom intervju og erfaringsutveksling er det konkludert med seks punkter for forbedring til senere taktprosjekter. Av de seks punktene kan flere av forbedringene forankres i teori, mens andre er rent praktisk erfarte løsninger. De seks er som følger:

- Få prosjektert det man trenger til riktig tid
- Forankre taktprinsipper bedre i innkjøpsprosess og kontrakt
- Tettere oppfølging på ukurante soner
- Ha en riggarbeider som forstår taktprinsipper – som kan følge opp på plassen
- Tilstrebe tett bygg enda tidligere
- Få vekk svenske uken

## 6.3 Videre arbeid

Studiens empiriske resultater er basert på ett caseprosjekt med takt fra én norsk entreprenør. For økt ekstern validitet vil det være behov for å studere flere taktprosjekter med andre entreprenører. Caseprosjektet og tilhørende forskningsspørsmål er kun studert via funksjonærene på prosjektet. For en nyansert og helhetlig fremstilling av prosjektet bør flere tilhørende aktører inkluderes.

## Kilder

- Andersen, S. S. (2013). *Casestudier forskningsstrategi, generalisering og forklaring*. Fagbokforl., Bergen.
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). "Scoping studies: towards a methodological framework." *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19–32.
- Ballard, G., & Howell, G. A. (2003). "An Update on Last Planner." *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Virginia, USA.
- Ballard, H. G. (2000). "The last planner system of production control." Ph.D, The University of Birmingham, Birmingham.
- Binninger, M., Dlouhy, J., & Haghsheno, S. (2017a). "Technical Takt Planning and Takt Control in Construction." Heraklion, Greece, 605–612.
- Binninger, M., Dlouhy, J., Steuer, D., & Haghsheno, S. (2017b). "Adjustment Mechanisms for Demandoriented Optimisation in Takt Planning and Takt Control." *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Heraklion, Greece, 613–620.
- Bølviken, T., Aslesen, S., & Koskela, L. (2015). "What Is a Good Plan?" *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, O. Seppänen, V. A. González, & P. Arroyo, eds., Perth, Australia, 93–102.
- Bølviken, T., Nyseth, K., Skaare, L., Andersen, D., & Olsen, O. A. (2014). "Involverende planlegging - i produksjon." *Bedriftsguide Veidekke*.
- Dahlum, S. (2020). "case-studie." Informasjon, <<https://snl.no/case-studie>> (Nov. 17, 2020).
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving*. Gyldendal akademisk, Oslo.
- Dlouhy, J., Binninger, M., & Haghsheno, S. (2019). "Buffer Management in Takt Planning – An Overview of Buffers in Takt Systems." *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Dublin, Ireland, 429–440.
- Drevland, F. (2016). "Koskelas 11 prinsipp – Frode Drevland."
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2013). "Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding." *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, C. T. Formoso & P. Tzortzopoulos, eds., Fortaleza, Brazil, 527–536.
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2014). "Takt-Time Planning and the Last Planner." *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, B. T. Kalsaas, L. Koskela, & T. A. Saurin, eds., Oslo, Norway, 571–580.
- Frandsen, A. G., Seppänen, O., & Tommelein, I. D. (2015). "Comparison Between Location Based Management and Takt Time Planning." *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, O. Seppänen, V. A. González, & P. Arroyo, eds., Perth, Australia, 3–12.
- Frandsen, A. G., & Tommelein, I. D. (2016). "Takt Time Planning of Interiors on a Pre-Cast Hospital Project." *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Boston, Massachusetts, USA.
- Frandsen, A., & Tommelein, I. D. (2014). "Development of a Takt-time Plan: A Case Study." *Construction Research Congress 2014*, American Society of Civil Engineers, Atlanta, Georgia, 1646–1655.
- Gardarsson, M. H., Lædre, O., & Svallestuen, F. (2019). "Takt Time Planning in Porsche Consulting, the Boldt Company and Veidekke." Dublin, Ireland, 551–562.
- Hall, R. W. (1983). *Zero inventories*. Dow Jones-Irwin, Homewood, Ill.

- Haugen, C. G. (2020). "Ytelsesindikatorer for taktprosjekter." (O. Lædre, ed.).
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory physics*. Waveland Press, Long Grove, Ill.
- Jacobsen, D. I. (2015). *Hvordan gjennomføre undersøkelser?: innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Cappelen Damm akademisk, Oslo.
- Jesson, J., Matheson, L., & Lacey, F. M. (2011). *Doing your literature review: traditional and systematic techniques*. SAGE, Los Angeles, California; London.
- Kalsaas, B. T., Gundersen, M., & Berge, T. O. (2014). "To Measure Workflow and Waste. A Concept for Continuous Improvement." *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, B. T. Kalsaas, L. Koskela, & T. A. Saurin, eds., Oslo, Norway, 835–846.
- Koskela, L., Bølviken, T., & Rooke, J. (2013). "Which Are the Wastes of Construction?" *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, C. T. Formoso & P. Tzortzopoulos, eds., Fortaleza, Brazil, 3–12.
- Linnik, M., Berghede, K., & Ballard, G. (2013). "An experiment in takt time planning applied to non-repetitive work." *Annu. Conf. Int. Group Lean Constr., IGLC*, The International Group for Lean Construction, 546–555.
- Modig, N., & Åhlström, P. (2019). *Dette er lean løsningen på effektivitetsparadokset*. (H. H. Halvorsen, tran.), Rheologica, Stockholm.
- Moore, R. (2007). *Selecting the right manufacturing improvement tools: what tool? when?* Elsevier Butterworth-Heinemann, Amsterdam; Boston.
- Olsson, H., & Sörensen, S. (2003). *Forskningsprosessen kvalitative og kvantitative perspektiver*. Gyldendal akademisk, Oslo.
- Olsson, N. (2011). *Praktisk rapportskrivning*. Tapir akademisk, Trondheim.
- Røe, P. G. (2005). "Metode Forskningsprosessen." Forelesning, Oslo.
- Tommelein, I. D. (2017). "Collaborative Takt Time Planning of Non-Repetitive Work." Heraklion, Greece, 745–752.
- Tommelein, I. D., & Li, A. E. Y. (1999). "Just-in-Time Concrete Delivery: Mapping Alternatives for Vertical Supply Chain Integration." *7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Berkeley, California, USA, 97–108.
- Tommelein, I. D., & Weissenberger, M. (1999). "More Just-in-Time: Location of Buffers in Structural Steel Supply and Construction Processes." *7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Berkeley, California, USA, 109–120.
- Tsao, C. C. Y., Tommelein, I. D., Swanlund, E., & Howell, G. A. (2000). "Case Study for Work Structuring: Installation of Metal Door Frames." *8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Brighton, UK.
- Vatne, M. E. (2016). "Taktplanlegging og -gjennomføring ved Moholt 50|50 - Case-studie." (F. O. Drevland, ed.), NTNU.
- Vatne, M. E., & Drevland, F. (2016). "Practical Benefits of Using Takt Time Planning: A Case Study." *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Boston, Massachusetts, USA.
- Wohlin, C. (2014). "Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering." *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering - EASE '14*, ACM Press, London, England, United Kingdom, 1–10.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: design and methods*. SAGE, Los Angeles.

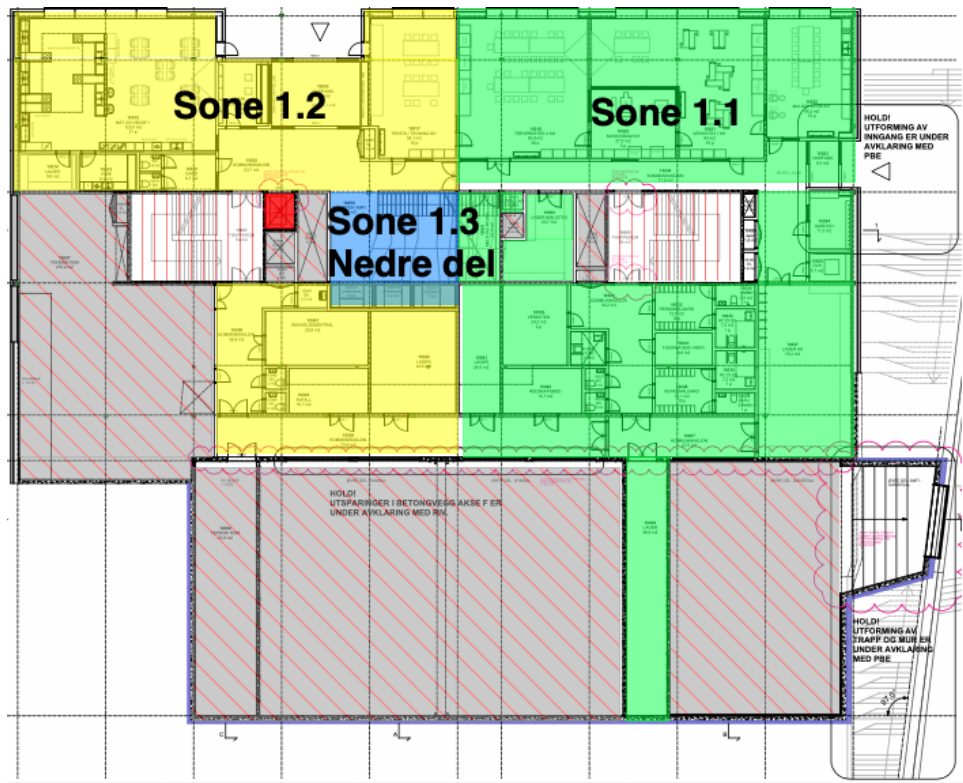
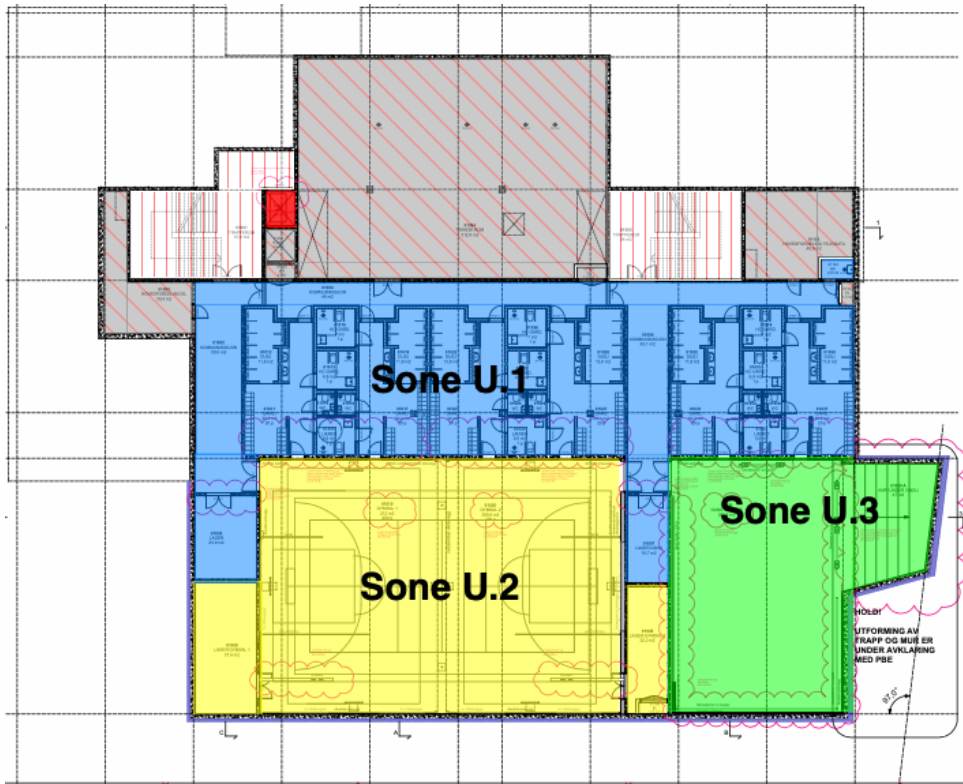
# **Vedlegg A – Taktplan Ruseløkka**

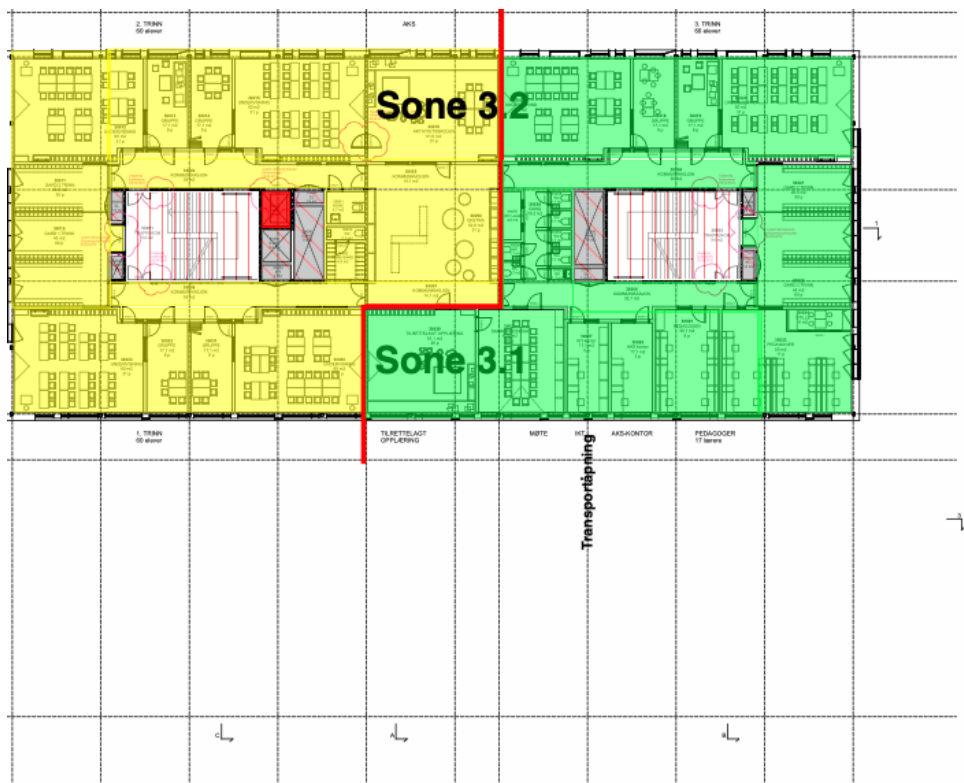
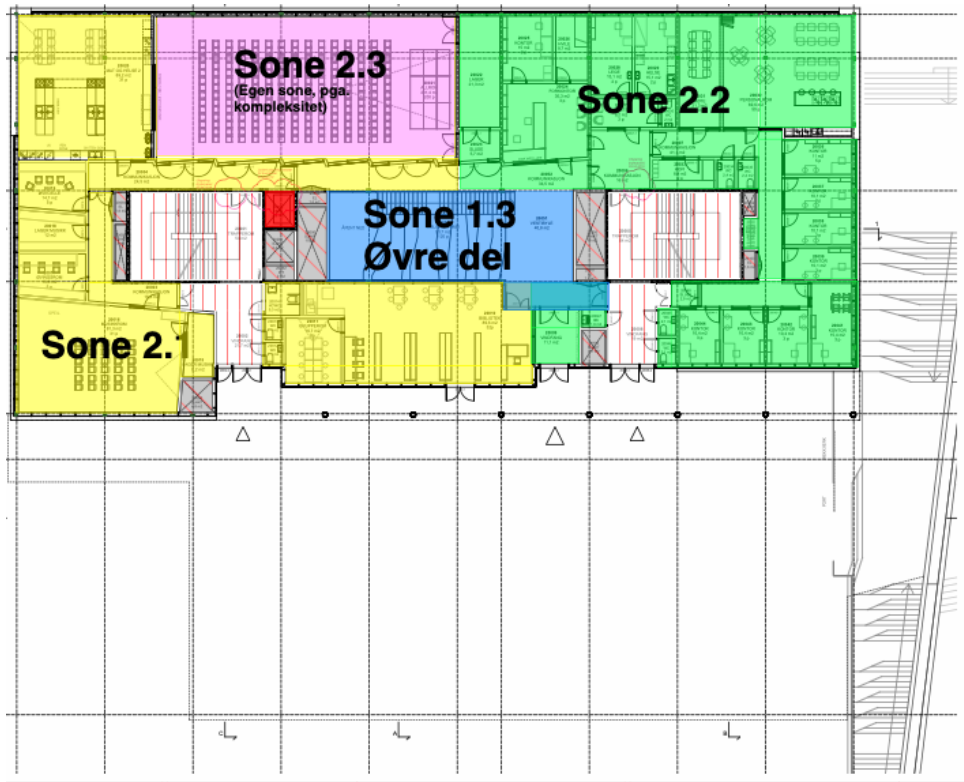




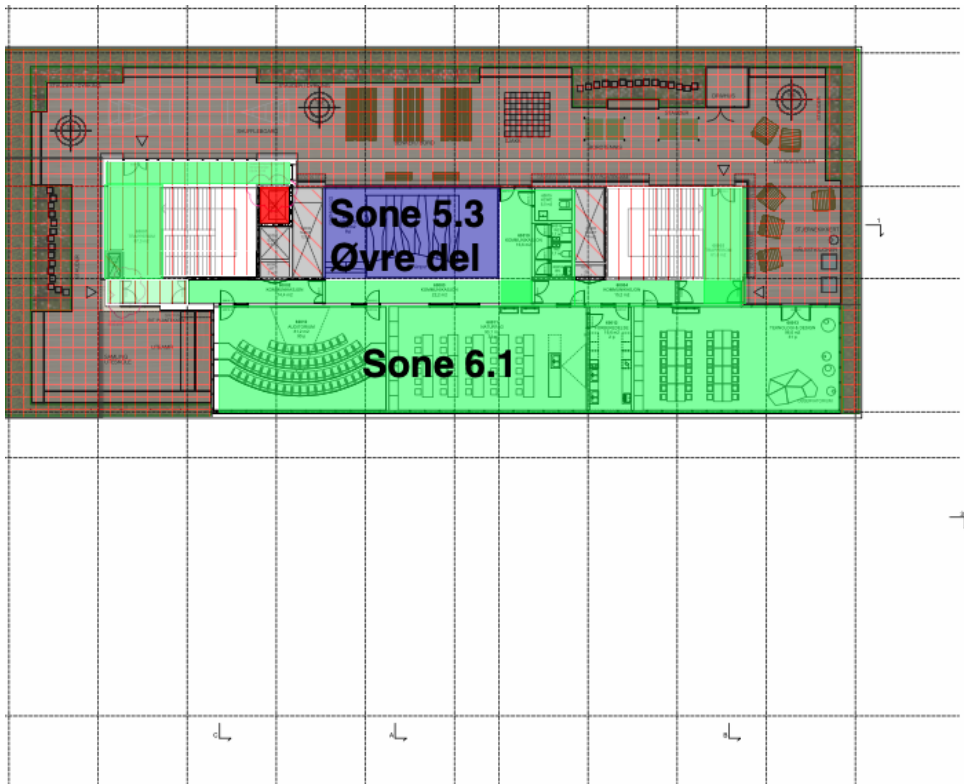
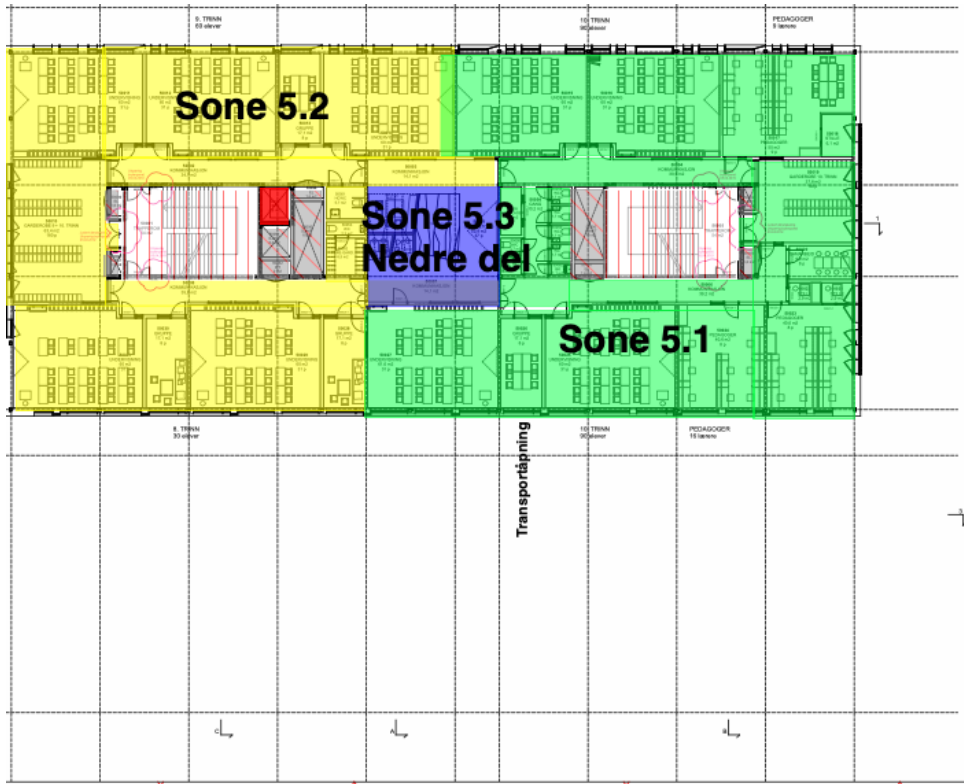
0	Tømmer, maler, tekniske
1	Rør
2	Rør og Vent.
3	Vent og EL. Brannetting
4	Elektro
5	Elektro
6	Tømmer. Brannetting
7	Avretting og slip.
7B	GRANAB
8	Maler og flis
9	Maler og flis
10	Slitesterke plater. Himling og Byggrengj
11	Gui/belegg
12	Systemvegger
12B	Spiler
13	Fast inventar
14	Ventilasjon
15	Rør
16	Elektro
17	Tømmer/Foldevegger
18	Maler
19	Elektro/lås
20	Ventilasjon
21	Tømmer/maler/byggvask

# **Vedlegg B – Soneinndeling Ruseløkka**





Etasje 4 identisk med 3.



# **Vedlegg C – Intervjuguide**

# Intervjuguide

## Introduksjon

Navnet mitt er Kristian Johansen og jeg studerer 5.året på masterstudiet i Bygg- og miljøteknikk, NTNU Trondheim. Jeg jobber med en prosjektoppgave denne høsten om «Taktplanlegging i skoleprosjekter». Prosjektoppgavens hovedveileder er Ola Lædre ved NTNUs institutt for bygg- og miljøteknikk og ekstern veileder er Sigmund Aslesen fra Veidekke. Prosjektoppgavens resultater skal videreføres til masteroppgaven som skal gjennomføres våren 2021.

Høstens prosjektoppgave er et case-studium der jeg skal klarlegge Veidekkes utvikling av taktprinsippet for planlegging og gjennomføring i skoleprosjekter. Ruseløkka skole er valgt som case for undersøkelsene. Oppgavens forskningsspørsmål er:

1. Hvordan er planlegging og gjennomføring av takt utført på Ruseløkka-prosjektet?
2. Hvilke erfaringer er det fra planlegging og gjennomføring av takten?
3. Hva bør gjøres annerledes for å forbedre senere taktprosjekter?

Ruseløkkas fremdrift gjør det mulig å dokumentere Veidekke sin utvikling av takt.

Prosjektoppgavens grunnlag er litteraturstudium og dokumentstudium. Det er ønskelig med kvalitative data til studien ved intervju av nøkkelpersoner på Ruseløkka-prosjektet. Det som et bidrag av dagsaktuell informasjon om takten.

Jeg ønsker å ta opp intervjuene og ved endt transkribering vil det tilsendes intervjuobjektet for godkjenning. Intervjuet vil ikke vedlegges i prosjekt- eller masteroppgaven. Informasjon fra intervjuet kan bli benyttet i diskusjons- og resultatdel av oppgaven. Siteringer vil fremgå anonymisert ved benyttelse.



## Intervju

### Bakgrunn

- 1) Hva er rollen din i dette prosjektet?
- 2) Hva er utdannelsen din?
- 3) Hva er arbeidserfaringen din?
- 4) Har du jobbet med takt før?
- 5) Hvilken deltagelse hadde du i planleggings- og gjennomføringsprosessen av takt på dette prosjektet?

### Takt prosjekt Ruseløkka, Veidekke

Knyttet til punktene under, hva ble planlagt og gjennomført i forbindelse med taktbruk på Ruseløkka? Hvilke erfaringer er det, og hva kan forbedres?

- a. Oppstart av takt
- b. Involverende planlegging
  - i. Møtestruktur
  - ii. Deltagere, involverte
- c. Forutsetninger
- d. Kvalitet, ytelse

### Soneinndeling

Knyttet til punktene under, hva ble planlagt og gjennomført i forbindelse med soneinndelingen på Ruseløkka? Hvilke erfaringer er det, og hva kan forbedres?

- a. Variasjon
- b. Buffer
- c. Kontroll
- d. Omstart/replanlegging
- e. HMS og risiko

### Vognsystemet

Knyttet til punktene under, hva ble planlagt og gjennomført i forbindelse med vognsystemet på Ruseløkka? Hvilke erfaringer er det, og hva kan forbedres?

- a. Variasjon
- b. Buffer
- c. Kontroll
- d. Omstart/replanlegging
- e. HMS og risiko
- f. Spesifikke – vognsystemet:
  - i. Vognlengde
  - ii. Vareleveranse

## Bemanning

Knyttet til punktene under, hva ble planlagt og gjennomført i forbindelse med bemanningen på Ruseløkka? Hvilke erfaringer er det, og hva kan forbedres?

- a. Variasjon
- b. Buffer
- c. Kontroll
- d. Omstart/replanlegging
- e. HMS og risiko
- f. Spesifikke – bemanning:
  - i. Interne eller eksterne arbeidere
  - ii. Lønn
  - iii. Antall arbeidere
  - iv. Opplevelsen hos fagarbeideren

## Avslutningsvis

- 1) Er det noe jeg har glemt å spørre om?
- 2) Er det noe du vil tilføye som er knyttet til planlegging og gjennomføring, erfaringer eller forbedringer av takten på Ruseløkka?
- 3) Er det noen spørsmål jeg bør tillegge til intervjuguiden for masteroppgaven?

