

Matthias Helgi Gardarsson

# Taktplanlegging i Porsche Consulting, The Boldt Company og Veidekke

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Ola Lædre og Fredrik Svalestuen

Juni 2019



Matthias Helgi Gardarsson

# Taktplanlegging i Porsche Consulting, The Boldt Company og Veidekke

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk  
Veileder: Ola Lædre og Fredrik Svalestuen  
Juni 2019

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







Oppgavens tittel: Taktplanlegging i Porsche Consulting, The Boldt Company og Veidekke Entreprenør	Dato: 20. juni 2019			
	Antall sider (inkl. bilag): 156			
	Masteroppgave	<input checked="" type="checkbox"/>	Prosjektoppgave	<input type="checkbox"/>
Navn: Stud.techn. Matthias Helgi Gardarsson				
Faglærer/veileder: Ola Lædre				
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Fredrik Svalestuen (Veidekke)				

### **Ekstrakt**

Veidekke har de siste årene benyttet taktplanlegging i flere av sine prosjekter. Taktplanlegging er en ny metode i den norske byggebransjen og Veidekke er en av få entreprenører som har brukt taktplanlegging i sine prosjekter. Resultatene av bruken av denne metoden har vært sprikende mellom prosjektene, til tross for at det har vært kontinuitet i prosjektledelsen og fagarbeiderne.

Formålet med denne oppgaven er å se på hvilke typer taktplanlegging som finnes, hvilke erfaringer det er med disse og hvordan metoden kan forbedres.

Masteroppgaven er et resultat av arbeid gjennom ett semester og tilsvarer 30 studiepoeng. Studiet baseres på kvalitative forskningsmetoder og det er gjennomført litteraturstudie, dokumentstudie og intervjuer.

Oppgaven beskriver tre hovedtyper takt som det er valgt å kalle Porsche-, Boldt- og Veidekketakt. Disse har mye til felles men skilles blant annet av involvering av underentreprenører, inndeling av taktid og kontrollområder, hvilke prosjekter de bruker takt på, og prosedyre for gjenoppstart av takt ved stans.

### Stikkord:

1. Taktplanlegging
2. Fremdriftsplanlegging
3. Produksjon
4. Lean Construction

*Matthias Helgi Gardarsson*

---

Matthias Helgi Gardarsson



## Forord

Masteroppgaven er utarbeidet våren 2019 ved Institutt for bygg- og miljøteknikk under fakultet for ingeniørvitenskap ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet i Trondheim. Oppgaven tilsvarer 30 studiepoeng.

Oppgavens tema er taktplanelegging som er et planleggingsverktøy og styringsmetodikk for produksjon i byggeprosjekter. Oppgaven beskriver tre ulike metoder for taktplanelegging; Porschetakt, Boldttakt og Veidekketakt. Erfaringer og forbedringer med disse presenteres og diskuteres. For å besvare forskningsspørsmålene har litteratursøk, dokumentstudier og intervju blitt gjennomført.

Jeg ønsker å takke min veileder ved instituttet, Ola Lædre, for alltid å være tilgjengelig for god oppfølging, nyttige drøftinger og konstruktive tilbakemeldinger på oppgaven. Det rettes også stor takk til Fredrik Svalestuen for introduksjon og veiledning av oppgaven, tilsendt faglitteratur og invitasjon til taktseminar i Oslo.

Tusen takk til alle ved NTNU, og da spesielt Institutt for bygg- og miljøteknikk, som har gitt meg kompetansen til å gå ut i arbeidslivet med faglig balast. Det rettes også en stor takk til alle ved Háskóli Íslands som gjorde semestret mitt der spennende og lærerikt. Takk fyrir mig!

Takk til alle i Veidekke og The Boldt Company som har stilt opp til intervju og dermed gjorde det mulig å gjennomføre oppgaven. Ekstra stor takk til de intervjuobjektene som har delt litteratur og dokumenter med meg som jeg ellers ikke ville fått takt i.

Videre vil jeg takke Kokecomphagniet for gode år på bygg, og takk til alle kokker og souschefer ved Lyche Kjøkken og Bar ved Studentersamfundet i Trondhjem for så fantastiske stunder og erfaringer at masteren plutselig tok seks år. Tusen takk til alle andre som har bidratt til en strålende studenttid og en ekstra stor takk til mine foreldre som har støttet meg hele veien.

*«Livet er lære, man må alltid lære» - Mayoo (2016)*

Trondheim, 10. juni 2019



---

Matthias Helgi Gardarsson





## Sammendrag

Veidekke har de siste årene benyttet taktplanlegging i flere av sine prosjekter. Taktplanlegging er en ny metode i norsk byggebransje og Veidekke er en av få entreprenører som har brukt taktplanlegging i sine prosjekter. Resultatene har vært sprikende mellom prosjektene, til tross for at det har vært en viss kontinuitet i prosjektledelsen fra prosjekt til prosjekt. Samtidig har andre selskaper opplevd suksess med taktplanlegging. Det er derfor interessant å se på hva disse selskapene gjør annerledes enn Veidekke og hvilke erfaringer de har med metoden. Oppgaven kartlegger derfor ulike typer taktplanlegging, hvilke erfaringer det er gjort med disse metodene, og hvordan metoden kan forbedres. Forskningsspørsmålene som oppgaven besvarer er:

1. *Hvilke metoder for takt finnes i dag?*
2. *Hva er erfaringene med disse metodene?*
3. *Hvordan kan metodene forbedres?*

Masteroppgaven er et resultat av arbeid gjennom ett semester og tilsvarer 30 studiepoeng. Masteroppgaven bygger videre på forundersøkelser gjort i prosjektoppgave i 2018. Oppgaven tar for seg taktplanlegging i Porsche Consulting, The Boldt Company og Veidekke Entreprenør. Dette gjøres gjennom kvalitative forskningsmetoder og det er gjennomført litteraturstudie, dokumentstudie og intervjuer. Metodenes pålitelighet og er vektlagt og vurdert. Oppgaven er begrenset til å omhandle de tre nevnte bedriftenes metoder innen taktplanlegging, og oppgaven ser kun på innredningsfasen i byggeprosjekter. Det er ikke gjort egne målinger på prosjekter med taktplanlegging.

Metodene har blant annet til felles bruken av flere tog, involvering av underentreprenør underveis i produksjon, og hvilke typer buffere som benyttes. Metodene skiller seg blant annet fra hverandre ved involvering av underentreprenører i taktplanleggingen, kontrollområdeinndeling, takttid, typer prosjekter de bruker takt, samt hvilke faser de benytter metoden i. Det har også ulike prosedyrer for å gjenoppstarte takten ved stans i produksjonen.

Erfaringene for taktplanlegging er ømfintlig for avvik så det er viktig at det legges mye tid inn i planleggingen, at alle aktører følger takten og at avvik håndteres raskt. Ved å dele prosjektet inn i kontrollområder med klare overtagelses tidspunkter oppleves en mer stabil og transparent produksjon i tillegg til en mer ryddig arbeidsplass. Det finnes i dag begrenset litteratur om taktplanlegging så metoden er per nå påvirket av enkeltpersoner og bedrifter.

Oppgaven foreslår forbedringer knyttet til kontrollområdeinndeling, lengde på takttid og rutiner for gjenoppstart av takten ved stans. På samme tid som oppgaven ble skrevet så jobbet Veidekke med en veileder for taktplanlegging. Oppgaven kommer med flere punkter som Veidekke bør vurdere som en del av denne veilederen.



## Summary

The contractor Veidekke has in recent years used takt time planning in some projects. Takt is a relatively novel method for the Norwegian construction industry, and Veidekke is one of few contractors that have applied it. The results of using takt have varied between the projects. Some projects have experienced success, and some have experienced failure-like outcomes. To some extent, the management staff and the foremen on-site have been the same across takt projects. At the same time other companies abroad have had success with the method. It is therefore interesting to see how takt is used by different companies internationally and which experiences these have compared to Veidekke. Based on that, there is a need to find out how using takt in construction can lead to success. Therefore, this study maps experiences with takt in Norway and abroad. The research questions:

- What types of takt are used today?
- What are the experiences with takt?
- How can the method improve?

The study's novel contribution lies in the comparison of how takt is practiced in by the companies Porsche Consulting, The Boldt Company and Veidekke. Veidekke has cooperated with both Boldt and Porsche Consulting, so their use of takt is known in by Veidekke employees. The paper mainly takes interior work into consideration, even though it's also used for concrete and exterior work.

The Master's thesis is a result of work through one semester and corresponds to 30 credits. The thesis builds on preliminary studies done in a project assignment in 2018. The thesis deals with takt time planning in Porsche Consulting, The Boldt Company and Veidekke Entreprenør. This is done through qualitative research methods. Literature study, document studies and interviews have been conducted. The task is limited to addressing the three aforementioned companies' methods in takt time planning, and the task only looks at the interior design phase of construction projects. No separate measurements have been made on projects in this thesis.

The methods have, among other things, in common the use of several trains in their projects, the involvement of subcontractors during production, and the types of buffers used. The methods differ from each other in the way the involvement of subcontractors in the planning, division of zoning, takt time, types of projects they implement takt time planning on, as well as the phases of the projects in which they use the method.

Experience show that the method is sensitive to deviations from the plan so it is important to develop a simple plan that everyone can agree upon. It's also important that all actors follow the work pace and that deviations are handled quickly. By dividing the project into zones with clear schedule for handovers, a more stable and transparent production, in addition to a tidier workplace. There is currently limited literature on timetable planning, so the method is currently influenced by individuals and businesses.

The thesis proposes improvements related zoning, length of takt time and routines for restarting the pace in case of unplanned halts in production. At the same time as the task was written, Veidekke worked with a guideline for timetable planning. The thesis comes with several points that Veidekke should consider to be part of this guideline.



## Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>iii</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>v</b>
<b>Summary</b> .....	<b>vii</b>
<b>Figurliste</b> .....	<b>xii</b>
<b>Tabelloversikt</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 <i>Bakgrunn for oppgaven</i> .....	1
1.2 <i>Oppgavens problemstilling</i> .....	1
1.3 <i>Begrensninger i oppgavens behandling av tema</i> .....	2
1.4 <i>Rapportens oppbygging</i> .....	2
<b>2. Metode</b> .....	<b>3</b>
2.1 <i>Litteraturstudie</i> .....	3
2.1.1 <i>Bruk av litteraturstudie</i> .....	3
2.1.2 <i>Evaluering av litteraturstudie</i> .....	3
2.1.3 <i>Evaluering av litteraturstudie</i> .....	4
2.2 <i>Dokumentstudie</i> .....	4
2.2.1 <i>Bruk av dokumentstudier</i> .....	4
2.1.3 <i>Evaluering av dokumentstudier</i> .....	5
2.2 <i>Intervju</i> .....	6
2.2.1 <i>Styrker og svakheter med intervju som forskningsmetode</i> .....	6
2.2.2 <i>Gjennomføring av intervju</i> .....	6
2.2.3 <i>Evaluering av intervjuer</i> .....	9
2.3 <i>Andre informasjonskilder</i> .....	9
2.3.1 <i>Taktseminar</i> .....	9
2.3.2 <i>Lappeteknikkmøte</i> .....	9
2.3.3 <i>Møter med Ballard</i> .....	10
2.3.4 <i>Artikkel til IGLC</i> .....	10
2.3.5 <i>Lean Construction Norge</i> .....	10
<b>3. Teori</b> .....	<b>11</b>
3.1 <i>Historisk Bakgrunn</i> .....	11
3.1.1 <i>Henry Fords samlebåndsproduksjon</i> .....	11
3.1.2 <i>Toyota Production System</i> .....	11
3.1.3 <i>Lean Manufacturing</i> .....	12
3.1.4 <i>Lean Construction</i> .....	12
3.1.5 <i>Porsche takt</i> .....	12
3.1.6 <i>Takt i Veidekke</i> .....	13
3.2 <i>Prinsipper</i> .....	13
3.2.1 <i>Just-in-time</i> .....	13
3.2.2 <i>Last Planner</i> .....	14
3.2.3 <i>TFV-modellen</i> .....	16
3.2.4 <i>Lokasjonsbasert planlegging</i> .....	17

3.2.5 Aktivitetsbasert planlegging .....	17
3.2.6 Buffere .....	18
3.2.7 Sløsing.....	19
3.2.9 Taktplanlegging.....	21
<b>4. Resultater .....</b>	<b>25</b>
4.1 Ulike typer takt.....	25
4.1.1 Porsche Consulting .....	25
4.1.2 The Boldt Company.....	30
4.1.3 Veidekke.....	35
4.2 Erfaringer med takt.....	38
4.2.1 Porsche Consulting .....	38
4.2.2 The Boldt Company.....	42
4.2.3 Veidekke.....	43
4.3 Forbedringer av takt.....	48
4.3.1 Porsche Consulting .....	48
4.3.2 The Boldt Company .....	49
4.3.3 Veidekke .....	49
<b>5. Diskusjon.....</b>	<b>51</b>
5.1 Ulike typer takt.....	51
5.2 Erfaringer med takt.....	58
5.3 Forbedringer .....	61
5.3.1 Kontrollområder og takttid.....	62
5.3.2 Involvering .....	63
5.3.3 Buffer .....	64
<b>6. Konklusjon .....</b>	<b>65</b>
6.1 Ulike typer takt.....	65
6.1.1 Ulikheter .....	65
6.1.2 Likheter .....	66
6.2 Erfaringer med takt.....	66
6.2.1 Kontrollområder og takttid.....	66
6.2.2 Involvering .....	67
6.2.3 Buffere .....	68
6.3 Forbedringer .....	68
6.3.1 Kontrollområder .....	68
6.3.2 Takttid.....	68
6.3.3 Replanlegging .....	69
6.3.4 Veileder.....	69
<b>7. Videre arbeider .....</b>	<b>71</b>
<b>Referanseliste .....</b>	<b>73</b>
<b>Vedlegg 1 – Intervjugal 1.....</b>	<b>77</b>
<b>Vedlegg 2 – Intervjugal 2.....</b>	<b>79</b>
<b>Vedlegg 3 – Intervjugal 2 (English) .....</b>	<b>81</b>
<b>Vedlegg 4 – Referat, Formann tømmer .....</b>	<b>83</b>

<b>Vedlegg 5 – Referat, Anleggsleder Trondheim.....</b>	<b>89</b>
<b>Vedlegg 6 – Referat, Anleggsleder Oslo.....</b>	<b>95</b>
<b>Vedlegg 7 – Referat Anleggsleder Oslo.....</b>	<b>99</b>
<b>Vedlegg 8 – Referat, Anleggsleder Trondheim.....</b>	<b>103</b>
<b>Vedlegg 9 – Overordnet produksjonsleder The Boldt Company.....</b>	<b>111</b>
<b>Vedlegg 10 – Tømmerbas Trondheim.....</b>	<b>117</b>
<b>Vedlegg 11 – Tømmerbas Trondheim.....</b>	<b>120</b>
<b>Vedlegg 12 – Tømmerbas Trondheim.....</b>	<b>125</b>
<b>Vedlegg 13 – Anleggsleder Trondheim.....</b>	<b>129</b>
<b>Vedlegg 14 – Produksjonsingeniør DPR.....</b>	<b>135</b>

## Figurliste

Figur 1: Tradisjonelt planleggingssystem (Ballard G., 2000) .....	15
Figur 2: Last Planner system (Richert T., 2017) .....	16
Figur 3: Enkelt eksempel på Gantt-skjema (Wilson, 2003) .....	18
Figur 4: 7 forutsetninger for sunn aktivitet. ....	21
Figur 5: Sammenligning mellom bilindustrien og byggebransjen. (Porsche Consulting 2011) .....	22
Figur 6: Eksempel på justering av bemanning for å tilpasse satt taktid (Skaret, 2012) .....	22
Figur 7: Illustrasjon av Porsche Consultings 10 steg for kontrollområdeinndeling (Porsche Consulting, 2011) .....	25
Figur 8: Justering av bemanning og sammenslåing av vogner (Porsche Consulting, 2011) ...	26
Figur 9: 10-steps prosess for utarbeidelse av taktplan for ikke-repeterbare områder (Porsche Consulting, 2011) .....	27
Figur 10: Repeterbare og ikke-repeterbare områder, samt toginndeling (Skaret, 2012).....	28
Figur 11: Inndeling av faser i taktplanlegging for Boldt (Linnik et al., 2013).....	31
Figur 12: Lappeteknikkmøte for Nærbyen (Bildet er tatt av oppgaveforfatter).....	36
Figur 13: Fremdriftsplan Moholt 50/50 (Skaret, 2018).....	45

## Tabelloversikt

Tabell 1: Oversikt over intervjuobjektene.....	7
Tabell 2: Ulikheter mellom taktplanlegging i Porsche Consulting, The Boldt Company og Veidekke Entreprenør. ....	65



## 1. Innledning

*I dette kapitlet presenteres tema for oppgaven, bakgrunn for valgt tema, problemstillinger, definerte mål med oppgaven og hvordan dette skal løses i form av forskningsmetoder. Oppgavens avgrensninger er også beskrevet i tillegg til oppgavens oppbygging.*

### 1.1 Bakgrunn for oppgaven

I de siste tiårene har produktiviteten i byggebransjen gått ned. Dette kommer frem blant annet i Stortingsmelding 28, «Gode bygg for et bedre samfunn», der tall fra alle næringer i Norge mellom år 2000 og 2011 (Kommunal- og Regionaldepartementet, 2012). Den viser at bygge- og anleggsbransjen har hatt en nedgang i produktivitet på 30%. Andre næringer har hatt en økning i produktiviteten. Også Byggenæringens landsforenings rapport fra 2007 utviklet av SINTEF (Ingvaldsen og Edvardsen 2007) ga nedslående tall for norsk byggenæring. En gjennomgang av 122 utvalgte boligblokkprosjekter viste det seg at prosjektene hadde en gjennomsnittlig effektivitetstall på kun 79% i forhold til beste praksis.

Selv om disse rapportene begynner å bli gamle så viser de at byggebransjen har stort forbedringspotensial når det kommer til prosjektering, planlegging og gjennomføring av prosjekter. Veidekke (u.å., a) peker ut to hovedårsaker til tapt tid og dårlig flyt i produksjon:

- Aktivitetenes tidsforbruk varierer slik at de ikke kan forutses nøyaktighet. Dette fører til at aktiviteter som avhenger av andre aktiviteters ferdigstilling må sette inn tilstrekkelig buffer for å kompensere for dette.
- Nødvendige forutsetninger for å gjennomføre aktiviteten er ikke til stede. Produksjonen er rett og slett for dårlig planlagt og arbeid gjennomføres ikke på en skikkelig måte.

Gjennom dette har Veidekke gjennomført en rekke tiltak. Veidekke har satsset på Involverende Planlegging de siste årene og hatt suksess med dette. De siste årene har prosjekter i Veidekke Entreprenør Oslo og Trondheim gjennomført prosjekter i noe som heter taktplanlegging. I taktplanlegging vil deler av prosjektet deles inn i soner der kun ett eller flere fag jobber med å utføre bestemte oppgaver innenfor en fast tidsperiode. Når tidsperioden er over skal de flytte seg til neste sone og gjennomføre de samme oppgavene. Det kommer da inn en ny gruppe fagarbeidere som skal gjennomføre en nytt sett med oppgaver på den samme tiden. Disse gruppene med fagarbeidere fra ett eller flere fag kalles vogner og gjennom et helt byggeprosjekt vil det være mange vogner som utgjør et tog som går gjennom prosjektet i en fast takt. Målet med metoden er å legge til rette for at alt arbeid skal gjennomføres uten hindringer i optimale forhold. Dette gjøres ved gi fagene egne områder til å fullføre sitt arbeid uten å bli forstyrret av andre fag. Ved å sette opp vognene i riktig rekkefølge vil alle nødvendige foregående aktivitet for hver vogn være gjennomført slik at de kan gjennomføre sitt arbeid i optimale forhold.

### 1.2 Oppgavens problemstilling

Metoden er forholdsvis ny og det er ikke mange prosjekter som er gjennomført med taktplanlegging i Norge. De prosjektene som har blitt gjennomført har hatt svært ulike utfall, fra fiasko til suksess. Taktplanlegging drives med suksess i andre bedrifter i utlandet, slik som Porsche Consulting og The Boldt Company. Oppgaven ser derfor på hvordan disse tre selskapene bruker taktplanlegging i sine prosjekter, hvilke erfaringer de har med dette og hvordan metoden kan forbedres. Forskningsspørsmålene oppgaven svarer på er derfor:

1. Hvilke metoder for takt finnes i dag?
2. Hva er erfaringene med disse metodene?
3. Hvordan kan metodene forbedres?

### 1.3 Begrensninger i oppgavens behandling av tema

Masteroppgaven er resultatet av arbeid gjennom ett semester og arbeidsmengden tilsvarer 30 studiepoeng. Tiden som har vært til rådighet har satt begrensninger i dybde og omfang for oppgaven. Oppgaven er begrenset til tre typer taktplanlegging; Porschetakt, Boldttakt og Veidekketakt. På grunn av geografiske begrensninger så er kun baser i Veidekke Trondheim intervjuet. Det faktum at en av medforfatterne i oppgaven jobber i Veidekke har også gjort det lettere å rekruttere intervjuobjekter fra Veidekke. Av de samme grunnene er det gjennomført flest intervjuer med prosjekt- og anleggsledere i Veidekke. Det er ikke gjort egne målinger eller annen forskning utenom intervju. Oppgaven ser bare på taktplanelegging i innredningsfasen av byggeprosjekter.

Masteroppgaven bygger på en prosjektoppgave skrevet av samme oppgaveforfatter høsten 2018. Prosjektoppgaven så også på ulike typer taktplanlegging og erfaringer med disse og deler av teorikapittelet er også brukt i denne oppgaven. Masteroppgaven bygger videre på resultatene fra prosjektoppgaven i tillegg til at det også ser på mulige forbedringer med taktplanlegging.

### 1.4 Rapportens oppbygging

1. **Innledning.** Innledende kapittel med informasjon om problemstilling, formål, omfang og avgrensninger i oppgaven. Kapitlet beskriver oppgaven og målet den har satt seg.
2. **Metode.** Valgte forskningsmetoder beskrives og det begrunnes hvorfor disse er valgt. Styrker og svakheter for metoden samt oppgavens bruk av metodene blir vurdert.
3. **Teori.** Inneholder historisk utvikling innen Lean og taktplanlegging, hovedprinsipper innen Lean tilknyttet takt, og beskrivelser av andre begreper som benyttes senere i oppgaven.
4. **Resultater.** Presentasjon av resultater fra litteraturstudie, dokumentstudier og intervjuer.
5. **Diskusjon.** Resultatene diskuteres ut ifra forskningsspørsmål og underkategorier.
6. **Konklusjon.** Konklusjon svarer på oppgavens forskningsspørsmål.
7. **Videre arbeider.** Anbefalinger for videre arbeid i masteroppgaven.

## 2. Metode

*Olav Dalland (2000) beskrev metode som vårt redskapet i møte med noe vi skal undersøke. Metoden skal bidra til å samle inn data, altså den informasjonen vi trenger til undersøkelsen vår. Metodekapittelet er derfor en beskrivelse av hvilke forskningsmetoder oppgaven har benyttet for å løse sine problemstillinger samt en evaluering av metodenes styrker og svakheter.*

### 2.1 Litteraturstudie

Et litteraturstudie skal beskrive relevant litteratur for et bestemt fagområde (University of Canberra, 2017). Oppgaven har til mål å finne ulike typer taktplanlegging og erfaringer med disse og det er derfor naturlig å se på eksisterende litteratur for å finne ut av dette. Gjennom litteraturstudien er eksisterende litteratur identifisert, beskrevet og evaluert. Dette skal sammen med intervjuene gi teoretisk tyngde for oppgaven og gi grunnlag til diskusjonen. Litteraturstudiet er gjennomført med inspirasjon fra Arksey og O'Malleys (2002) artikkel om litteratursøk. De deler et litteratursøk opp i 5 steg:

1. Identifisere problemstilling og forskningsspørsmål.
2. Identifisere relevante studier .
3. Studere utvalget.
4. Kartlegge data.
5. Samle, sammenfatte og rapportere resultatene.

#### 2.1.1 Bruk av litteraturstudie

En forskningsrapport må inneholde et teorigapittel som gjennomgår bakenforliggende teorier, begreper og tidligere relevant forskning (Olsson, 2011). Teorigapittelet skal gi leseren et teoretisk grunnlag for forståelse av oppgaven. Det er derfor viktig at teorien er direkte relevant til forskningsområdet. Store deler av teorigapittelet i denne oppgaven er et resultat av litteratursøkoppgave som ble gjort i forbindelse med fagene TBA4128 og TBA4151 høsten 2017. Teorien om Lean-prinsippene som Just-In-Time, Last Planner og TFV-modellen er funnet gjennom litteratursøkoppgaven. Fire fremgangsmåter benyttes i et litteratursøk (Arksey og O'Malleys, 2002). Dette er søk i elektroniske databaser (1) eller referanselister (2), manuelt søk gjennom nøkkeljournaler (3), og søk gjennom eksisterende nettverk, relevante organisasjoner eller konferanser (4). Alle disse fremgangsmåtene er benyttet i ulik grad og delvis om hverandre i denne oppgaven.

Google Scholar ble brukt som elektronisk database i denne oppgaven. Google Scholar har en svært stor database og er enkel å bruke ved sortering av søk. Oria er NTNUs database av forskjellige typer faglitteratur som er tilgjengelige for NTNUs studenter og ansatte. Oria er dog ikke like lett å sortere og hadde få treff på taktplanlegging. Undertegnede fikk inntrykk av at Google Scholar sorterte søket bedre og ga hjørnesteinsartikler tidlig oppe i søket, mens treff fra Oria virket å være mer basert på faktisk bokstavelig treff. For eksempel dukket flere artikler av Lean Construction pionerne Glenn Ballard og Lauri Koskela opp på forsiden ved enkelt søk på "Lean Construction" hos Google Scholar, mens mindre kjente og relevante artikkelforfattere dukket opp hos Oria.

#### 2.1.2 Evaluering av litteraturstudie

Litteraturstudie som forskningsmetode har sin styrke i at det kan gi et godt overblikk over eksisterende forskning på det aktuelle feltet. Det er en god måte å finne ut hva ledende forskere mener og hvilket fokus forskermiljøet har på det aktuelle teamet. Det kan være svært krevende å kartlegge hele fagfeltet og det er lett å overse viktige aspekter i de ulike artiklene, spesielt når søket består av svært mange artikler. Det er også en personavhengig forskningsmetode og lite

etterprøvbart ettersom at vurdering av hvilke kilder som tas med vil variere fra person til person. Det kan også være utfordrende når fagfeltet er relativt nytt og svært preget av enkeltpersoner og – foretak. Det vil da være begrenset med faglitteratur som man kan støtte seg på og bruk av fagterminologi vil være sprikende.

### 2.1.3 Evaluering av litteraturstudie

Litteraturstudiet som er brukt i denne oppgaven var i utgangspunktet laget for en annen oppgave. Litteraturstudiet i nevnte fag gjøres som regel i forbindelse med en prosjektoppgave, men ettersom at oppgaveforfatter hadde forlenget masterstudiet så forelå det ingen prosjektoppgave da oppgaven ble skrevet. Litteratursøkkoppgaven ble derfor med overlegg gjort veldig generell om Lean Construction slik at det skulle være mulig å bruke informasjonen i ett bredt utvalg oppgaver. Dette fungerte med sin hensikt i denne oppgaven der det utgjør store deler av informasjonen brukt i teorikapittelet.

## 2.2 Dokumentstudie

Dokumentstudie er i denne sammenheng definert som informasjon funnet utenfor litteraturstudiet. Dette er informasjon som har blitt søkt opp direkte gjennom forskjellige databaser, slik som Google Scholar, Oria og IGLC men uten strukturen som følger med et litteraturstudie. Dette er også informasjon tilsendt fra ulike kontaktpersoner, veiledere og intervjuobjekter. Deler av denne informasjonen er opprinnelig til internt bruk og er ikke offentlig tilgjengelig. Det har vært nødvendig å benytte et slikt dokumentstudie for å besvare oppgavens forskningsspørsmål ettersom at litteraturen rundt taktplanlegging er såpass liten. I tillegg er flere viktige dokumenter for denne oppgaven ikke tilgjengelig på nett men ble tilsendt av nøkkelpersoner. Etter samtaler med veileder ble det enighet om at en slik forskningsmetode ville være god for denne type oppgave.

### 2.2.1 Bruk av dokumentstudier

Masteroppgaven bygger på ulike typer dokumenter som beskriver de tre valgte metoden og erfaring rundt disse. Informasjonen er hentet fra en rekke kilder for å besvare oppgavens forskningsspørsmål. Hvilke kilder som er brukt og hvor i oppgaven disse er brukt besvares i dette delkapittelet.

I teorikapittelet er det gjort søk for å finne kompletterende informasjon til funnene gjort i litteraturstudiet. Dette ble gjort gjennom Google Scholar og NTNUs database Oria. Denne oppgaven handlet om grunnleggende prinsipper i Lean men var ikke rettet mot blant annet takt, lokasjonsbasert- og aktivitetsbasert planlegging og buffere. Det var derfor nødvendig å gjøre ytterligere undersøkelser for å gjøre teorikapittelet komplett. Dette ble gjort som et dokumentstudiet. Gjennom disse databasene er det også funnet masteroppgaver og rapporter som omhandler taktplanlegging.

Veileder tipset om å bruke International Group of Lean Constructions (IGLC) database for å finne relevante artikler om taktplanlegging. IGLC holder årlige konferanser der store deler av forskning innenfor Lean, og da også taktplanlegging, presenteres og publiseres på deres eget nettsted iglc.net. Nettsiden ga blant annet 45 treff på søkeordet «takt». IGLC er en respektert konferanse og det stilles strenge krav til kvalitet for at artikler som publiseres. Kilder fra IGLC anses derfor som troverdige. Utover dette det ikke valgt flere søkemotorer for å ikke gjøre det for komplisert i tillegg til at disse tre databasene kompletterte hverandre godt.

Flere av artiklene som dukket opp ved søk i database refererte til andre oppgaver. Hvis dette skjedde i deler av artikler som var relevante ble de fulgt opp, og det viste seg ofte at

artikler som var referert fra andre tekster var bedre enn de som ble funnet først. Det var ofte lettere å finne gode artikler fra artikler man allerede anså som gode fremfor å lete gjennom utallige artikler. Det finnes ingen fagbøker om taktplanlegging spesielt men det er benyttet bøker om lokasjonsbasert planlegging, buffere, historie bak Lean og Just-in-time prinsippet.

Etter å ha gjennomført en litteratursøksoppgave høsten 2017 har oppgaveforfatter kunnskap om hvilke forfattere som er fremtredende i Lean Construction-miljøet. For taktplanlegging anbefalte veileder å sjekke ut Adam Frandson, mens representanter fra Veidekke nevnte Klas Berghede fra den amerikanske entreprenøren The Boldt Company. I samtaler med Glenn Ballard i forbindelse med oppgaven ga han en rekke tips om relevante studier og forfattere.

Gjennom seminarer og intervjuer har oppgaveforfatter mottatt informasjon om de ulike typene taktplanlegging i form av presentasjonsmaterialer, kursmaterieell, blogposter og tips til eksisterende rapporter. Det ble da benyttet direkte søk for å undersøke dette videre. Det er også benyttet direkte søk for å finne informasjon om prosjekter, bedrifter og definisjoner på ulike begreper. Veidekke har en del informasjon om metodene deres, informasjon om bedriften, og deres prosjekter på egen hjemmeside. Også hjemmesidene til Boldt er brukt for å finne nøkkelinformasjon om bedriften.

### 2.1.3 Evaluering av dokumentstudier

Det at taktplanlegging er relativt nytt og sterkt preget av enkeltforetak har vært en utfordring i litteratursøket. Porsche Consulting og Boldt er to store aktører når det kommer til takt. Både Boldt og Porsche har påvirket bruken av taktplanlegging i Veidekke.

Porsche Consulting har ikke skrevet eller bidratt til noen forskningsartikler om temaet og deler sin kunnskap kun gjennom kursing av byggentreprenører. Delene av oppgaven som omhandler Porschetakt er hentet fra presentasjoner tilsendt av kontaktpersoner i Veidekke samt tidligere masteroppgaver om taktplanlegging. Disse er også skrevet i samarbeid med Veidekke og presentasjonene de baseres på er tilsendt fra samme kontaktperson. Beskrivelse av Porschetakt baserer seg også på kursmateriellet brukt av Porsche Consulting ved kursing av personell før bygging av Kunnskapssenteret ved St. Olavs Hospital i Trondheim. Dette er seks presentasjoner med beskrivelse av de ulike aspektene ved Porschetakt. Presentasjonene inneholder mye informasjon så det har vært mulig å få et tydelig bilde på hvordan Porsche ønsket å drive prosjekter i takt. Presentasjonene er fra 2011 så det er godt mulig at Porsche har endret måten de jobber med takt i dag.

Boldt har bidratt i større grad til forskningen men det er mye informasjon som ikke ligger tilgjengelig ute på nett. Det ligger flere artikler publisert i forbindelse med konferanser til International Group of Lean Construction. Det er også beskrevet sin virksomhet i presentasjoner som ligger ute på nett. Også for Boldt er det benyttet gamle presentasjoner. Disse er vurdert som troverdig fordi de er tilsendt fra Klas Berghede, en av de fremste på taktplanlegging i Boldt og som har bidratt til flere artikler om temaet. Det er også benyttet gamle masteroppgaver for å beskrive Boldts virksomhet.

Veidekke har også bidratt med støtte til noen masteroppgaver men har ikke lagt ut eller produsert inngående retningslinjer for bruk av taktplanlegging. Dette er noe Veidekke jobber å få på plass samtidig som at oppgaven skrives. Masteroppgaver som er skrevet tidligere om taktplanlegging ved NTNU er alle i samarbeid med Veidekke Trondheim. Disse har vært til stor hjelp i oppgaven.

De tre databasene benyttet i dokumentstudie er IGLC, Google Scholar og Oria. Disse komplementerer hverandre godt. IGLC har strenge krav til publisering i deres årlige konferanse, så kilder herifra holder høy kvalitet. IGLC har artikler om det nyeste utviklingen innen Lean Construction og da også taktplanlegging. Google Scholar har et bredt spekter med artikler, avhandlinger og rapporter som er publisert, men det er viktig å kvalitetssikre disse kildene. Oria er en god kilde for masteroppgaver og forskningsrapporter gjennomført rundt taktplanlegging. Eksempler på dette er Mordal (2014) og Smiseths (2013) masteroppgaver om taktplanlegging i Veidekke, samt Solem (2012) og Andersens (2013) rapporter om Kunnskapscenteret.

Veidekke jobber som nevnt tidligere med en veileder for bruk av taktplanlegging. Glenn Ballard fortalte i veiledningsmøtet at det også jobbes med en veileder for takt ved UC Berkeley i San Fransisco, California. Dette er derfor et tema som er veldig i vinden, men det finnes mange ulike varianter og bruk av fagterminologi varierer fra artikkel til artikkel.

## 2.2 Intervju

Ettersom at taktplanlegging er et relativt ferskt fagfelt så finnes det begrensede mengder informasjon om dette. Det var derfor nødvendig å gjennomføre intervjuer med representanter fra Porsche, Boldt og Veidekke som hadde erfaring med taktplanlegging. Derfor ble også intervju benyttet som forskningsmetode. Store deler av resultatene funnet i oppgaven bygger på funn gjort i intervju. Det ble gjennomført fokuserte intervju av personer med ulike roller i Veidekke og i ulike avdelinger. I et fokusert intervju vil intervjuet ha en åpen og løssluppen struktur, men vil følge til en viss grad et utvalg spørsmål eller holdepunkter gjennom intervjuet (Yin, 2009). Denne formen passer godt for oppgaver der man ønsker å finne ny informasjon, noe denne oppgaven gjør.

Yin (2009) trekker frem fem egenskaper som er viktige å forberede for å gjennomføre et godt intervju.

- En god intervjuer må kunne stille gode spørsmål. Dette må forberedes på forhånd.
- Det er viktig å være en god lytter og ikke la seg styre av egne tanker eller ideologier.
- Det er viktig å være fleksibel og tilpasningsdyktig. Intervjuet går sjeldent helt etter planen og det er derfor viktig å gjøre det beste ut av det og få best mulig svar i sammenheng med oppgavens problemstilling.
- Det er viktig å hele tidene ha oppgavens mål i bakhodet og ikke la seg distrahere.
- Det er viktig at intervjuer opptrer etisk og ikke lar egne bias spille inn i spørsmålene.

### 2.2.1 Styrker og svakheter med intervju som forskningsmetode

Yin (2009) beskriver flere styrker og svakheter med intervju som forskningsmetode. Intervju har sin styrke i at det kan fokuseres direkte mot oppgavens problemstillinger. Intervju kan også være innsiktsfull ved at det gir et godt bilde av intervjuobjektets oppfatning av årsakssammenhenger og forklaring på oppgavens problemstilling.

Svakhetene er at det kan gi partisk skjevhet i resultatene fordi spørsmålene er stilt en viss retning og at svarene også kan være partiske. Det kan også være unøyaktigheter ved referering, spesielt hvis det ikke blir foretatt lydopptak. Det er også en fare for at intervjuobjektet gir svar som intervjuer vil ha istedenfor det som er sannheten.

### 2.2.2 Gjennomføring av intervju

Masteroppgaven bygger på en prosjektoppgave fra høstsemesteret 2018. I denne prosjektoppgaven ble det gjennomført tre intervjuer. Referater fra disse intervjuene finnes i

vedlegg 4, 5 og 6. Intervjuene fulgte en mal med utgangspunkt i fire punkter; møtestruktur, taktid, kontrollområder og buffere. Det ble spurt om hvordan taktplanelegging brukes i prinsippet rundt disse fire punktene, hvordan det har blitt gjort i praksis og hvordan de mener at det bør gjøres. Denne intervjumalen ligger som vedlegg 1.

I prosjektoppgaven ble det gjennomført intervjuer med tre ansatte i Veidekke Entreprenør. For å finne ut hvordan ulike nivåer i Veidekke tenkte på taktplanlegging så ble det intervjuet én formann og én anleggsleder fra Veidekke Entreprenør Trondheim. Begge hadde erfaring med taktplanlegging fra flere prosjekter. I tillegg viste jeg at det var forskjeller mellom hvordan Osloavdelingen i Veidekke Entreprenør gjennomførte taktplanlegging. Derfor intervjuet jeg også en anleggsleder fra Osloavdelingen. Hensikten var å få flest mulige ulike synspunkter på oppgavens problemstillinger.

I masteroppgaven ble det nødvendig å justere malen. Forskningsspørsmålet om forbedring av metoden var ikke med i prosjektoppgaven så det ble nødvendig å lage en ny mal for å ta inn dette. Det ble også erfart at den første intervjumalen var for omstendelig og ikke inneholdt spørsmål som var viktig for besvarelsen av oppgaven. Den nye intervjumalen ligger i vedlegg 2, og er delt inn etter involvering og type prosjekt. Ettersom at to av intervjuobjektene ikke snakket norsk så ble intervjumal nummer to oversatt til engelsk. Denne intervjumalen finnes i vedlegg 3.

I masteroppgaven ble åtte personer intervjuet. Seks fra Veidekke og to med tilknytning til The Boldt Company. Oppgaveforfatter lyktes ikke med å få tak i representanter fra Porsche Consulting som ønsket å delta i intervju. Anleggsleder ved Kunnskapssenteret ved St. Olavs Hospital i Trondheim, et prosjekt som i denne oppgaven defineres som et Porsche- og Veidekkeprosjekt, ble intervjuet. Flere andre intervjuobjekter hadde også erfaring med Porschetakt. Ett av intervjuobjektene var fra Veidekke Oslo for å utdype hvordan de jobbet med takt i Veidekke Oslo, mens de resterende var fra Veidekke Trondheim. Fire av disse jobbet på Nærbyen, der tre av disse igjen var tømmerbaser i Veidekke. I tillegg ble to personer med tilknytning til The Boldt Company intervjuet. Den ene innehar stillingen som overordnet produksjonsleder i Boldt, mens den andre er produksjonsingeniør hos den amerikanske entreprenøren DPR. Vedkommende har tidligere arbeidet i Boldt og har samarbeidet med selskapet i sin PhD-avhandling om taktplanlegging. Det påpekes i intervjuet at DPRs og Boldts metoder innen taktplanlegging tilnærmet er identiske. Metodene beskrevet av dette intervjuobjektet er derfor vurdert som Boldttakt. En samlet oversikt over intervjuobjektene i både prosjekt- og masteroppgave er presentert i tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over intervjuobjektene

Vedlegg nummer:	Stilling	Relevant erfaring
4	Anleggsleder i Veidekke entreprenør, avdeling Trondheim.	Bachelorgrad fra HiST. Fremdriftsansvarlig for Sykehusbygg ved St. Olavs i Trondheim. Anleggsleder for Veidekke Entreprenør ved Horneberg B3, Moholt 50/50, Psykiatrisk avdeling på Sykehuset Levanger og nå Nye Nidarøhallen.
5	Formann for tømmer i Veidekke entreprenør, avdeling Trondheim.	Utdannet byggmester med fagbrev og mesterbrev. Tømmerbas siden 2011 og i dag formann for tømmer i Veidekke Entreprenør. Var bas på Moholt 50/50, Psykiatrisk avdeling på Sykehuset Levanger, Blussevoll Allé og nå Nærbyen.

6	Anleggsleder i Veidekke entreprenør, avdeling Oslo.	Diverse erfaring fra boligprosjekter i Oslo. Er i dag del av boligutbyggingen på Ulven som skal gjennomføres i takt og utarbeider intern veileder for taktplanlegging i Veidekke.
7	Tidligere ansvarlig for forskning- og utviklingsarbeidet i Veidekke. Nå anleggsleder for Veidekke Entreprenør, avdeling Trondheim.	Er i dag del av boligutbyggingen på Ulven som skal gjennomføres i takt og utarbeider Veidekkes interne veileder for taktplanlegging. Har også vært ansvarlig for forskning- og utviklingsarbeidet i Veidekke.
8	Leder for næringsavdelingen i Veidekke. Tidligere prosjektleder for Veidekke entreprenør, avdeling Trondheim.	12 år innen prosjektledelse for Veidekke Entreprenør, deriblant Kunnskapssenteret ved St. Olavs Hospital i Trondheim som ble bygget med taktplanlegging.
9	Overordnet produksjonsleder (Production Manager) i The Boldt Company.	Begynte med taktplanlegging i sine prosjekter rundt 2008 og har siden drevet en rekke prosjekter med taktplanlegging. Driver i dag overordnet arbeid med gjennomføring og planlegging av Boldts taktprosjekter. Har forfattet og delforfattet en rekke artikler om taktplanlegging.
10	Tømmerbas i Veidekke, avdeling Trondheim	En rekke år som tømmerbas for Veidekke. Nærbyen er det første taktprosjektet han har vært med på.
11	Tømmerbas i Veidekke, avdeling Trondheim	Nærbyen er første prosjekt som bas. Har vært med på flere taktprosjekt tidligere som tømmer, blant annet Moholt 50/50. Har også vært med på taktlignende prosjekt for HENT.
12	Tømmerbas i Veidekke, avdeling Trondheim	Lagleder for en av tømmerbasene på Moholt 50/50 og Blussevoll Allé. Nærbyen er første prosjekt som bas.
13	Anleggsleder for Veidekke Entreprenør, avdeling Trondheim	Trainee på Moholt 50/50. Har vært med i prosjektutviklingen av Nærbyen og sitter i dag som anleggsleder. Nærbyen er første prosjekt som anleggsleder.
14	Produksjonsingeniør i DPR	Var en av de første som begynte å forske på taktplanlegging i byggebransjen. Skriver PhD i taktplanlegging ved UC Berkeley og har tidligere jobbet i The Boldt Company. Planlegger i dag flere prosjekter i takt for DPR.

Intervjuene med representanten fra avdelingen i Trondheim ble gjennomført i person på brakkerigg, mens intervjuet med representanter fra Veidekke Oslo og Boldt ble gjort over telefon. Intervjuobjektene ble sendt intervjumalen på forhånd slik at de kunne stille forberedt til intervjuet. Bakgrunn for spørsmålet og oppgavens mål ble også presentert. Tenkt strukturen ble forklart i starten av intervjuet slik at intervjuobjektet var innforstått med intervjuets rammer. Intervjuene ble tatt opp med samtykke og det ble skrevet referat på de delene av intervjuet som ble brukt i oppgaven. Alle intervjuobjektene har fått tilsendt referat og har fått mulighet til å



komme med endringsforslag før endelig godkjenning. Etter godkjenning ble resultatene analysert og sortert ut ifra problemstillingene og punktene beskrevet over.

### 2.2.3 Evaluering av intervjuer

Det første intervjuet hadde noen oppstartsproblemer ettersom at oppgaveforfatter ikke hadde holdt slike intervju tidligere. Intervjumalen ble i liten grad brukt utover i intervjuet ettersom at praten fløt av seg selv. Rammene for intervjuet var dog forklart på forhånd og intervjuobjektet var likevel innenfor nesten samtlige punkter i malen. Resterende intervjuer gikk bedre og intervjuet ble i større grad holdt innenfor rammene til intervjumalen samtidig som det ble stilt oppfølgingsspørsmål underveis. Den første intervjumalen var nokså detaljert og intervjuobjektene svarte i stor grad på alle spørsmålene under hvert punkt. Det ble derfor kun nødvendig å gå gjennom noen få spørsmål fordi svaret overlappet de andre spørsmålene.

Det er en svakhet i metoden at et av intervjuobjektene som representerer Boldt ikke lengre jobber i selskapet. Det kan være at metoden skiller seg fra hverandre, men ut i fra artikler som beskriver Boldts prosjekter samt intervju med den andre representanten så er det vurdert slik at begge representerer Boldttakt. Intervjuobjektet fra DPR har lang erfaring med takt så det var viktig for oppgaven å få vedkommende med. Det er også enda relativt få som har bred erfaring med taktplanelegging så det var nødvendig for å kunne svare på forskningsspørsmålene.

At ingen representanter fra Porsche Consulting deltok i intervju er en stor svakhet i oppgaven. Selv om flere intervjuobjekter fra Veidekke har jobbet med Porsche så er dette ikke det samme og det gir usikkerhet i om resultatene rundt Porschetakt er helt korrekte.

Det ble bare intervjuet baser på tømmer som jobbet i Veidekke. Disse hadde ulik erfaring med takt, men det hadde vært mer gunstig å ha et bredere spekter av baser. For eksempel ville oppgaven kunne svart bedre for basers erfaring med takt hvis representanter fra flere fag og ulike bedrifter. Dette lot seg dessverre ikke gjennomføre.

## 2.3 Andre informasjonskilder

### 2.3.1 Taktseminar

I forbindelse med at Veidekke skriver en veileder for bruk av taktplanlegging så holdt de et seminar/arbeidsøkt for utvalgte representanter fra Veidekke Entreprenør avdeling Trondheim og Oslo den 5. november 2018. Oppgaveforfatter ble invitert i forbindelse med oppgaven og deltok som observatør. I løpet av dagen presenterte Oslo- og Trondheimsavdelingen hver sin måte å jobbe med taktplanlegging. Det ble diskutert hvordan en veileder bør utformes og det ble gjennomført casearbeid i grupper.

Seminaret var svært nyttig for oppgaven ved at det ble knyttet kontakt med flere som jobber med taktplanlegging i Veidekke. Det ble dermed kartlagt hvem det var gunstig å intervju i forbindelse med oppgaven. Det var en god måte å se hvordan de faktisk drev taktplanlegging og hvordan de tenkte rundt det. Det ble også tilsendt powerpointpresentasjoner brukt i seminaret som ble brukt i oppgaven.

### 2.3.2 Lappeteknikkmøte

Oppgaveforfatter deltok også i lappeteknikkmøte for Nærbyen i Trondheim. Dette var et seminar som gikk over en hel dag den 30. november 2018. Baser fra alle fag utenom kjøkkenmontøren deltok i planleggingen. Det var svært lærerikt å delta på et slikt møte og det

gjorde det lettere å beskrive prosessen i oppgaven. Det ble også knyttet kontakt med flere nøkkelpersoner som senere ble intervjuet i forbindelse med masteroppgaven.

### 2.3.3 Møter med Ballard

I forbindelse med prosjekt- og masteroppgaven ble oppgaven presentert for Glenn Ballard fra UC Berkeley i San Fransisco, USA. Over to møter, ett høsten 2018 og ett våren 2019, ble oppgaven drøftet med Ballard. Ballard kom med flere gode tilbakemeldinger, tips og forslag til litteratur for videre arbeid med oppgaven. Det var også svært nyttig ettersom at Ballard rettet på aspekter av oppgaven og validerte andre deler.

### 2.3.4 Artikkel til IGLC

I forbindelse med masteroppgaven skrev oppgaveforfatterne en artikkel til International Group of Lean Constructions (IGLC) årlige konferanse. Utforming av artikkel hjalp med formulering av oppgaven i tillegg til den endelige strukturen. Det ble også gitt tilbakemeldinger på førsteutkastet som var nyttige for både artikkel og masteroppgaven i form av validering av struktur og funn.

### 2.3.5 Lean Construction Norge

Våren 2019 deltok oppgaveforfatteren på to seminarer med Lean Construction Norge. Først var det et seminar i Trondheim som omhandlet taktplanlegging. Blant annet presenterte representanter fra Veidekke sine erfaringer med takt, og Glenn Ballard holdt et foredrag om taktplanlegging opp mot Last Planner. Det var et godt faglig tilskudd og det ble mulighet for å diskutere oppgaven med flere representanter fra bransjen.

I forbindelse med årsmøtet til Lean Construction Norge ble mastergradsstudenter fra NTNU, BI Oslo og UiA invitert for å presentere sine masteroppgaver innen Lean Construction. Oppgaveforfatter ble invitert og etter presentasjonen ble det mulig å diskutere oppgaven med deltakerne på årsmøtet. Dette ga gode diskusjoner og flere av innspillene og synspunktene er tatt med i diskusjonskapitlet.

### 3. Teori

*Dette kapitlet har til hensikt å legge til grunn teori som danner grunnlaget for taktplanlegging. Historisk utvikling innen Lean og takt, hovedprinsipper innen Lean tilknyttet takt, og beskrivelser av andre begreper er med i dette kapitlet.*

#### 3.1 Historisk Bakgrunn

##### 3.1.1 Henry Fords samlebåndsproduksjon

Den amerikanske bilprodusenten Henry Ford regnes som grunnleggeren av det vi i dag kjenner som samlebåndsproduksjon (Hopp & Spearman, 2001). Denne innovasjonen gjorde masseproduksjon av komplekse mekaniske produkter hurtigere og med lavere kostnad enn annen produksjon på denne tiden. Før Ford kom med sin samlebåndproduksjon var det vanlig praksis at fagarbeiderne monterte delene selv for deretter å montere delene på det ferdige produktet. Ford fant ut at dette var ineffektivt og gjorde om sine fabrikker slik at understellet til bilen ble transportert rundt til de forskjellige stasjonene der arbeiderne jobbet med faste oppgaver. På denne måten fikk man flyt gjennom produksjonen ved at produktet ble ført til arbeiderne på sine faste plasser der de hadde alt av utstyr og materialer. De trengte ikke lengre å bevege seg fra produkt til produkt.

Gjennom systematisk jobbing oppnådde Ford en betydelig reduksjon av gjennomfartstiden for varebeholdningen. I følge Hopp and Spearman (2001) kunne Ford-konsernet bruke kun 81 timer fra mineralene var utvunnet fra en gruve til det var en del en ferdig bil som trillet ut av fabrikken. I gjennomsnitt hadde de en syklustid for lagerbeholdning på kun fem dager. Ford oppnådde høy produksjonstid og hurtig gjennomstrømning av beholdning noe som ga billige og pålitelige kjøretøy (Arnheiter & Maleyeff, 2005). Ved hjelp av kontinuerlige forbedringer i samlebåndsproduksjonen reduserte Ford totalarbeidstid på sin Model T fra 12.5 timer ned til 1.5 timer (Hopp & Spearman, 2001). Dette ga Ford en massiv fordel i markedet og på et tidspunkt var 2/3 av alle biler solgt i USA produsert av Ford.

Henry Ford gjorde også en rekke feil som førte til at de mistet sin dominerende rolle i bilmarkedet. Han var svært tilbakeholden med å lansere nye produkter og tillot svært lite variasjon. Ford er sitert på at «... kunden kan få den fargen de vil på bilen sin, så lenge det er svart». Fords manglende evne til å se mulighetene for å utvikle et bredt spekter med produkter ut ifra standardiserte deler førte til at konkurrenter hentet inn forspranget. Spesielt japanske Toyota så forbedringspotensial i Fords samlebåndsteori.

##### 3.1.2 Toyota Production System

I 1950 besluttet Toyota Motor Company at de for alvor skulle ta opp kampen mot Fords maktposisjon i bilbransjen. Siden 1930-tallet hadde representanter fra Toyota-konsernet reist til Fords hovedkvarter i Detroit og latt seg inspirere av hans samlebåndproduksjon. Etter andre verdenskrig var Japan i ruiner og hadde derfor store mangler når det kom til både kvalifisert arbeidskraft og materialer (Christiansen, Ahrengrot & Leck, 2006). Det var derfor ikke rom for å produsere mer enn det markedet behøvde, det var ingen rom for sløsing. Det måtte produseres riktig produkt og komponenter i rett mengde til rett tid. Det ble satt stort fokus på å redusere sløsing og kontinuerlig forbedring.

De japanske ingeniørene Taiichi Ohno som var Toyotas produksjonssjef, anses som grunnleggeren av Toyota Production System (TPS) som senere har lagt grunnlaget for Lean Production (Inmann, 1999). Ohno brukte 1950- og deler av 1960-tallet til å utvikle og perfektionere maskinoperasjonene i egne fabrikker for å ta opp kampen med de amerikanske

bilselskapene (Christiansen, Ahrengrot & Leck, 2006). De lyktes med å implementere TPS i egne produksjonslokaler men de innså etterhvert at de hadde mer å hente på å utvikle sine egne underleverandører så de benyttet resten av 60-tallet og 70-tallet til å utvikle forsyningsstrategien. Toyota hadde på dette tidspunktet utviklet seg til å bli en verdensledende bilprodusent (Christiansen, Ahrengrot & Leck, 2006).

En av de viktigste årsakene til at japansk økonomi vokste så raskt på 1970- og 1980-tallet var nettopp prinsippet just-in-time (JIT). Hopp og Spearman (2001) argumenterer for at dette var lettere å implementere i Japan på grunn av japansk kultur, historie og geografi. Japan har alltid hatt begrenset tilgang til land og ressurser, noe som har ført til at japanerne har sett seg nødt til å konservere ressursene og tenke bærekraftig. Det var derfor lettere å innføre streng materialkontroll i Japan enn det var i «bruk-og-kast» - samfunnet USA (Christiansen, 2006).

### 3.1.3 Lean Manufacturing

Utover 1970- og 1980-tallet utkonkurrerte Toyota og andre japanske produsenter de amerikanske på både pris og kvalitet. Det var nå amerikanernes tur til å lære av japanske produsenter. I 1990 ga amerikaneren James P. Womack ut boken «*The Machine that changed the world*». Dette var en historisk fortelling av bilindustriens produksjonsutvikling med en omfattende sammenligning av japansk, europeisk og amerikansk praksis. Det som var nytt var begrepet «Lean Manufacturing» og det ble svært populært i mange land og antall brukere, kunnskap og erfaring innen Lean har økt kraftig siden den gangen (Christiansen, Ahrengrot & Leck, 2006).

### 3.1.4 Lean Construction

Lean Construction er prosjektledelsesfilosofi for bygge- og anleggsbransjen som bygger på Lean Manufacturing som er benyttet i andre industrier. Lean Construction fikk sitt akademiske gjennombrudd da Lauri Koskela i 1992 skrev rapporten «*Application of the new production philosophy to construction*» (Drevland, 2016). Glenn Ballard og Greg Howard som hadde flere års erfaring fra byggebransjen i USA hadde i flere år jobbet med noe lignende ved U.C. Berkeley i San Fransisco, USA. Koskelas rapport var det teoretiske grunnlaget Ballard og Howard manglet og de tre opprettet raskt The International Group of Lean Construction (IGLC) og rask etter den første IGLC konferansen i Helsinki i 1993. Siden har det bygget seg stadig større med prosjekter og forskning over hele verden.

### 3.1.5 Porsche takt

Tidlig på 1990-tallet var Porsche nær konkurs da produksjonskostnadene var høye og salget lavt. Ledelsen bestemte seg derfor for å begynne å implementere Lean Production i sin produksjonslinje, inspirert av den japanske bilprodusenten Toyota og deres Toyota Production system. De benyttet blant annet Takt Time Planning fra Toyotas Just-In-Time metode. Dette resulterte i 63% færre feil per bil og reduserte kostnader på 53% per bil (Nash, 1996). Porsche har siden 1992 firedoblet antall biler produsert per ansatt (Porsche Consulting, 2010).

Suksessen førte til at Porsche utviklet Porsche Takt der de forsøkte å overføre prinsippene fra samlebåndsproduksjon inn i andre typer produksjon, blant annet i byggebransjen. Datterselskapet Porsche Consulting holdt kurs og ga konsulenttenester til bedrifter som ønsket å innføre takt i sine prosjekter.

### 3.1.6 Takt i Veidekke

Veidekke Entreprenør tok først i bruk taktplanlegging i 2010 ved bygging av kunnskapssenteret ved St. Olavs Hospital i Trondheim (Skaret, 2018). Porsche Consulting sto for kursing av ansatte på prosjektet. Siden den gang har taktplanlegging blitt brukt i varierende grad på flere prosjekter av Trondheimsavdelingen til Veidekke Entreprenør. Blant annet Horneberg B3, Moholt 50/50, Psykiatrisk avdeling ved Sykehuset Levanger, Nye Nidarøhallen og Nærbyen (Skaret, 2018).

## 3.2 Prinsipper

### 3.2.1 Just-in-time

Just-In-Time (JIT) er en metode inne Toyota Production Systems der organisering av produksjon er basert på pull-systemet. Levering av varer og materialer blir utført med en gang det er klart for installasjon i påfølgende stasjon. Installasjon gjøres deretter umiddelbart for å unngå buffere og unødvendig lagring (Tommelin & Li, 1999). I tradisjonell produksjon vil produserte mengder bestemmes ut ifra prognoser. Varer sendes videre i de mengder som produseres ovenfra, ikke avhengig av hvor mye påfølgende aktivitet behøver for å oppfylle bestillingskravet fra kunden. Det tas heller ikke hensyn til om påfølgende aktivitet er klar for arbeidspakkene som sendes. Dette er et såkalt push-system.

JIT vil kun produsere de eksakte mengdene som er bestilt av kunde. Siste aktivitet før ferdigstilling gir beskjed om hvilke mengder og til hvilken tid de må ha fra de andre aktørene i produksjonen. Disse gir deretter beskjed om hva de trenger fra deres foregående stasjoner for å oppfylle den påfølgende aktørs krav. Disse kravene sendes hele veien bakover i systemet slik at man til slutt produserer akkurat de mengdene i første stasjon som vil tilsvare etterspørsel. Målet til JIT er å kjøpe inn riktig mengde materialer samt levere disse til rett tid og mengde for hvert steg i produksjonen. JIT benyttes nokså sjeldent i bygge- og anleggsbransjen grunnet at metoden ofte krever mye planlegging, er ømfintlig for forsinkelser, og avhenger av fleksible og pålitelige leverandører (Tommelin & Li, 1999). Derimot når man bygger i tettbygd område på trang byggeplass vil JIT være vanligere. Det vil være begrenset hvor mye som kan kjøres inn og lagres på byggeplass til enhver tid så man må derfor i langt større grad planlegg i henhold til JIT. Også når det kommer til betong er JIT ofte benyttet. Fersk betong kan ikke lagres for lenge før den må støpes og det er forholdsvis enkelt å beregne ønsket mengde og kvalitet.

Det absolutte målet til JIT er å få null inventar. Dette er et ideal og ikke et konkret mål, det er umulig i praksis å ha null inventar men idealet er der fordi man alltid skal strebe etter å bli bedre (Hall, 1983). Hall (1983) beskrev de syv nullen som ulike kriterier som kreves for at produksjon skal nærme seg null inventar.

1. **Null feil og mangler.** Det er essensielt at delene har god kvalitet når de kommer frem til arbeidsstasjonen. Etersom at det ikke er beregnet inventar for slike feil vil det gi forsinkelser i produksjon. Det er ikke akseptabelt med feil i noen grad.
2. **Null ekstra produksjonsmengder.** I et JIT-system er målet å etterfylle lageret til nedstrøms aktiviteter i samme tempo som det tas ut. Siden nedstrøms aktiviteter kan være avhengig av ferdigstilling at mange deler så vil maksimal respons oppnås ved at hver arbeidsstasjon er kapabel til å erstatte nødvendige deler nedstrøms i samme tempo. Hvis de ulike stasjonene bare kan produsere i store mengder vil det bli vanskeligere å etterfylle nedstrøms aktiviteter med nødvendige deler i høyt nok tempo og det kan oppstå forsinkelser.
3. **Null oppsett.** Den vanligste grunnen til at det produseres langt mer enn nødvendig i produksjonssystemer er på grunn høy ventetid på oppsett mellom ulike aktiviteter. Hvis det tar lang tid å sette opp for ulike typer produksjon er det naturlig å produsere hver

del i store batcher mellom hvert oppsett. Det er derfor essensielt at det ikke brukes tid på oppsett for at det skal være mulig å oppnå null ekstra produksjonsmengder.

4. **Null stopp i produksjon.** Ideell JIT produksjon kan ikke akseptere planlagte brudd i produksjon på grunn av maskinfeil eller stopp på grunn av menneskelig feil.
5. **Null håndtering.** Hvis deler er produsert i riktig mengde til riktig tid må delene ikke behandles mer enn absolutt nødvendig. Målet er ingen ekstra flytting til og fra lager, der idealet er at deler flyttes direkte fra arbeidsstasjon til arbeidsstasjon uten lagring imellom. All ekstra tid vil stride imot JIT ettersom at deler må produseres raskere for å kompensere for den sløste tiden.
6. **Null fullføringstid.** Ved perfekt JIT-produksjon vil man få flyt i produksjon slik at nedstrøms produksjon vil få nødvendige deler umiddelbart ved forespørsel. Nøyaktige produksjonsmengder går en lang vei i å redusere effektiv fullføringstid for å fullføre de ulike delene, men selve produksjonstiden er også viktig. Null fullføringstid er ikke mulig men er som JITs mål om null ventetid et ideal som man alltid skal strekke seg etter.
7. **Null variasjon i produksjon.** I en ideell JIT-produksjon der det produseres nøyaktig så mye som trengs vil flyten av materialer gjennom fabrikken være jevn så lenge produksjonsplanen er jevn. Hvis det er plutselige variasjoner i størrelse på produksjon vil systemet ikke ha buffere til å håndtere endringen og det vil bli forstyrrelser i produksjon og forsinkelser. Det er derfor viktig å minimere variasjon i produksjon.

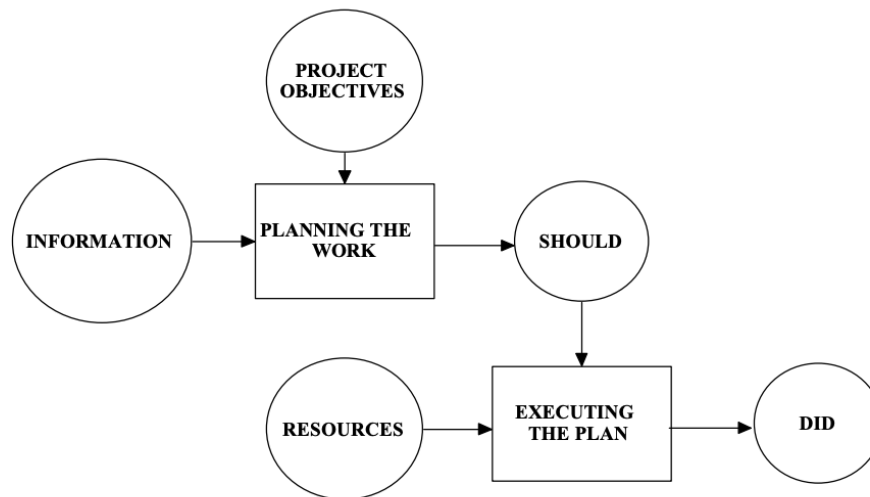
Som nevnt tidligere er null inventar umulig å oppnå i praksis og det er også alle de syv nullene. Meningen med de er at man alltid skal ha noe å strekke seg etter og alltid bli mer effektiv i alle deler av prosessen, og det kan sies at JIT har hatt stor suksess tidligere. JIT er essensielt for å kutte unødvendigheter gjennom hele produksjonslinjen ved hjelp av repeterende forbedring.

### 3.2.2 Last Planner

Last Planner er et system for planlegging som brukes i produksjon og er laget for å gi bedre forutsigbarhet når det kommer til arbeidsflyt (Ballard, 2000). Også i Last Planner er pull-systemet sentralt. I tradisjonelle produksjonskontroll planlegges arbeidet på grunnlag av prosjektmål og tilgjengelig informasjon. Det tas ikke hensyn til utfordringer eller begrensninger i nedstrøms aktiviteter. Prognoser følges og man ser ikke på hva som kan gjøres i produksjon bare hva som burde gjøres.

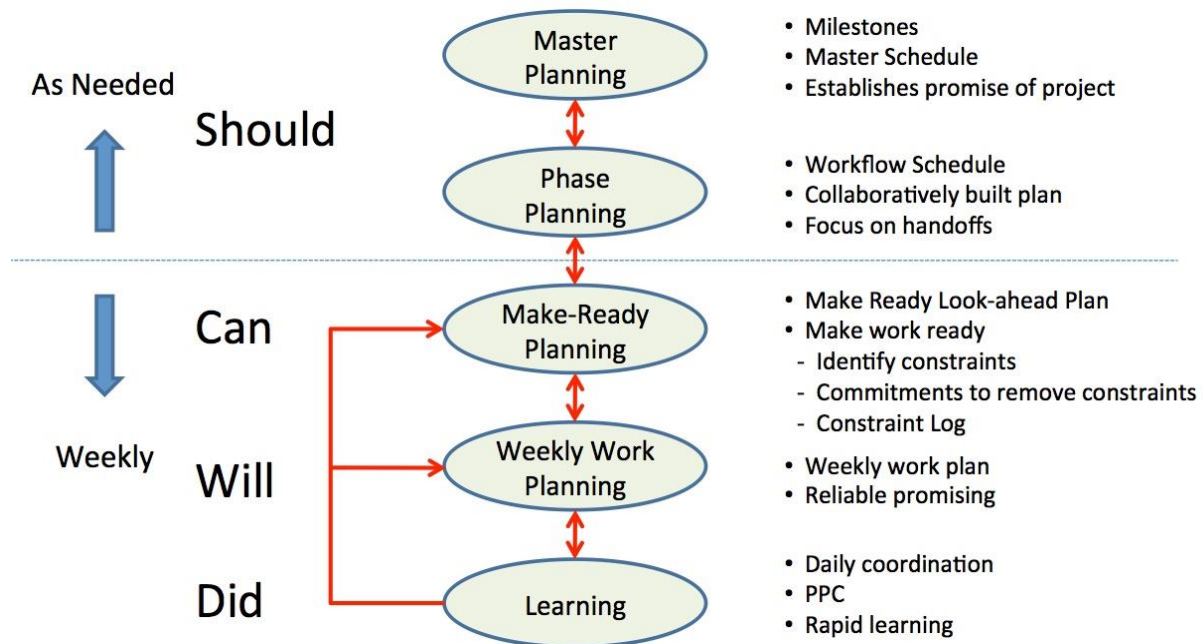
Både tradisjonell planlegging og Last Planner begynner prosessen med å planlegge og kartlegge arbeidet og ut ifra dette finne ut hva som bør (should) gjøres i prosjektet. Dette gjøres på bakgrunn av prosjektets målsetninger og informasjon om prosjektet. Tradisjonell planlegging bruker informasjonen om hva som bør gjøres sammen med informasjon om tilgjengelige ressurser til å utforme en utførelsesplan som sier hva som blir gjort (did). Dette er illustrert på tegningen til venstre i figur 1.

## A Traditional (Push) Planning System



Figur 1: Tradisjonelt planleggingssystem (Ballard G., 2000)

I Last Planner er det en del annerledes. Først legges en hovedplanfremdriftsplanen (Master Plan) der man fokuserer på hva som bør (should) gjøres for å få et suksessfylt prosjekt. Dette inkluderer milepæler for faseoverganger, overordnet fremdriftsplan og grunnleggende premisser for prosjekter. Videre planlegges prosjektet i faser (Phase Planning). Dette gjøres to til tre måneder før oppstart av de ulike fasene. Med fase menes en del av prosjektet som er naturlig å definere som en egen enhet og er som regel mellom to av milepælene satt i hovedfremdriftsplanen. Dimensjon og lengde på fasene avhenger av prosjektets størrelse og kompleksitet. I faseplanleggingen utvikles avtaler mellom baser, formenn og prosjektledelse. Faseplanlegging i Last Planner benytter Pull-prinsippet med tydelige krav om rekkefølge på overlevering og krav til gjennomføring. Faseplanleggingen er et godt tidspunkt å avtale hastighet på arbeidet og skape en stabil flyt med lite variasjon i arbeid. I tredje punkt i et Last Planner system planlegges det som kan (can) gjøres. Dette gjøres i en klargjøringsplan (Make-Ready-Plan) i samarbeid med representanter fra et aktuelle underentreprenørene og prosjektledelsen. Her løses begrensninger som hindrer en planlagt aktivitet i å bli ferdigstilt. Dette kan være problemer knyttet til bemanning, materialer, utstyr og offentlige tillatelser. Ansvar for å løse disse begrensningene blir delegert og problemer bli loggført. Deretter lages en ukeplan (Weekly Work Plan) som bestemmer hva som vil (will) gjennomføres den neste uken basert på hva som bør og kan gjøres. Alle aktørene forplikter seg til et sett av oppgaver og dette utformes videre til ukentlige arbeidsplaner. Disse arbeidsplanene, sammen med tilgjengelig resurser, bestemmer produksjon og hva som blir gjort. Til slutt har man læring (Learning) som siste punkt i Last Planner system der man tar med erfaringer på hva som har blitt gjort (did). Dette gjøres daglig gjennom korte koordineringsmøter der man kartlegger om de ulike aktiviteten er på planen. Hvis de ikke er det diskuteres nødvendige tilpasninger for å holde seg på planen. Last Planner systemet er illustrert i figur 2.



Figur 2: Last Planner system (Richert T., 2017)

Lauri Koskela (1992) delte Last Planner inn i fem prinsipper:

1. Oppgaver skal ikke starte før alt nødvendig forarbeid er gjennomført. Dette fordi man skal redusere sløsing ved arbeid i sub-optimale forhold.
2. Gjennomføringsandelen av oppgaver i forhold til totale oppgaver skal måles kontinuerlig for å få bedre oversikt over prosjektet underveis og redusere variabilitet i aktivitetene.
3. Det er essensielt å finne årsaker til forsinkelser og forbedrer det umiddelbart.
4. Prosjektleder skal alltid ha en buffer med arbeidsoppgaver for de ulike aktørene slik at man kan skifte arbeidsoppgave hvis en aktivitet ikke lar seg gjøre.
5. Planlegg minst 3-4 ukeperspektiv for at nødvendig forarbeid for kommende aktivitet blir ferdigstilt.

Last Planner bidrar til å produsere riktige mengder, til riktig tid gjennom en hel produksjonsprosess. Det tar bedre hensyn til endringer underveis og legger til grunn hva som kan gjøres før det faktisk skal gjøres.

### 3.2.3 TFV-modellen

I boken *An exploration towards a production theory and its application to construction* stiller Koskela (2000) spørsmål om det er mulig å formulere en teoretisk teori for produksjonsteknikk i byggebransjen. Ved hjelp av vitenskapelige artikler fra de siste 150 årene har han kommet frem til tre konsepter brukt innen industri for å forklare produksjon. Alle disse kan overføres til byggenæringen.

Det første konseptet, og historisk mest brukte, er transformasjonsmodellen. Den fremstiller produksjon som en transformasjon fra input til output. Her brytes prosjektet inn i overordnede faser og videre ned til enkeltaktiviteter på grunnlag av ressurs- og tidsbruk. De sorteres deretter i en tilsynelatende logisk rekkefølge og fordeles til prosjektets aktører. Effektivisering gjøres ved å minimere tid og kostnader for aktivitetene hver for seg. Transformasjonsmodellen er svært behjelpelig når man kartlegger hvilke oppgaver som er nødvendig å gjennomføre i prosjektet, men er ikke nyttig når det kommer til å unytte bruk av



ressurser. Metoden er også ugunstig når en skal forsøke å best mulig oppfylle kundens krav og forventninger til endeproduktet.

Det andre konseptet er flytmetoden, som har blitt videreutviklet gjennom Leanfilosofien. Lean følger flyten av materialer og komponert gjennom transformasjon, inspeksjon, flytting og venting og har som hovedmål å eliminere sløsing. Dette gjøres gjennom å skape kontinuerlig forbedringer og flyt mellom aktiviteter på byggeplass, i tillegg til å skape pull i produksjonskontrollen. Bedre flyt skapes gjennom å redusere ledetid for de ulike arbeidsstasjonene, og redusere variabiliteten i tidsbruk og kompleksitet. Koskela poengterer at Lean-filosofien skal skille mellom kostnader som skaper verdi for kunden og kostnader som ikke skaper verdig for kunden. Det er sistnevnte kostnader som skal reduseres.

Det tredje konseptet går ut på å se på det verdigenerende i et prosjekt. Målet med denne metoden er å skape best mulig verdi fra kundens perspektiv ut ifra kravene satt i prosjektets tidligfase, og hovedmålet er å eliminere aktiviteter som ikke skaper verdi for kunden.

Koskela argumenterer for at disse konseptene for produksjon ikke er konkurrerende teorier, men heller komplementære. Det som er nødvendig er en produksjonsteori som har verktøy til å integrere transformasjon, flyt og verdi inn i prosjektet. Koskela kaller denne teorien for TFV-teorien. TFV-teorien skal gi oppmerksomhet til planlegging, gjennomføring og forbedring av produksjon gjennom "linsen" til de tre synspunktene.

#### 3.2.4 Lokasjonsbasert planlegging

Lokasjonsbasert planlegging er, følge Kenley og Seppänen (2010), planlegging der fokuset på fysisk forflytting av ressurser gjennom områdene i et byggeprosjekt står i sentrum. Fokuset ligger på de ulike oppgavene som skal utføres, der oppgaven er en sammensetning av mindre aktiviteter som skjer flere steder i produksjonen. Lokasjonsbasert planlegging visualiserer prosjektet ved å sette sammen en samling av aktiviteter i et område til en hel overordnet oppgave. Alle relasjoner internt i hver oppgave og mellom alle de ulike oppgavene omfattes av lokasjonsbasert planlegging.

Empire State Building som ble bygget på 1920-tallet benyttet lokasjonsbasert planlegging for og en tidlig form for flytdiagram for å planlegge og kontrollere produksjonen. Med en målsetning om å etablere en produksjonslinje av standardiserte deler ble det 102 etasjer høye bygget ferdigstilt på kun 18 måneder. Prosjektet hadde en syklus på én etasje per dag, hadde rekordlavt antall ulykker for sin tid i tillegg til å levere under budsjett (Kenley, R. og Seppänen, O., 2010). Betegnelsen lokasjonsbasert planlegging ble først tatt i bruk i 2004 av Kenley (2004) for å tydeliggjøre forskjellen mellom lokasjonsbasert- og aktivitetsbasert planlegging.

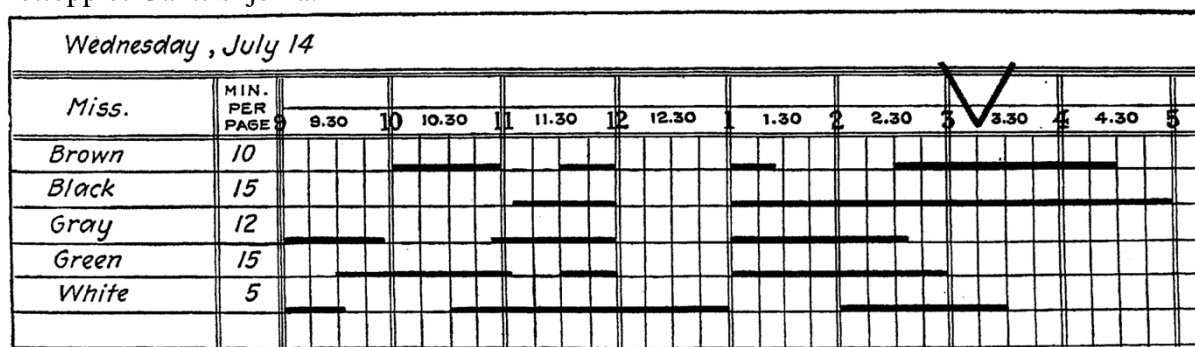
#### 3.2.5 Aktivitetsbasert planlegging

Aktivitetsbasert metoder er planlegging og kontroll som baserer seg mengden arbeidsoppgaver som må gjøres (Ballard, 2000). Ut ifra antall aktiviteter, avhengigheten mellom disse og tid for gjennomføring så kan man sette opp en prosjektplan. Ressursbehovet estimeres i forkant ved at det settes opp et budsjett for hver aktivitet. Dette budsjettet overvåkes gjennom produksjonen og vurderes mot budsjettet.

I aktivitetsbasert planlegging defineres arbeid som en serie pakker som kun har et tidsbasert forhold til hverandre. Aktivitetsbaserte metoder tar ikke hensyn til en

arbeidsoppgaves lokasjon og hvordan plassering av arbeidsoppgaver påvirker hverandre (Kenley og Seppanen, 2010). To viktige verktøy innen aktivitetsbasert planlegging er «kritisk vei metoden» og Gantt-skjemaet. Kritisk-vei metoden (Critical Path Method) organiserer et prosjekts aktiviteter ved å identifisere den sekvensen av aktiviteter som er kritisk for gjennomføringen av prosjektet. Alle prosjekter har en rekke aktiviteter som skal gjennomføres og de er ofte avhengige av hverandre. Den sekvensen av aktiviteter som er lengst i tid vil være definerende for prosjektets varighet. Ved å endre varigheten på en av disse vil man også endre varigheten på hele prosjektet. Dette er derfor et godt verktøy for å finne varigheten på prosjektet og deretter optimalisere varigheten ved å få kortest mulig gjennomføringstid.

Gantt-skjemaet er en oversiktlig måte å fremstille aktivitetsbasert planlegging (Wilson, 2003). I et Gantt-skjemaet viser første kolonne hvilke aktiviteter som skal gjennomføres og andre kolonne viser hvor lang tid det er forventet å ta. Figur 3 viser et enkelt eksempel på nettopp et Gantt-skjema.



Figur 3: Enkelt eksempel på Gantt-skjema (Wilson, 2003)

### 3.2.6 Buffere

Alle prosjekter vil ha variabilitet i forhold til den planen man har lagt. Det vil alltid være uforutsette hendelser så man må derfor legge inn buffere for å kunne håndtere disse uforutsette hendelsene uten at det påvirker produksjon, inntjening og ferdigstillelsesdato i nevneverdig grad. Ulike typer prosesser bruker ulike typer buffere. Det er viktig å ha kunnskap til ulike buffere i en planleggingsprosess for å kunne velge rett.

#### Tidsbuffer

Tidsbufferer tillater variasjon i produksjonshastigheten ved å legge inn ekstra tid på beregnet timeverk. Lumsden (1968) deler tidsbufferer inn i to typer tidsbufferer.

- *Fasebuffer* (stage buffer) er tidsbufferer som settes imellom ulike faser og milepæler av prosjektet. Dette gjøres for å øke fleksibiliteten ved store forsinkelser grunnet grunnforhold, værforhold og lignende.
- *Aktivitetsbufferer* (activity buffers) er tidsbufferer som settes inn for å kompensere for tilfeldige ulikheter i produktivitet og problemer som oppstår i det ulike aktivitetene. Dette kan for eksempel være transport av utstyr, statusmøter, ulike typer hindringer eller menneskelige feil som gir små forsinkelser i hverdagen.

#### Arbeidskapasitetsbufferer

Arbeidskapasitetsbufferer, eller finansielle reserver, oppnås gjennom å underbelaste kapasiteten til et arbeidslag ved å tilegne arbeid som tilsvarer mellom 70% og 80% av forventet kapasitet (Frandsen, Berghede & Tommelein, 2015). På denne måten kan man kompensere for eventuelle variasjoner i produksjon og uforutsette hendelser. Innen taktplanlegging brukes kapasitetsbufferer og det forventes at vognene skal fullføre før tiden for så å jobbe med arbeidsoppgaver som ikke er med i taktplanleggingen, forberede arbeid til neste taktsekvens, og/eller ta steg for å forbedre produksjonene (Frandsen et. al, 2015). Ved høy produktivitet

i forhold til satt takttid kan antall arbeidere i vognen reduseres. Ved lav produktivitet eller forsinkelser kan man øke bemanningen.

#### *Områdebuffer*

Områdebuffer er områder det ikke skal utføres arbeid på. For taktprosjekter legges dette typisk etter vogner der det er stor usikkerhet rundt fremdrift. Innen takt kan områdebuffer være tomme vogner i toget som kan brukes om man skulle få forsinkelser. Hvis det er flere aktiviteter som skal utføres av foregående aktivitet er det mulig å påbegynne deler av neste aktivitet hvis man ligger foran skjema eller at neste vogn kan starte på aktiviteter som er ferdigstilt mens den forsinkede vognen gjør seg ferdig. Et eksempel på dette vil være bygging av et leilighetskompleks i takt der hver vogn skal fullføre flere leiligheter i hver takttid. Da er det mulig å bli enig om en rekkefølge på ferdigstillelse av leiligheter slik at man kan bruke de første leilighetene i vognen som buffer.

#### *Planbuffer*

Planbuffer er arbeidsoppgaver som ikke er like avhengig av fremdriften for prosjektet og som derfor står fritt til å utføres senere i prosjektet når det er tilgjengelig kapasitet til å gjennomføre dette. Disse områdene eller aktivitetene bør helst ikke være kritiske tidsmessig for prosjektet slik at man kan la dette området kan være underbemannet i perioder når det er nødvendig. Det er også mulig å sende fagarbeidere dit om man skulle være foran skjema i enkelte områder eller om det skulle oppstå forsinkelser slik at man ikke kan jobbe.

#### 3.2.7 Sløsing

Et av de viktigste målene i Lean-filosofien er å redusere sløsing i produksjon. Sløsing er aktivitet som ikke bidrar til økt verdi i sluttproduktet men som likevel krever tid og ressurser. Det skilles ofte mellom nødvendig sløsing og ren sløsing. Nødvendig sløsing er umulig å unngå med kunnskapen og teknologien vi har i dag, mens ren sløsing er aktiviteter som det er mulig å unngå (Denzler et al., 2015). Nødvendig sløsing er arbeid som ikke gir direkte verdi for kunden men som er nødvendig for gjennomføring senere i prosjektet. Dette kan være planlegging, rigg, HMS og administrative oppgaver. Ren sløsing er aktivitet som ikke skaper verdi for noen parter i produksjon. Dette kan for eksempel være venting, ombygging og forstyrrelser.

Produksjonslederen i Toyota, Taiichi Ohno, som var essensiell i utviklingen av Toyota Production System identifiseres syv former for sløsing masseproduksjon (Koskela et al., 2013).

1. Sløsing på grunn av overproduksjon
2. Sløsing på grunn av venting
3. Sløsing på grunn av transport av materialer
4. Sløsing på grunn av prosessering
5. Sløsing på grunn av varebeholdning
6. Sløsing på grunn av unødvendig forflytting av arbeidere
7. Sløsing på grunn av defekte produkter

Disse syv punktene har også blitt adoptert til Lean og brukt mye i annen stasjonær industri. Dette kan også overføres direkte til byggebransjen via Lean Construction og videre inn i taktplanlegging.

#### 3.2.8 Involverende planlegging

*«Involverende planlegging (IP) er en metodikk for å drive framdriftsplanlegging i prosjektbasert produksjon, i samsvar med våre prinsipper for godt forbedringsarbeid»<sup>1</sup>.*

---

<sup>1</sup> Veidekke, u.å., a

Veidekke har drevet med involverende planlegging i form av økt involvering i produksjonen fra 2003 i ulike avdelinger, blant annet avdelingen i Trondheim (Smiseth, 2013). I 2006 startet Veidekke Entreprenør med systematisk utprøving av IP. Frem til 2010 ble IP testet på en rekke prosjekter og det resulterte i at det ble utviklet en intern veileder for hvordan Veidekke skulle jobbe med involverende planlegging.

IP har som hovedmålsetning å skape flyt i produksjon og redusere tapt tid. Dette gjøres ved hjelp av involvering. Alle aktører deltar i planlegging av egen hverdag<sup>1</sup>. Involverende planlegging dreier seg om at<sup>2</sup>:

- Planer lages i fellesskap 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.

Disse punktene er viktige prinsipper i involverende planleggings hovedelementer. Et av hovedelementene i IP er arbeidsinndeling i tid. Ulike nivåer av ledelse planlegger i forskjellige tidshorisonter. Prosjekt-, prosjektering- og anleggsleder planlegger i en tidshorison på fire til ti uker. Formennene planlegger to til fem uker frem i tid, basen planlegger én til fire uker frem i tid og fagarbeiderne forholder seg til det som skjer den neste uken. Ved at ulike nivåer ser på ulike tidshorisonter får man bedre oversikt og klarere grensesnitt mellom nivåene. Møtestrukturen er lagt opp etter denne fordelingen.

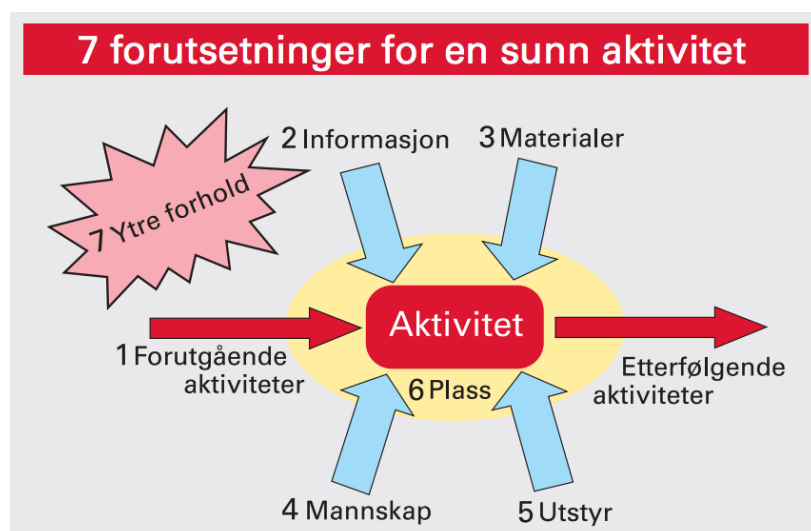
Hindringsanalyse er en viktig del av IP i Veidekke. Ut ifra de 7 forutsetningene fra Last Planner System vil man i hindringsanalysen systematisk analysere og fjerne hindringer i driften slik at aktiviteten blir sunn. En aktivitet er sunn når den kan utføres uhindret, altså at aktiviteten gjennomføres effektivt, med riktig mengde og kvalitet på en forsvarlig måte som ivaretar helse og sikkerhet. De syv forutsetningene er illustrert på figur 4 og er (Skaret, 2018):

1. **Forutgående aktiviteter** skal være avsluttet og ha riktig kvalitet.
2. **Informasjon** som tegninger og spesifikasjoner skal være på plass og ivareta ønsket kvalitet, helse og sikkerhet.
3. **Materialer** i riktig mengde og kvalitet må være på plass ved oppstart av aktivitet.
4. **Utsyr** som sikkerhetsutstyr og utstyr for utførelse av aktiviteten må være på plass. Utstyret skal være effektivt, sikkert og lite belastende for de som bruker det.
5. **Mannskapet** må ha riktig kapasitet og kompetanse for jobben som skal gjøres. Mannskapets behov for variasjon i arbeidsoppgaver må også ivaretas.
6. **Plassen** for arbeidsutførelse må være ryddet og klargjort. Alle nødvendige sikkerhetstiltak må være på plass.
7. **Ytre forhold** slik som tillatelser og godkjenninger fra offentlige etater, naboer og/eller byggherre må være gitt. Ytre forhold omhandler også værforhold.

---

<sup>1</sup> Veidekke u.å., a

<sup>2</sup> Veidekke u.å., b



Figur 4: 7 forutsetninger for sunn aktivitet<sup>1</sup>.

Først når alle disse syv forutsetningene er på plass vil aktiviteten være sunn og klar for gjennomføring. Hvis en av forutsetningene ikke er til stede kan det hindre fremdriften i produksjonen.

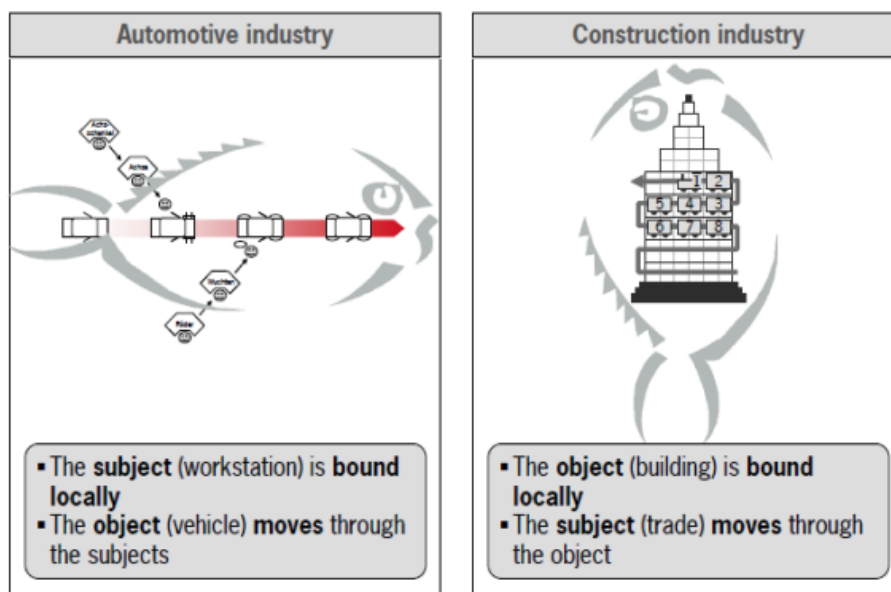
I plansystemet til IP legges det en overordnet strategisk plan én gang. De operative planene tar utgangspunkt i de strategiske planene og vil få økt detaljering jo nærmere det kommer utførelse. Ulike plannivå har ulike eiere<sup>2</sup>. Møtestrukturen er tilpasset til de ulike møtene. Hvert møte har ulike eiere og det er bestemte saker innenfor bestemte tidshorisonter som diskuteres. Basmøting diskuterer innværende uke og neste uke, lagsmøtet diskuterer hva som skal skje påfølgende uke, basmøtet diskuterer saker to til fire uker frem i tid, og driftsmøtet diskuterer saker som ligger fem til ni uker frem i tid. Aktiviteter må erklæres sunne ut ifra de syv forutsetningene i driftsmøtet før det kan sendes videre til basmøtet.

### 3.2.9 Taktplanlegging

Taktplanlegging er et Lean-verktøy og har som alle andre Lean-verktøy mål om å redusere sløsing og øke verdi. Dette gjøres ved å skape et stabilt miljø for implementering av Last Planner ved å fremme kontinuerlig flyt av arbeid for de ulike fagfeltene på byggeplassen (Frandsen et al. 2014). Teorien bak metodikken er hentet fra Lean-filosofien som igjen kommer fra Henry Fords samlebåndsproduksjon. Taktplanlegging kalles ofte byggebransjen svar på samlebåndsproduksjon. Dette fordi mange av prinsippene for å oppnå jevn produksjon er tatt med fra samlebåndsproduksjon, men forholdet mellom objekt og subjekt er snudd på hodet. I samlebåndsproduksjonen vil objektet, altså varen, gå gjennom subjektet, altså arbeidsstasjonene. I byggebransjen er det motsatt. Der vil subjektet, altså fagarbeiderne, bevege seg gjennom objektet, som her er konstruksjonen. Dette visualiseres som et tog med flere ulike vogner, som representerer fagområdene, kjører på gjennom alle de inndelte områdene på samme taktid. Se figur 5.

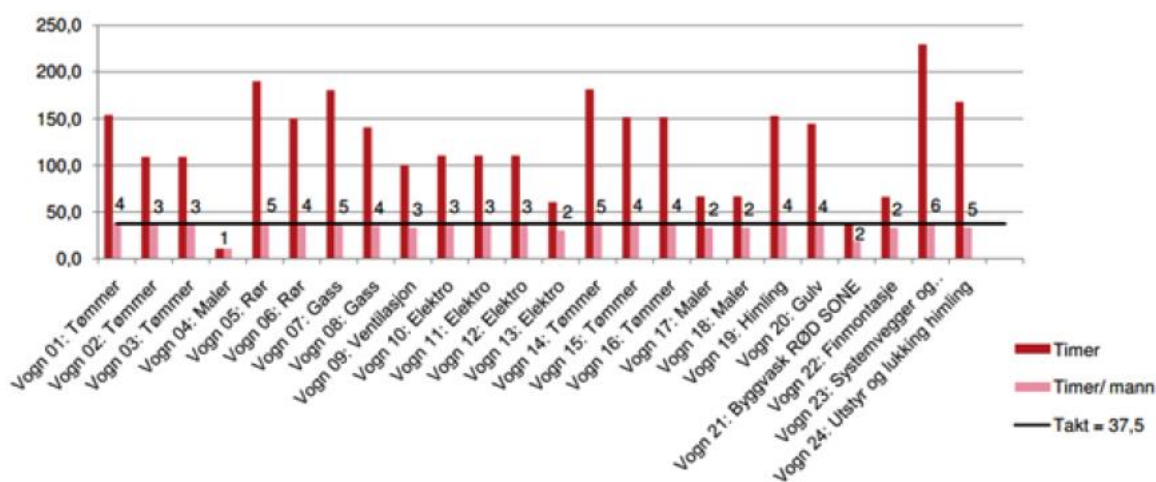
<sup>1</sup> Veidekke, u.å., b

<sup>2</sup> Veidekke, u.å., b



Figur 5: Sammenligning mellom bilindustrien og byggebransjen. (Porsche Consulting 2011)

Prosjektet deles inn i kontrollområder, altså soner, basert på fagene som skal gjennomføre arbeid i de områdene, arbeidsmengde for de ulike fagene samt områdets repeterbarhet. Etter at kontrollområder er delt inn skal takttiden settes. Takttiden er tiden hver vogn har å fullføre hvert kontrollområde. Taktprinsippet går ut på å sette riktig mengde arbeidskraft og ressurser til hver vogn slik at de oppnår samme takt. I et byggeprosjekt vil det alltid være ulike aktiviteter som krever ulik tid og ressurser og for at taktplanlegging skal fungere så er det essensielt at disse balanseres ut for å få god flyt i arbeidsprosessen (Andersen, 2012). Arbeidsinnholdet i de ulike kontrollområdene gir forventet arbeidstid. Ved å justere bemanningen kan man sikre at alle vognene holder den gitte takttiden. For aktiviteter som ikke styres av arbeidskraft for hvert fag må dette tas hensyn til og justeres for ved å gi én til flere takter. Dette kan for eksempler være herdetid for betong eller tørketid for maling. Figur 6 viser et eksempel fra bygging av Kunnskapssenteret ved St. Olavs Hospital i Trondheim. På forhånd har de regnet ut hvor lang tid det vil ta å utføre hvert kontrollområde og har deretter justert bemanningen i hvert kontrollområde slik at man får en felles taktid.



Figur 6: Eksempel på justering av bemanning for å tilpasse satt taktid (Skaret, 2012)

Taktplanlegging er basert på lokasjonsbasert planlegging med målsetning om å kontinuerlig arbeidsflyt. Taktplanlegging faller innenfor lokasjonsbasert planlegging fordi man planlegger prosjektet ut i fra områder, ikke aktiviteter slik det gjøres i aktivitetsbasert

planlegging. Forventede fordeler med metoden er redusert prosjektvarighet og -kostnader, i tillegg til økt forutsigbarhet på arbeidsflyten. Det blir lettere å definere og levere de ulike aktivitetene nødvendig informasjon og materialer til riktig tid (Linnik, et al, 2013). Det er dog en fare for kapasitetstap (Frandsen , et al, 2013). Det er å forvente at vogner som følger etter hverandre gjennom kontrollområder vil ha ulik gjennomføringstid. Den vognen med lengst gjennomføringstid vil være den naturlige flaskehalsaktiviteten. De som er raskere enn flaskehalsaktiviteten risikerer å tape kapasitet som følge av varierende arbeidsmengde mellom kontrollområdene. Dette kan unngås ved å justere bemanning eller at ekstra ressurser kan benyttes i andre områder.

Det finnes flere ulike typer taktplanlegging og det er vanskelig å beskrive taktplanlegging videre uten å komme inn på de ulike varianten som beskrives i påfølgende resultatkapitel.





## 4. Resultater

Opgavens forskningsspørsmål er «hvilke typer taktplanlegging finnes», «hva er erfaringene med disse» og «hvordan kan man forbedre metoden». I denne resultatdelen beskrives resultater knyttet til disse tre forskningsspørsmålene ut i fra litteraturstudie, dokumentstudier og intervjuer som er gjennomført.

Kapitel 4.1 beskriver de tre metodene ut i fra, kontrollområder og takttid, involvering og buffere. I kapitel 4.2 er presenteres erfaringer med de tre metodene og til slutt i kapitel 4.3 beskrives mulige forbedringer.

### 4.1 Ulike typer takt

Et av forskningsspørsmålene i denne oppgave er «Hvilke typer taktplanlegging finnes i dag». Det er tre typer som er kartlagt i denne oppgaven; Porsche-, Boldt- og Veidekktakt. I tillegg er det ulikheter mellom taktplanlegging i Veidekke Entreprenørs avdelinger i Oslo og Trondheim. De ulike metodene er i stor grad like, men med noen ulikheter. I dette kapitlet beskrives hver type taktplanlegging ut i fra, kontrollområder og takttid, involvering og buffere.

#### 4.1.1 Porsche Consulting

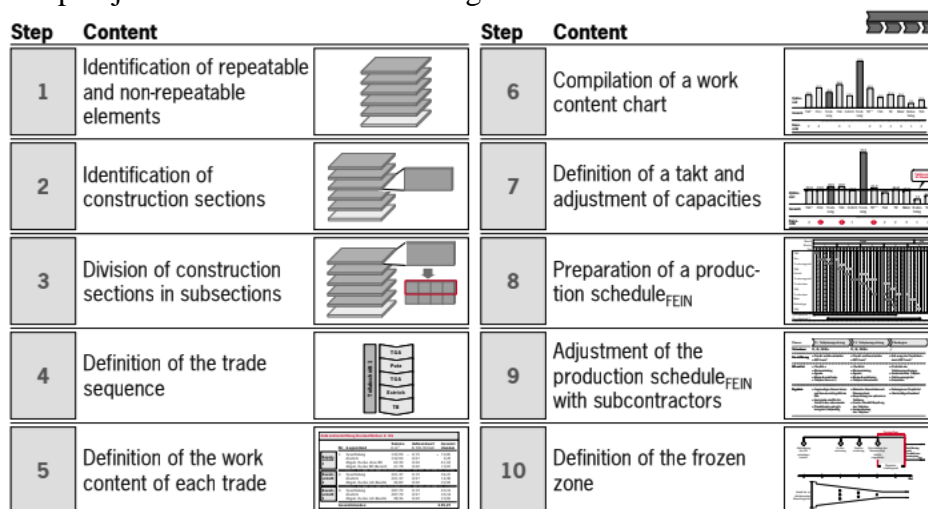
Porschetakt er en gjennomføringsmodell som forsøker å overføre metodene de lyktes med i bilindustrien over til byggebransjen. Porsche driver ikke egne prosjekter men driver kursing og konsulentvirksomhet gjennom datterselskapet Porsche Consulting.

#### Kontrollområder og takttid

For å oppnå flyt deler Porsche prosjektet inn i kontrollområder. Størrelsen på kontrollområdet påvirker prosjektet på en rekke måter så det er viktig å velge rett størrelse for prosjektet. Store kontrollområder gir lange produksjonstider, sen oppdagelse av feil og mangler, samt liten avhengighet av produksjonsstabilitet. Mindre kontrollområder vil gi kortere byggetid, tidligere oppdagelse av feil og mangler, samt høy avhengighet av produksjonsstabilitet. Porsche har to prosesser for å dele inn i kontrollområder og takttid. En for deler av bygget som består av repeterbare oppgaver og en for områder som ikke er repeterbare.

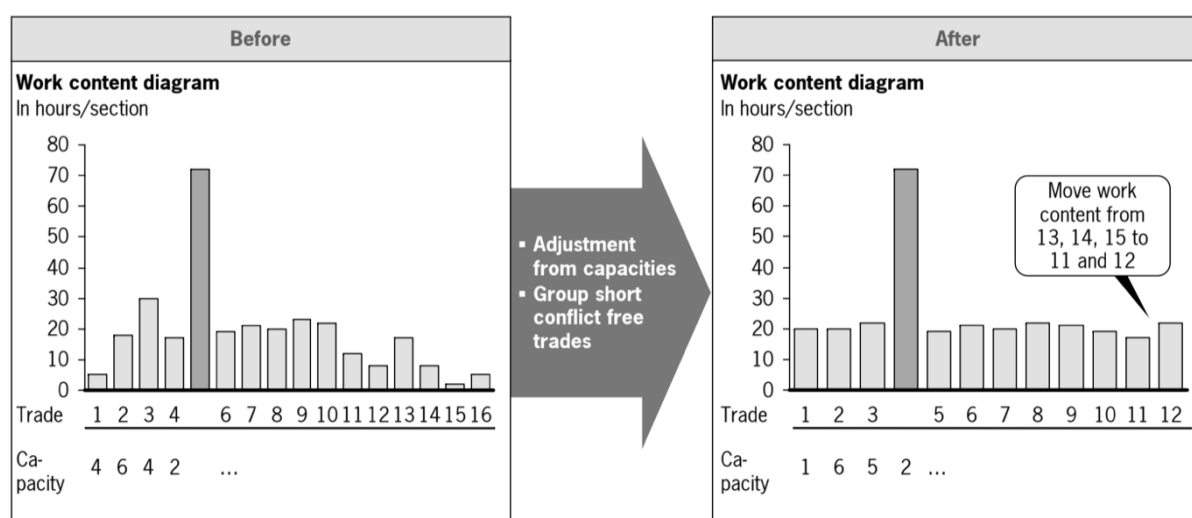
#### Repeterbare områder

Repeterbare områder er letter å planlegge og det benyttes 10 steg for å planlegge disse seksjonene av prosjektet. Disse er illustrert i figur 7.



Figur 7: Illustrasjon av Porsche Consultings 10 steg for kontrollområdeinndeling (Porsche Consulting, 2011)

For de repeterbare delene av prosjektet identifiseres først seksjoner av prosjektet. Dette kan være etasjer, fløyer eller andre områder av et byggeprosjekt med naturlige skillelinjer. Disse seksjonene deles deretter i mindre kontrollområder. Kontrollområdene bør ligge nær hverandre og inndeles i en logisk rekkefølge slik at flyten optimaliseres. Deretter bestemmes rekkefølgen på fagene med tilhørende aktiviteter. Alle fagene planlegges i et prosessorientert og en teknisk-logisk rekkefølge. Det vil si at nødvendig forarbeid av andre fag er gjennomført før et fag begynner på et område. I tillegg skal materialflyt og begrensinger i de ulike fagene bli tatt hensyn til. Når dette er gjort defineres timeverk for hvert fag ut i fra arbeidsmengdene for hvert kontrollområde. Ut i fra dette lages en oversikt over de ulike vognenes forventede arbeidstimer med ønsket bemanning. Det settes en felles takttid for hele prosjektet og de ulike fagenes bemanning justeres slik at hver vogn blir ferdig med sitt område innenfor ønsket takttid. Det kan også være ønskelig å slå sammen mindre vogner om dette er byggeteknisk mulig for å redusere den totale byggetiden. I figur 8 er bemanningen justert og vogn 13,14 og 15 er slått sammen med vogn 11 og 12.

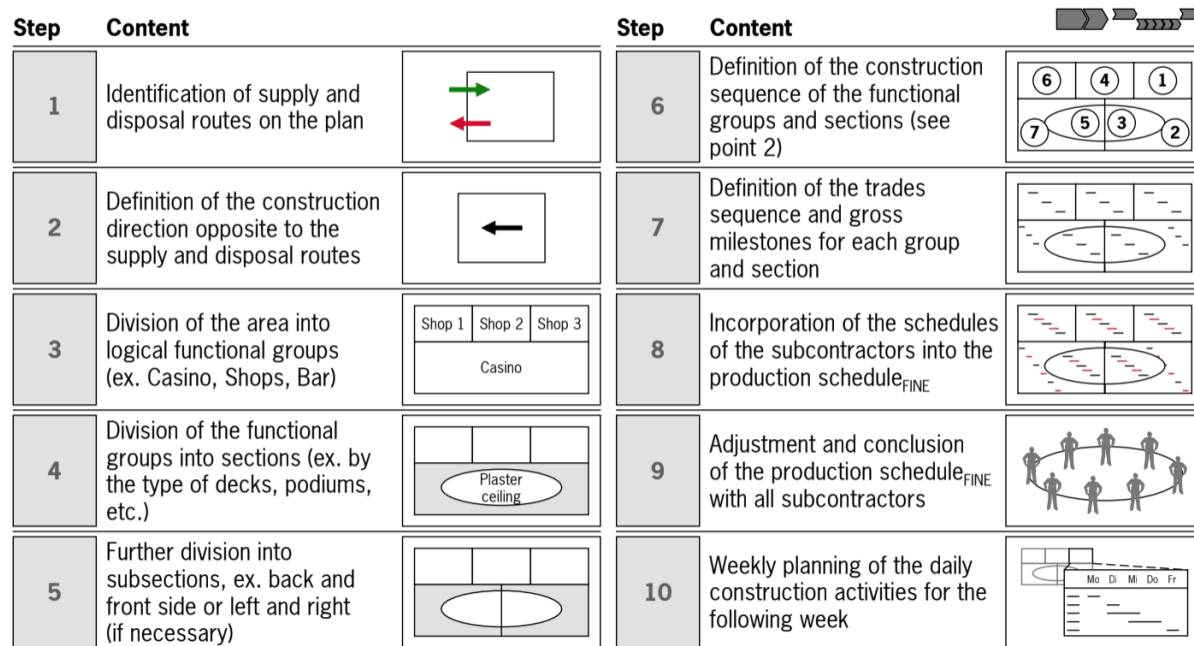


Figur 8: Justering av bemanning og sammenslåing av vogner (Porsche Consulting, 2011)

Med informasjon om kontrollområder og takttid dokumenteres planen i en produksjonsplan. Produksjonsplanen for repeterbare områder defineres én gang og kopieres med en forsinkelse lik takttiden for alle kontrollområdene. Etter at denne planen er lagt involveres underentreprenør i tilpasning av planen. Målet med dette er at underentreprenørene med sine baser skal kunne enes og forplikte seg til planen. Til slutt defineres fryste soner i prosjektet. Med dette menes faste tidspunkter i prosjektet der endringer i form av fremdrift, materialer eller løsninger vil bli akseptert uten finansielle og fremdriftsplanmessige konsekvenser.

### Ikke-repeterbare områder

Porsche har en egen fremgangsmåte for planlegging av ikke-repeterende seksjoner. Ikke-repeterbare områder behøver mer tid for å planlegges og involverer underentreprenørene i større grad. Fremgangsmåten er en ti-steps prosess og er illustrert i figur 9.



Figur 9: 10-steps prosess for utarbeidelse av taktplan for ikke-repeterbare områder (Porsche Consulting, 2011)

Porsche begynner med å identifisere mulige logistikkruter i prosjektet der materialer kan leveres og avfall kan transporteres vekk. Slike mulige logistikkruter kan være trappeoppganger, terrasser, svalganger, vinduer eller andre åpninger i bygget. Det er viktig at inngangen for levering av varer og utgangen for transportering av avfall ikke blir den samme for å optimalisere flyten i prosjektet. Etter at logistikkrutene er kartlagt bestemmes byggeretningen for prosjektet. Denne skal alltid være i motsatt retning av logistikkruten og skal forbli uendret gjennom hele prosjektet.

Deretter deles de ikke-repeterbare områdene inn i logiske og funksjonelle grupper. Disse områdene deles videre inn i mindre funksjonelle områder slik at de skal kunne ferdigstilles innenfor takttiden som er satt. Områdene kan deles inn ut i fra for eksempel takhøyde, materialer i vegger, tak og gulv, eller naturlige strukturelle skillelinjer. Hvis disse funksjonelle områdene er for store til å fullføres i løpet av planlagt taktid så vil de igjen deles inn i mindre områder. Porsche bruker et eksempel på et kommersielt område på et cruiseskip med flere butikker, en bar, en korridor og et kasino. Kasinoet vil være en funksjonelle gruppene. Hvis kasinoet er for stort så vil det deles inn i mindre funksjonelle områder. Hvis det er ulike forhøyninger i kasinoet så kan det være en naturlig skillelinje for de funksjonelle områdene. Disse ulike forhøyningene kan igjen deles inn i mindre kontrollområder hvis det er nødvendig.

Etter at kontrollområdene er delt inn velges rekkefølge på områdene. Rekkefølgen skal følge byggeretningen og hjelper med å gi en transparent byggeprosess. Aktivitetssekvensen, altså rekkefølgen på fagene, defineres deretter. Dette er repeterbart for alle områdene. Fagene må planlegges med en prosessorientert og byggeteknisk meningsfull sekvens. Altså at alle forutsetninger for at de ulike fagene kan gjennomføre sine aktiviteter på en effektiv måte er gjennomført i en tidligere vogn. Basert på denne aktivitetssekvensen settes milepæler for prosjektet. Disse må være fysisk synlige og det må være en milepæl minst hver fjerde uke. Milepæler representerer ferdige områder i produksjonsplanen og kan ikke endres før slutten av byggeprosjektet.

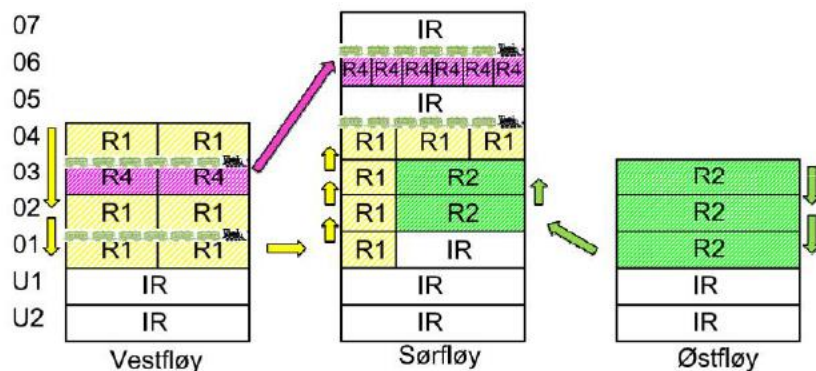
Med all informasjonen fra disse stegene lages en tidsplan for aktivitetene. For ikke-repeterbare områder velges en taktid på mellom én og to arbeidsuker. Tidsplanen presenteres

for underentreprenørene gjennom flere møter der de har mulighet til å påvirke og tilpasse planen. Gjennom møtene revideres planen for å forsikre at den faktisk er gjennomførbar helt til alle kan enes om planen. I disse møtene får underentreprenørene også mulighet til å bli kjent med hverandre og takt som metode. Underentreprenørene blir forklart nødvendigheten med samarbeid i prosjektet for at det skal lykkes. Taktplanlegging er avhengig av at alle holder takten og derfor er det viktig at alle forstår måten de skal jobbe i samt planen de skal følge.

Til slutt, under byggeperioden, vil man følge en møtestruktur der levering av varer, ønsker fra prosjekteier, bemanning og avhengigheter mellom fag diskuteres. Møtet ser på resultatene fra inneværende uke samt produksjonen i de neste fire ukene. Møtet skal være på byggeplass i slutten av arbeidsuken. Representanter fra prosjektledelsen og minst én representant fra samtlige underentreprenører i takttoget skal delta i dette møtet. Baser kan bli kalt inn hvis det er nødvendig.

### Takttog

Det kan være ulike former for repeterbare områder og derfor deler Porsche ofte prosjektets ulike kontrollområdene inn i såkalte tog. Et tog i taktssammenheng er en serie med aktiviteter som følger hverandre gjennom ulike kontrollområder med en satt takt. Også der blir arbeidsmengde vurdert men det er hovedsakelig type område som er i fokus når kontrollområdene deles inn. Kontrollområdene er stoppestedene som arbeidslagene, eller vognene, skal gjennom. I figur 10 ser vi et eksempel på en slik inndeling. De repeterbare områdene er delt inn i tre tog, R1, R2 og R4, mens de ikke-repeterbare områdene betegnes som IR. Togene er nødt til å bevege seg mellom de ulike fløyene, men de er lagt opp i en naturlig rekkefølge innad i fløyene for å sikre optimal flyt. Takttiden i Porsche-prosjekter alltid den samme gjennom hele prosjektet.



Figur 10: Repeterbare og ikke-repeterbare områder, samt toginndeling (Skaret, 2012)

### Involvering

En sentral del av involvering av underentreprenør i Porschetakt skjer gjennom bruk av taktavler. Representanter fra prosjektledelsen og formenn for de ulike fagne møtes ved taktavlene plassert på byggeplassen. Taktavlene består av informasjon angående oppnådd fremdrift, HMS, fremdriftsplan for området samt annen viktig informasjon rundt produksjon. I møtene rapporterer formennene oppnådd fremdrift sammenlignes med planlagt fremdrift. Hvis et fag ligger bak planlagt fremdrift diskuteres det hvordan de skal klare å gjennomføre kontrollområdet i løpet av takttiden. I hvert møte markeres de ulike aktivitetene med en farge. Tafikklysfargene rød, gul og grønn benyttes noe som skal gjøre det forståelig og transparent for alle aktører på byggeplassen. Hvis aktiviteten går som planlagt vil aktiviteten markeres som grønn. Hvis det er en risiko for at aktiviteten ikke blir ferdig på tiden uten ekstra bemanning så vil det være nødvendig med umiddelbare tiltak. Aktiviteten markeres som gul og en løsning for

å sikre at aktiviteten fullfører inn takttiden må presenteres prosjektledelse og formennene snarest. Hvis aktiviteten ikke kan fullføre i løpet av takttiden og forsinkelsen vil påvirke andre vogner kreves det betydelige tiltak. Aktiviteten markeres som rød og byggeprosessen må stoppes umiddelbart frem til problemet er løst. Hvis dette skjer må takten restarteres.

I intervjuer med representanter fra Veidekke kommer det frem meninger om at Porschetakt benytter seg i liten grad av basene i taktplanleggingen i forhold til Veidekke. Dette kommer også frem i Porsches egen beskrivelse av egen metode der underentreprenør kommer inn og tar del i justering av produksjonsplanen prosjektledelsen har laget. Det er i hovedsak prosjektledelse med utvalgte formenn som er med å sette takten. Dette gjelder både for repeterende og ikke-repeterende områder.

### *Buffer*

Et viktig prinsipp i Porsche er Null-Feil prinsippet. Det går ut på å kontinuerlig forsøke å forbedre og stabilisere alle prosesser i produksjonen. For å få til dette er det viktig med jevnlig inspeksjoner. Dette er forholdsvis enkelt i taktprosjekter ettersom at inndelingen av de ulike sonene gjør at feil kan oppdages mellom de hyppige overtagelsene. Hvert område skal godkjennes av det påfølgende toget før de begynner på arbeidet. I planleggingen legger Porsche inn buffere i form av arbeidskapasitet, område og plan.

Det benyttes buffere for å redusere konsekvensene ved feil. Bufferne er urasjonell drift som ikke skaper verdi for noen av partene så det er ønskelig å minimere dette. For å få til dette er det viktig å redusere variabiliteten i prosjektet. En ustabil prosess med store variasjoner i produksjon vil behøve store buffere for å kompensere for den ujevne produksjonen og følge planlagt fremdrift. Ved å redusere bufferen uten å redusere usikkerhetene og variabiliteten så vil prosjektet bli forsinket fordi man ikke har buffer til å kompensere for ekstra arbeid, forsinkelser, økte kostnader eller lignende. Det Porschetakt jobber systematisk med er å redusere sløsing ved hjelp av bedre planlegging som gir større forutsigbarhet på prosjektet og mindre variabilitet. Dette gjør at det er nødvendig med mindre buffere. Porschetakt ønsker å ha så liten buffer som mulig.

### **Gjenoppstart av taktproduksjon**

Hvis én eller flere vogner er preget av mange røde markeringer i fremdriftsplanen så vil Porsche sette i gang med restart av taktplanen. Målet med å restarte takten er å få alle aktiviteter tilbake på planen så fort som mulig. Dette begynner med å identifisere vognen(e) og underliggende aktivitet(er) som ikke følger takten i tillegg til å lage en oversikt over forsinkede aktiviteter som må gjennomføres før planen kan gjenopptas. Først starter man på den fremste vognen i toget og jobber seg bakover i toget til den første vognen som ikke følger forventet fremdrift. De fremste vognene vil fortsette og den første forsinkede vognen vil lede an i den restartede takttoget. Alle oppgaver som ikke er gjennomført i henhold til plan i det restartede takttoget identifiseres og settes på en liste. Alle disse oppgavene må gjennomføres og godkjennes før toget kan begynne å gå igjen. Oppgavene som må gjennomføres prioriteres i en rekkefølge av anleggsleder og underentreprenørene. All informasjonen samles på en takt-restart-tavle. Denne tavlen innehar plantegninger og oversikt over alle aktiviteter som må gjennomføres for hvert fag før takten kan gjenopptas samt hvor langt arbeidet er kommet. Etterhvert som at disse gjennomføres oppdateres tavlen i taktmøter på samme måte som taktmøter i vanlig takt drift. Når alle aktiviteter er gjennomført kan toget gjenoppta den originale taktplanen.

#### 4.1.2 The Boldt Company

The Boldt Company er en amerikansk entreprenør som driver sin virksomhet i store deler av USA. De tilbyr entreprenørtjenester som byggeledelse, programledelse, prosjektering, rådgivning, design, eiendomsutvikling, og flere andre tekniske tjenester. Firmaet ble grunnlagt i 1889 i Wisconsin og har i dag over 2 000 ansatte fordelt over 14 lokasjoner<sup>1</sup>. Boldt driver sin virksomhet i flere delstater, men videre i oppgaven skal vi se på Boldt i Sacramento, California. Boldt har drevet med takt i over ett tiår og har bred erfaring med metoden. Veidekke i Trondheim har knyttet kontakt med nøkkelpersoner i Boldt og det er i dag erfaringsoverføring mellom disse to entreprenørene.

##### *Kontrollområder og taktid*

Boldt bruker mye tid på å forstå omfanget av arbeidet i de ulike områdene for hvert enkelt fag. Boldt begynner med planlegging så lenge som to år før byggestart for enkelte prosjekter. Ulike etasjer og rom kan tilsynelatende være veldig like, men det er ofte store forskjeller i arbeidsmengde. Prosjektledelsen og underentreprenørene bruker derfor mye tid på å beregne mengder i hver område og kalkulere hvor mange timeverk som er nødvendig. Ved å gjøre dette kan de dele inn i områder og taktid med lik produksjonsmengde for fagene og dermed med større sikkerhet anslå nødvendig bemanning .

##### **Kontrollområder**

Boldt deler opp prosjektet i kontrollområder ut i fra arbeidstetthet, byggbarhet, systemdesign og de utførelses preferanser. Med arbeidstetthet menes mengden arbeid for de ulike fagene fordelt over bygget. Noen områder krever mer arbeid enn andre. Det er viktig å skille mellom arbeid som gjøres på byggeplass og arbeid som prefabrikeres. Arbeidstetthet omhandler det arbeid som fysisk finner sted på byggeplassen. Et eksempel på dette vil være en prefabrikkert vegg med isolasjon og tekniske føringer. Selv om det ligger mange timer arbeid i denne veggen så vil kun installasjonsarbeidet ved å sette veggen på plass regnes med i arbeidstettheten.

Det neste forutsetningen for kontrollområdeinndeling er byggbarhet, altså om arbeid faktisk lar seg gjøre. Deretter ser man på byggets overordnede utforming i forhold til byggeretning og logistikkårer. Formenn og basers ønsker for inndeling av områder tas også hensyn til i kontrollområdeinndelingen. Det er som regel ønske om å ha store nok områder slik at det er mulig å gjøre tiltak ved forsinkelser.

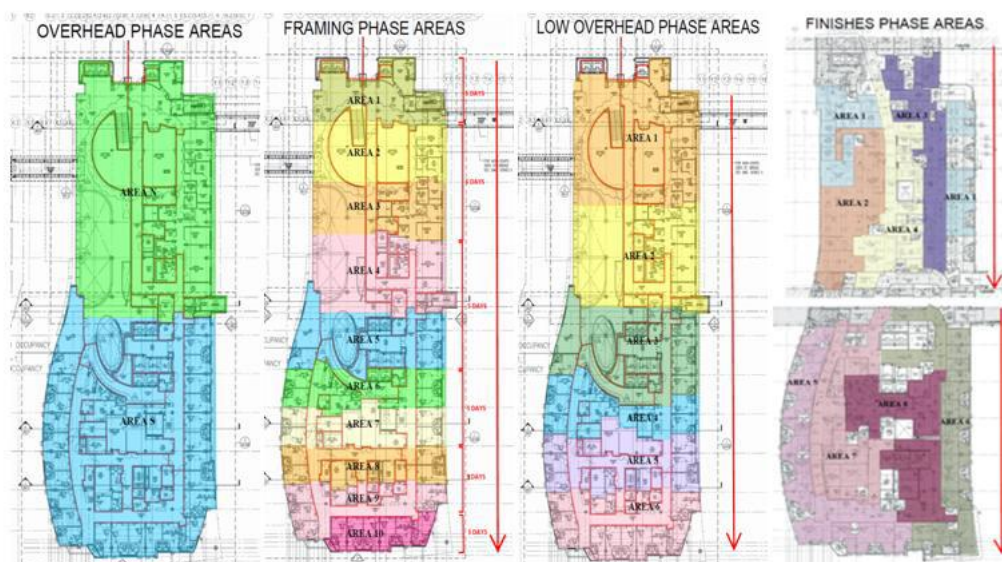
I kompliserte prosjekter med omfattende inspeksjoner kan det være nødvendig å endre størrelse på kontrollområder og taktid gjennom flere ulike faser for å sikre jevn produksjon for de ulike fagene. I en artikkel fra Linnik et al. (2013) beskrives stegen Boldt følger i sin taktplanleggingsprosess for å gjøre nettopp dette. Først begynner de med å identifisere aktørene som vil jobbe i de ulike fasene av prosjektet og hvordan deres aktiviteter vil grupperes sammen. Deretter deles områdene inn i kontrollområder som vil gi struktur for videre arbeid. Boldt deler i dette prosjektet produksjon av innredningsfasen inn i fire ulike faser med ulik kontrollområdeinndeling og taktid. Linnik et al. (2013) beskriver følgende inndeling ved Boldts bygging av en kvinne- og barneklinnikk i Sacramento, California. Kontrollområdeinndelingen er illustrert i figur 11.

1. Overordnet fase (overhead phase) med oppsetting av stativer for tekniske føringer og kanaler. Denne fasen krever store områder og som vi ser i figur 11 er etasjen delt i to.

---

<sup>1</sup> The Boldt Company, u.å.

2. Rammefase (framing phase) med innramming, tekniske føringer, brannvegger og annet rammeverk. Denne fasen er mer spesialisert og har høyere arbeidstetthet så det vil være mindre soner.
3. Den neste overordnede fasen (low overhead phase) er bestående av gipsproduksjon, enklere teknisk arbeid over større områder, taping og maling. Denne fasen går igjen over større områder.
4. Avslutningsfasen (finishes phase) gjenstår arbeid med tak, gulv, spesifikke tekniske føringer og testing av utstyr. Denne sonen er igjen mindre og deles opp etter hvilke typer rom det er.



Figur 11: Inndeling av faser i taktplanlegging for Boldt (Linnik et al., 2013)

Ikke alle områder blir en del av taktplanen. Noen områder, slik som tekniske rom og operasjonssaler er såpass påvirket av ett fag at det ikke vil lønne seg å legge dette inn i taktplanen. I områder der aktivitetssekvensen er svært enfaglig vil det være bedre å bruke disse områdene som en områdebuffer.

### Takttid

Takttiden er hovedsakelig diktet av etterspørselshastigheten til kunden. Takttid er definert matematisk som netto tilgjengelig tid, altså effektive arbeidstimer, delt på forventet produksjon gitt av kunden. Taktiden må gi mer arbeid utført per tid enn det kunden krever. Det er ikke ønskelig å gå mye raskere enn kundens krav da dette vil gi overproduksjon. Dette kan for eksempel være et kontorbygg skal bygges på 50 uker med 16 soner og 10 vogner. Taktiden regnes da ut til å være 2 uker per sone slik det er vist i formelen under. Det er mulig å endre antall soner og vogner. Det er kun total byggetid som er konstant.

$$\text{Takttid} = \frac{\text{Total byggetid}}{\text{Antall soner} + \text{Antall vogner} - 1} = \frac{50 \text{ uker}}{16 + 5 - 1} = 2 \text{ uker}$$

Hvis kundens krav for byggetid ikke er for begrensende tar Boldt også hensyn til arbeidslagenes ønsker. De utførende foretrekker å ha takttid på minst fire dager slik at de har større mulighet til å gjøre endringer ved forsinkelser. Dette løses ofte ved at man forstørker sonene slik at også takttiden blir større.

### *Involvering*

Intervjuobjekter fra The Boldt Company var tydelige på viktigheten av å involvere underentreprenører for at takt skal lykkes. De involverer derfor underentreprenøren gjennom hele prosjektet. Dette starter allerede i prosjekteringen. I flere prosjekter kontraheres underentreprenør tidlig inn slik at de kan ta del i prosjekteringen ved å bidra med innspill for å skape mer produksjonsvennlige løsninger i prosjektet.

Tidlig i prosjektet lager prosjektleder en overordnet fremdriftsplan bygget på takt for å presentere til prosjekteier. Taktplanen legges frem for de ulike formennene og basene så tidlig som mulig slik at de kan bidra. Det er i første omgang egne fagarbeidere på tømmer som bidrar mens formenn fra eksterne underentreprenørene bidrar så tidlig det lar seg gjøre. Dette er som regel over flere møter to måneder før byggestart. Baser og formenn bidrar ofte med løsninger knyttet til naturlig forflytning mellom soner, hvilke begrensinger som finnes i forhold til bemanning og materialer, hvilke typer arbeid som må ferdigstilles før de kan begynne og om arbeidet deres kan eller må deles opp i flere omganger. Fordelene med å involvere representanter fra alle fagene i detaljert planlegging av produksjon er at de utvikler en forståelse og eierfølelse til planen, noe som gjør den enklere å følge.

Ett av intervjuobjektene fra Boldt har innhentet så mye erfaring og data at planen endrer seg i liten grad etter tilbakemelding fra baser og formenn. Prosjektlederen kan ved hjelp av egen erfaring og tall fra lignende prosjekter sette opp en forholdsvis nøyaktig taktplan. Viktigheten av involvering av baser og formenn understrekes likevel. Planen er verdiløs om den ikke er lett å forstå og at det er enighet om den blant de utførende.

Møtестrukturen til Boldt er todelt. Det er faste møter som planlegger fremtidig arbeider i de kommende fasene. Dette er som regel minst to uker frem i tid. Det andre er replanleggingsmøter for å justere for uforutsette hendelser som dukker opp underveis. Før byggingen starter så kan man planlegge mye, men det er ikke mulig å unngå problemer underveis. Dette løses i møter med aktuelle representanter i prosjektorganisasjonen. Dette kan være prosjekteier, prosjektledelse, formenn i de ulike fagene, leverandører, arkitekt eller rådgivende ingeniører. De nødvendige personene samles og deres ekspertise brukes til å forstå problemene.

### **Egenarbeidere**

Boldt har i likhet med Veidekke egne ansatte fagarbeidere og baser på tømmer, betong og stål. Dette gir som nevnt tidligere større mulighet for tidlig samarbeid og informasjonsdeling ved utforming av taktplanen. Ettersom at man jobber i samme selskap så er transparensen stor. Det er lav terskel for å varsle feil og mangler i planen og man er åpen om forsinkelser underveis. Erfaringsvis har Boldt hatt problemer med eksterne underentreprenører som ikke er ærlige om egen fremdrift og problemer, og det oppdages ikke før sent ut i prosjektet at de faktisk har store problemer. I tillegg har man mulighet til å ta valg som er økonomisk ugunstig for en undergruppe i Boldt, men som vil lønne seg som helhet for prosjektet. Boldt har hatt flere gode erfaringer med eksterne underentreprenører. Et av intervjuobjektene fortalte at de ofte benytter de samme underentreprenørene over flere prosjekter. Dette fordi metoden er tidkrevende å sette seg inn i og inneholder mange fallgruver om man ikke har gjort seg kjent med den.

I dag har Boldt egne fagarbeidere for betong-, stål- og tømmerarbeid. Det er uenighet blant de amerikanske intervjuobjektene om Boldt bør ansette flere fag i sin egen bedrift. Den ene mener at Boldt bør satse på å integrere større deler av produksjonen i sitt eget system. Ved å samle alle fag mener vedkommende at Boldt i fremtiden vil kunne jobbe mer effektivt med



fagarbeidere som er kjent med deres måte å drive prosjekter. På grunn av regler og restriksjoner i amerikansk arbeidsliv har ikke Boldt egne elektrikere, rørleggere og malere. Det ene intervjuobjektet håper i fremtiden å kunne ansatte disse og flere fag i sin egen bedrift.

Det andre intervjuobjektet fra Boldt mener at det å ansette egne fagarbeidere utenfor tømmer vil være en for stor risiko. Byggebransjen går i sykluser og profittmarginen er allerede veldig tynn, det vil derfor ikke lønne seg å ta risikoen. I fremtidige nedgangstider kan de bli nødt til å kvitte seg med hundrevis av arbeidere. Selskapet blir svært avhengig av å ha oppdrag til enhver tid. Det vil heller lønnes seg å diversifisere oppdragsporteføljen over en rekke ulike prosjekter.

### *Buffer*

Selv om det brukes mye tid på å planlegge produksjonen så vil det alltid oppstå uforutsette hendelser som vil forsinke produksjon. Det er derfor viktig å ha buffere som kan absorbere forsinkelser samt en plan for å komme tilbake på taktplanen. Vi skal i dette delkapittelet se på buffere i kapasitet, område og planbuffer, i tillegg til Boldts gjenoppstartsystem ved stans i taktproduksjon.

### **Ulike typer buffere**

Boldt benytter alltid arbeidskapasitet som en buffer for taktprosjekter. Altså at faktisk bemanning i et område gir flere timeverk enn det som er beregnet. De fleste aktiviteter bortsett fra én eller flere aktiviteter vil fullføre før endt takttid. Disse aktivitetene, ofte kalt flaskehalsaktiviteter, setter takttiden for prosjektet. Det er i teorien kun de som har behov for hele takttiden for å fullføre sitt kontrollområde. Alle andre fag vil jobbe under kapasitet. Dette er derfor en naturlig buffer som oppstår i alle taktprosjekter. Ett av intervjuobjektene fra Boldt forteller at det foregår et doktorgradsavhandling ved Stanford University der de prøver å kalkulere om den inntjente gevinsten av takt med stabil arbeidsflyt veier opp for tapte ressurser ved å jobbe under kapasitet.

Boldt benytter tomme vogner i produksjon for å ha mulighet til å korrigere feil og ta igjen tapt arbeid. I innredningsfasen så er denne vognen som regel før gipsvegger settes på plass. Dette gjøres fordi inspeksjoner av el, rør og ventilasjon gjøres på dette tidspunktet og det derfor er gunstig med innlagt tid til å gjøre justeringer. Boldt legger også inn områdebuffere i sine prosjekter.

Ikke alle områder blir planlagt i takt. Noen planlegges med en mer tradisjonell tilnærming og noen områder som ikke er kritiske for fremdriften ble brukt som områdebuffer (Linnik, et al., 2013). Boldt ser på aktivitetene som skal inn i hvert område med tilhørende rekkefølge på fagene når de deler inn i kontrollområder. Hvis et område i hovedsak består av et fag så vil det ikke bli en del av takten. Dette fordi vognene måtte justere bemanningen kraftig. Dette kan for eksempel være tekniske rom eller operasjonssaler.

Målet til Boldt er det samme som for Lean, de ønsker å kutte alle kostnader som ikke gir verdi (Smiseth, 2013). Dette er i Boldts tilfelle hovedsakelig sløsing i form av dødtid, altså tid der fagarbeiderne venter på å kunne gjennomføre arbeid. Et av problemene Boldt så på sine byggeplasser var at varen kom for sent slik at fagarbeideren ikke fikk gjennomført arbeidet. For å redusere dette fokuserer Boldt derfor mye på leveranse av varer. Dette reduserte også behovet for lager som gir sløsing i form av flytting, mellomlagring og rydding. Taktplanlegging i Boldt tar tak i de samme syv forutsetningene for sunne aktiviteter fra Last Planner System som i Veidekkes hindringsanalyse.

### **Gjenoppstart av taktproduksjon**

Hvis de innlagte bufferne ikke er tilstrekkelig for å kompensere for forsinkelser kan det være nødvendig å gjøre drastiske endringer i taktplanen. Når problemene oppstår setter Boldt seg først ned sammen med formenn og baser for å prøve å forstå problemet. Etter at problemene er kartlagt må man finne omfanget av problemet og hvem det påvirker. Hvis problemene er så store at takten stopper opp så må takten replanlegges. Boldt en rekke metoder for å replanlegge produksjonen.

Boldt begynner på å se på aktivitetssekvensen og har tre mulig løsninger. For det første kan man beholde det samme antall aktiviteter, men man kan endre rekkefølge. For eksempel kan det vise seg at det blir vanskeligere for elektrikerer å gjennomføre sitt arbeid etter rørleggeren enn motsatt. Det kan da være lurt å bytte om på rekkefølgen for disse. Dette påvirker ikke de kommende aktivitetene. Et annet alternativ er å legge til en ny aktivitet i sekvensen. Dette kan for eksempel være at vognen bestående av inspeksjon av tekniske føringer og gipsing av innervegger er forsinket. Dette kan løses ved å dele aktiviteten i to. Dette forskyver da alle påfølgende aktiviteter med én taktid. Til slutt kan man se på oppgaver innenfor hver aktivitet. Hver aktivitet inneholder en rekke oppgaver, og hvis en eller flere av disse oppgavene hindrer at de påfølgende aktivitetene kan starte på tiden så kan det lønne seg å flytte oppgaver til andre aktiviteter lengre ned i aktivitetssekvensen. Det kan også være en løsning å gjøre mer arbeid utenfor byggeplassen som prefabrikking. Dette vil kun påvirke aktiviteter som eventuelt tar over ekstra oppgaver.

I tillegg til å endre aktivitetssekvensen så kan man endre på kontrollområdene i prosjektet. Dette kan være en god løsning hvis arbeidet går raskere eller saktere i noen fag. Mindre kontrollområdene gir kortere taktid. Dette betyr at større deler av prosjektet er under bygging til en hver tid og man vil derfor bygge raskere. Dette fungerer bra så lenge det fortsatt er nok tid til å gjøre justeringer underveis om det skulle bli nødvendig. Hvis problemet er at flere aktiviteter går for sakte så vil det lønne seg å øke størrelsen på kontrollområdene og takttiden. På denne måten får fagene et større vindu for å løse problemer uten at det påvirker kommende aktiviteter. Et av intervjuobjektene anbefaler å starte med store kontrollområder og redusere disse etterhvert som produksjonen skrider frem og produksjonsleddet blir kjent med planen.

Det å stoppe takttoget er også lagt frem som en løsning. Hvis man har en rekke forsinkelser i planen og bare halvparten av aktivitetene blir ferdig på tiden så vil det lønne seg å stoppe toget for å replanlegge og løse problemene sammen med underentreprenørene. Alle begrensningene og forsinkelsene vil stoppe produksjon til slutt, så det er bedre å gjøre det så tidlig som mulig og oppnå flyt i resterende deler av prosjektet.

Som et forebyggende tiltak for å unngå problemer i oppstarten eller etter gjenoppstart av takt så vil det kunne lønne seg å begynne med ekstra bemanning. På denne måten får aktivitetene tid til å gjøre seg kjent med planen og oppgavene i hver aktivitet. Når de er komfortable kan de begynne å plukke av fagarbeidere i de ulike sonene.

Til slutt så forslåes det at alt arbeid ikke behøver å være en del av takt. Når taktplanen settes opp så er det viktig å spørre seg om det vil lønne seg å involvere enkelte oppgaver i takten. For svært små oppgaver, som for eksempel å installere termostater, vil det kunne lønne seg å gjøre dette utenfor takt.

#### 4.1.3 Veidekke

Veidekke har siden byggingen av Kunnskapssenteret ved St. Olavs Hospital i Trondheim i 2010 gjennomført en rekke prosjekter med taktplanlegging. I forbindelse med prosjektet ble alle aktører kurset i Porschetakt av representanter fra Porsche Consulting (Skaret, 2018). Veidekke har også samarbeid med The Boldt Company der erfaring mellom selskapene innen takt blir delt (Smiseth, 2013). Det er avdelingene til Veidekke Entreprenør i Oslo og Trondheim som driver med taktplanlegging.

##### *Kontrollområder og taktid*

Hvert område skal ha lik arbeidsmengde hver uke slik at alle vognene har jevn bemanning gjennom hele prosjektet. Det er ønskelig at rekkefølgen på områdene er naturlig, altså at de ligger tett geografisk til hverandre. I taktplanleggingsmøtet i starten av prosjektet setter basene seg ned og deler inn i soner som gir mest mulig jevn bemanning.

For taktprosjekter starter planlegging av produksjon ved at basene samles over flere møter før oppstart i produksjonen for å planlegge takten. Dette er gjerne én til to måneder før oppstart av den første vognen. Her begynner basene å diskutere hvilken områdeinndeling som vil gi en jevn og overkommelig arbeidsbelastning. Deretter bestemmes aktivitetssekvensen gjennom såkalt lappeteknikk som er en del av Veidekkes Last Planner initiativ Involverende Planlegging. I lappeteknikken legges det frem hvilke aktiviteter hvert fag skal gjøre underveis i produksjon og hvilke oppgaver fra andre fag som må ligge til grunn for at de skal kunne gjennomføre aktiviteten. Dette gjøres ved at alle fag skriver sine aktiviteter på lapper som henges opp på veggen som er inndelt i ukenummer. For taktprosjekter vil det ikke være ukenummer men rekkefølge på vognen man bestemmer. Ved å henge opp lapper forplikter underentreprenørene seg til å gjennomføre sine aktiviteter til avtalt tid. Basene diskuterer og legger frem egne avhengigheter og finner frem den optimale aktivitetssekvensen.

Figur 12 er fra lappeteknikkmøtet for Nærbyen. I dette møtet ble all innvendig arbeid fra bindingsverk til listverk hengt opp på en tavle. Etter at rekkefølgen er bestemt vil man i taktprosjekter komprimere rekkefølgen inn i vogner. Her er det ønskelig at det kun skal være ett fag i hver vogn, men for mindre aktiviteter så blir det nødvendig at flere fag jobber sammen for at prosjektet skal bli ferdigstilt på tiden. Bemanningen for de ulike vognene justeres deretter slik at hvert fag vil fullføre sine aktiviteter i kontrollområde innen takttiden. Etter at aktivitetssekvensen med tilhørende oppgaver, vognsammensettingen og bemanning er bestemt legges planen inn i MS Project som en ferdig fremdriftsplan. For tradisjonelle planlegges det 5 til 8 uker frem i tid men for taktprosjekter planlegges hele innredningsfasen i på en gang.



Figur 12: Lappeteknikkmøte for Nærbyen (Bildet er tatt av oppgaveforfatter).

Til slutt kjøres en hindringsanalyse der man finner problemer som kan oppstå underveis i prosjektet, både i forhold til fremdrift og HMS, og hvordan de kan løse dette. I tillegg til HMS er det typisk problemer knyttet til mannskap, vareforsinkelser, material- og ressursflyt. Etter at disse stegene er gjennomført revideres planen helt til man er sikker på planen.

### Naturlige områder

Et av intervjuobjektene mener at Veidekke i Oslo har vært mer styrt av de naturlige områder enn det å regne på timeverk for hvordan arealene bør være. Det kan være mer naturlig en oppgang i uken eller to etasjer per oppgang i uken fordi dette gir en fin avgrensing, men hvis man regner på den ideelle timeverksfordelingen så vil kanskje én og en halv oppgang i uken gi en jevnere bemanning.

For Nærbyen i Trondheim forteller derimot intervjuobjektene at for høyblokkene i prosjektet ble kontrollområdene delt inn etasjevis. Selv om det er repetisjon mellom noen av etasjen så vil det være varierende arbeidsmengden gjennom prosjektet. Variasjonen skal her tas med justeringer i bemanning. Basene trekker frem i intervju at det ikke er ønskelig å flytte fagarbeiderne rundt. Det kan være svært demotiverende og ødeleggende for flyten å flytte fagarbeidere mellom ulike kontrollområder. Dette er dog nødvendig for å kunne holde takten.

### Takttid

I Veidekketakt er takttiden for taktproduksjon helst fem dager med oppstart på mandag og overlevering på fredag. Dette kalles ofte for ukestakt. Veidekke Trondheim har alltid delt takttiden inn i ukestakt, mens Veidekke Oslo har gjennomført prosjekter med flere ulike takttider, både 3- og 7-dagerstakt. Intervjuobjektene fra Veidekke Oslo forteller at de ønsker å implementere ukestakt i sine taktprosjekter i fremtiden.

Er det konstant én mann i flere områder og/eller det ikke er mulighet for å slå sammen vogner så bør man se på alternative takttider. Den totale byggetiden og milepælene er grenser som arbeidet må planlegges ut i fra. Tidsbegrensningen legger en styring for hvor mange vogner toget kan ha for å klare å fullføre prosjektet på tiden. Antall vogner kan reduseres ved at flere

fag går inn i samme vogn der aktivitetene som skal gjennomføres har mindre timeverk enn én uke. Ved å øke bemanningen kan man klare å få større aktiviteter inn i en taktperiode.

### **Ulikheter innad i Veidekke**

Veidekke i Trondheim har så langt kun benyttet takt i innretningsfasen av prosjektet. Det har vært ønske om å også gjennomføre råbyggproduksjon og fasader i takt, men det har så langt ikke blitt gjort. Veidekke i Oslo har produsert råbygg med takt i over ti år i følge intervjuobjektene fra Veidekke Oslo. Det har ikke vært kalt takt, men måten å jobbe på har tilnærmet vært den samme som brukes i taktprosjekter i dag. I Oslo kaller de det en syklusplan og betongarbeidet detaljplanlegges fra dag til dag.

I store eller kompliserte prosjekter kan det være nødvendig å dele opp i flere tog. Det er uenighet blant intervjuobjektene om dette er ønskelig. En av anleggslederne fra Trondheim mener at flere tog vil kunne føre til større variabilitet ved at vogner i to ulike tog samtidig kan komme inn i områder med høy eller lav takttid. Dette vil føre til ujevn bemanning og kan gi forsinkelser. Bemanning, antall tog og sammensetning av fag i de ulike vognene er avgjørelser som tas sammen med basene før produksjonsstart i taktplanleggingsmøtene. Flere tog vil kunne gi raskere produksjon og i varierte prosjekter kan det lønne seg å ha flere tog dersom aktivitetssekvensen skiller seg veldig fra område til område.

### *Involvering*

Involvering er et viktig aspekt i Veidekkes prosjekter, og de har satse på økt involvering over tid med deres eget Last Planner initiativ Involverende Planlegging. Det er basene som står for planleggingen av takten i Veidekke gjennom samlinger med blant annet lappeteknikkmøte. Saksbehandlere fra underentreprenørene er også med på planleggingen men de skal være støttespillere og informasjonsressurser siden det ofte er de som kjenner prosjektet best på et så tidlig tidspunkt. Anleggsleder skal også være en informasjonsressurs, men skal først og fremst være en «fasilitator» for møtene ved å skape et forum der alle basene forstår taktprinsippene, er innforstått med prosjektets begrensinger og milepæler, samt skape flyt i workshopen. Anleggsleder kan også be enkelte underentreprenører øke bemanningen om de er det eneste faget som ikke greier å holde takten.

Taktplanlegging i Veidekke baserer seg på møtestrukturen til Involverende Planlegging også underveis i produksjonen. I taktprosjektet er møtene delt opp i nivåer der ulike plan i prosjektet planlegges i ulike vinduer. I starten av prosjektet legges det først en hovedfremdriftsplanen som går over hele prosjekter med overordnede milepæler som skal oppnås. Etterhvert som produksjonen nærmer seg lager man mer og mer detaljerte planer og planlegging av disse skjer i ulike møter med ulike aktører. Dette implementeres også i Veidekkes taktprosjekter. Underveis i Veidekkes taktprosjekter vil dette blant annet være ukeslutt-møter der baser og formenn diskuterer med prosjektledelsen hva som har hent foregående uke og hva som skal skje neste. utfordringer i produksjon rundt levering av varer diskuterer også. De ulike lagene har egne lagsmøter der man kommer frem til en plan for hvordan de skal bli ferdig med kontrollområdet på tiden. Det er også ett eller flere basemøter underveis i uken for å diskutere produksjon i inneværende og foregående uke.

### *Buffer*

Det er ikke mulig å planlegge alt i takt. Områder som tekniske rom, fasader, kjeller og logistikkårer er ofte vanskelig å planlegge i takt og gjennomføres derfor uavhengig av takten. Så fremt disse områdene ikke er kritiske for ferdigstilling så kan de brukes som buffer der man kan sende fagarbeidere om man skulle ligge foran plan i én eller flere vogner. Det kan også

hentes ut folk om man skulle ligge bak planen eller ved sykdom. Disse områdene bør helst ikke være kritiske tidsmessig for prosjektet slik at man har mulighet til at dette området være underbemannet i perioder. Det er også mulig å sende fagarbeidere mellom de ulike vognene ettersom at de største fagene ofte har flere vogner i toget. I oppstarten av vognen vil man ha overbemanning slik at man er nok kapasitet til å håndtere avvik fra det man har planlagt. Erfaringstallene man får da bruker man til å justere inn bemanningen av vognen for resten av prosjektet.

Overtid er en buffer som brukes om det ikke er mulig å få inn tilstrekkelig bemanning eller at det skulle oppstå forsinkelser. Hvis man ikke er ferdig før overtagelse og man benytter 5-dagerstakt med oppstart mandag og overlevering på fredag så har man mulighet til å jobbe i helgen for å fullføre kontrollområdet. Dette er ikke ønskelig men kan være et nødvendig virkemiddel for å holde seg på planen. Hvis det ikke er mulig å bruke byggeretning som buffer så kan gjenstående arbeid gjøres på kveldstid etter at den påfølgende vognen har gjort seg ferdig for dagen. Det er viktig at dette avklares med påfølgende vogn og at arbeid som er kritisk for den neste vognen er gjennomført slik at de kan begynne som planlagt. Overtid er avtalt i de fleste taktprosjekter.

Byggeretning kan også være en buffer. Med byggeretning menes hvilken del av prosjektet som vognene begynner i og hvilken rekkefølge de går gjennom prosjektet. Ved å bruke byggeretning som en buffer kan en vogn som ligger foran skjema starte på neste området i slutten av takttiden for så å justere ned bemanningen neste periode. Vogner som ligger bak skjema får også da mulighet til å gjøre ferdig oppgavene i forrige vogn før de begynner i en ny uten at de er i veien for neste vogn. Dette kan for eksempel være at man i et leilighetskompleks starter i leiligheten nærmest forrige kontrollområde og jobber seg mot leiligheten som er nærmest neste kontrollområde. Det er mulig å bli enig om en rekkefølge på ferdigstilling av leiligheter slik at man kan bruke de første leilighetene i vognen som buffer.

Veidekke benytter også planbuffer i form av ikke-kritiske områder som ikke er i takttoget. Dette er områder som hovedsakelig er bestående av aktiviteter i ett fag slik som for eksempel tekniske rom. Det kan også være områder som har en veldig annerledes aktivitetssekvens og arbeidstetthet enn det takttoget har slik at det vil være bedre å ta dette utenfor takttiden. For Veidekke kan det være kjellere, fasader eller kantiner.

Veidekke har ikke utviklet systemer for å håndtere stans i produksjon. Det finnes ikke rutiner for hvordan takten kan justeres og gjenoppta taktproduksjon etter full eller delvis stans.

## 4.2 Erfaringer med takt

Det andre forskningsspørsmålet i denne oppgaven bygger på den første og ser på hvilke erfaringer det finnes knyttet til de tre metodene for takt. Flere prosjekter er beskrevet og generelle og spesielle erfaringer hentet fra litteraturen, casestudier og intervjuer er brukt som grunnlag. Resultater knyttet til erfaringer rundt Porsche, Boldt og Veidekke er delt inn i kontrollområder og taktid, involvering og buffere.

### 4.2.1 Porsche Consulting

Porsche Consulting driver ikke egne prosjekter men holder kurs og tilbyr konsulenttenester innen taktplanlegging. Prosjektet på Kunnskapssenteret kan delvis ses på som et prosjekt i Porschetakt fordi det var Veidekke Trondheims første taktprosjekt. I og med at de ikke hadde erfaring med takt fra tidligere benyttet de Porsche Consulting gjennom konsulering og kursing gjennom hele prosjektet. Over 100 personer deltok på Porsche Consultings

taktplanleggingskurs i forbindelse med Kunnskapssenteret. Porsche Consultings metoder som ble brukt i langt større grad enn Veidekkes. Prosjektet er beskrevet av flere kilder så det har til dels vært mulig å skille ut hva som er implementert av Porsche og Veidekke.

Kunnskapssenteret hadde byggestart i august 2010 og sto ferdig i september 2013 med en kostnad på 319 millioner kroner. Kunnskapssenteret var verdens første sykehusbygg som ble bygd med passivhusstandard og ble målt som det tetteste bygget Veidekke hadde bygget. Veidekke hadde totalentreprise med samspillfase på prosjektet<sup>1</sup>.

### *Kontrollområder*

I Solems rapport (2013) kommer det frem at intervjuobjektene var bekymret for at taktplanlegging skulle gå ut over HMSen. Det ble uttrykt bekymring for at takt ville redusere rotasjon av arbeidsoppgaver for at området skulle bli ferdig i tide. Ved forsinkelser så det bekymring for at de raskeste fagarbeiderne måtte ta seg av de mest tidkrevende oppgaven uten å få rotert. For eksempel at den raskeste snekkeren måtte ta alle dørkarmene for å rekke over kontrollområdet innenfor tiden.

Masteroppgaven til Smiseth (2013) så også på bruken av taktplanlegging ved Kunnskapssenteret. Der kommer det frem at kun 32% av aktivitetene startet som planlagt og kun 35% avsluttet til riktig tid. Dette skyldes at det ikke var planlagt godt nok og at variabiliteter i aktivitetene ikke var godt nok tatt hensyn til. Videre påpeker Smiseth (2013) at Veidekke har kommet langt i levering av tegninger til produksjon, men at det fortsatt er litt å hente på leveringstidspunkt. Taktplanlegging krever mye planlegging og det er derfor viktig at tegningene kommer i god tid. Ved å for eksempel å legge til rette for prefabrikking av komplekse bygningsdeler kan man eliminere flaskehalsaktiviteter i selve taktproduksjonen.

Et av intervjuobjektene fra Boldt var på besøk under byggingen av Kunnskapssenteret påpekte at prosjektet fokuserte for mye på repetisjon. Vedkommende mente at dette er typisk for konsulentdrevne prosjekter. Konsulentene ønsker å selge sin metode og det er enklere å lære folk opp i repeterbare oppgaver fremfor å få de til å virkelig forstå metoden. Dette kommer også frem i et intervju med en Veidekkerepresentant som jobbet på Kunnskapssenteret. Planen baserte seg i stor grad på repeterbarhet mellom etasjene. Områder ble først delt inn i repeterbare og ikke-repeterbare områder, der repeterbare områder ble planlagt i takt mens ikke-repeterbare områder ble brukt som bufferområder. For en fløy ble det detaljplanlagt i en etasje for så å bruke tall fra denne etasjen i andre etasjer uten at arbeidsmengder og type rom nødvendigvis samsvarte. Planene ble ifølge intervjuobjektet ikke kopiert fra etasje til etasje, men det ble gjort store forenklinger i planleggingen. Forenklingen førte til mange feil og forsinkelser i prosjektet.

Forsinkelser og feil beskrives også i Andersens rapport (2013) til Helsebygg Midt Norge, Veidekke og YIT. Ryddighet, oppmøte ved taktmøter og fremdrift er målt for tre av togene i prosjektet som gikk gjennom repeterbare områder. Alle tre parameterne ble vurdert etter trafikklyssystemet for hver vogn, og status ble fortløpende oppdatert på taktavlene. For rydding vil grønt være ryddig og støvfritt område, gult er noe rot og/eller støv, og rødt er uakseptabelt mye rot og/eller støv. For oppmøte vil grønt være møtt, gult er ikke møtt én gang, og rødt er ikke møtt to ganger på rad. For fremdrift vil det være grønt når vognen følger planlagt fremdrift, gult om vognen er noe etter planen, og rødt om vognen ikke vil klare å fullføre i løpet av perioden. Grønt er vektet som 1, gult ½ og rødt 0. Resultatene for de fire områdene

---

<sup>1</sup> Solberg 2015

Oppmøte for de ulike vognene ved Kunnskapssenteret lå i gjennomsnitt på mellom 72% og 79%, gjennomsnittlig fremdriften lå mellom 46 % og 52%, og ryddigheten lå i gjennomsnitt på mellom 75% og 82%. Det er en viss sammenheng mellom fremdrift og rydding, og oppmøte har for flere tog en tendens til å følge fremdriften. Vognene hadde tidvis positiv utvikling som følge av at det ble tatt grep etter fellesferien, men flere av togene hadde en påfølgende negativ utvikling. Målingene var ikke virksomme i siste del av byggeprosjektet.

Rapporten ser også på hvilken grad togene har oppnådd takt-produksjon gjennom prosjektet. Hvis man forutsetter at minimum 80% av vognene i toget må ha fremdrift som samsvarer med plan (grønt) eller har iverksatt tiltak som gjør at de vil samsvarer med planen (gult) for at det skal kunne sies å holde takten så vil tog 1 ha oppnådd dette to av 22 registrerte uker, tog 2 i to av 18 uker, og tog 4 i null av 19 uker. Dette tilsvarer 7% av tiden for de tre togene. Hvis man justerer ned til minimum 70% vil tog 1 ha taktproduksjon i tre av 22 uker, tog 2 i fire av 18 uker, og tog 4 i tre av 19 uker. Dette betyr at det totalt for disse tre togene så fulgte de taktproduksjon 17% av tiden.

### *Involvering*

Under intervjuene til Solem (2012) kom det frem at underentreprenørene i prosjektet leverte informasjon til planleggingen, med deltok ikke selv i fremdriftsplanleggingen. Dette gjorde det vanskeligere å planlegge egen bemanning når de ulike underentreprenørene ikke ble involvert i fremdriftsplanleggingen. Det trekkes frem at den manglende involveringen av lagene kan skyldes kulturforskjeller mellom Norge og Tyskland. Rapporten (Solem, 2012) trekker frem at Porschetakt takt i større grad bør tilpasses norsk arbeidskultur for at det skal kunne lykkes i senere prosjekter. Store deler av byggetiden på Kunnskapssenteret var preget av at flere fag jobbet i samme område (Andersen, 2013). Underentreprenørene ble involvert i restart av takten uten at restart av produksjon hjalp nevneverdig på sikt.

Før Kunnskapssenteret ble bygget hadde flere av basene vært på kurs for å lære seg prinsippene i trimmet bygging (Lean Construction). Basene påpeker at det ikke er så stor forskjell mellom Porschetakt og trimmet bygging (Lean Construction), og er kritiske til å begynne med noe nytt når man enda ikke er ferdig med å lære seg trimmet bygging (Solem, 2012).

Representanter fra underentreprenørene ble tatt med i planlegging av taktplanen, spesielt maleren og tekniske entreprenørene tok del i planleggingen. Porsche har som del av sin tenkning at entreprenøren skal involveres i planleggingsprosessen, men de hadde i følge ett av intervjuobjektene ikke pleid å involvere helt ned på basnivå. De involverer ikke like langt ned i produksjonsleddet som Veidekke pleier å gjøre. Veidekke hadde i flere år jobbet med Involverende Planlegging der fagarbeideren skulle ta aktiv del i planlegging av sin egen hverdag. Ved Kunnskapssenteret ble det antatt at taktplanen som ble lagt var detaljert slik at det ikke var behov for fagarbeiderne å planlegge sin egen uke. Dette stemte ikke og det var mye planlegging som fortsatt var nødvendig men som ikke ble gjort underveis. Det utviklet seg også et uforpliktende miljø. Det ble inngått avtaler i møtene med de ble skrinlagt da man forlot møte fordi man da tenkte at planen ikke lot seg gjennomføre. Møtene førte dermed ikke til nødvendige justeringer, det var for stor tro på at taktplanen var god nok som den var.

I FAFO-rapporten «*Fagarbeideres og fagopplærings betydning for innovasjon*» (Steen, et al., 2018) ble blant annet bruk av taktplanlegging ved Kunnskapssenteret ved St. Olavs Hospital trukket frem. Der ble Porsches måte å drive takt på beskrevet som toppstyrt med konsekvens av at det oppstod mange feil og arytmsk produksjon. Det ble gjort feil i beregning



av timeverk, rekkefølge samt noe i prosjektering. Timesestimer baserte seg på kalkyletall istedenfor å regne timer selv for så å kontrollere opp mot kalkyletallen. Fagarbeiderne ble ikke involvert i taktplanleggingen og kunne derfor ikke bidra i beregning av timeverk. Erfarne fagarbeidere kan ut i fra tegninger se hvor lang tid de kommer til å bruke på en for eksempel et rom eller en vegg. Informantene i rapporten mener at forsøket med å gjennomføre Porschetakt «etter boken» synliggjort ulempen ved å gjennomføre toppstyrt planlegging av en byggeprosess. I følge rapporten påtok funksjonærleddet seg oppgaver som vanligvis og fortrinnsvis overlates til fagarbeiderne. Rapporten trekker frem Moholt 50/50 som et lignende prosjekt der den toppstyrte planprosessen ble byttet ut med en involverende planprosess. I dette prosjektet lyktes også Veidekke med implementeringen av taktplanlegging.

Et av intervjuobjektene i denne oppgaven fortalte at samarbeidet mellom de ulike fagene tidvis fungerte veldig bra i forbindelse med takttavlene. Fagene kom med forespørsler til hverandre om små korrigeringer som ville gjøre deres arbeid betydelig lettere. Det ble også plukket ut feil underveis. Andersen (2013) beskrev også positive opplevelser blant flere i prosjektet knyttet til bruken av takttavler i starten av prosjektet. Møtene ved takttavlene var effektive og gode kilder for informasjonsflyt og korrigeringer mellom fagene.

Underveis i prosjektet ble det bestilt en ekstra etasje på en av fløyene. Den ble planlagt som en egen takt og med en annen kontraktsmodell. Etsjen ble gjennomført som regningsarbeid slik at man fikk betalt for det man gjorde. Dette ga incentiv for de ulike fagene å i større grad bistå hverandre når det var nødvendig. Produksjonen fløt bedre i denne etasjen enn i de resterende delene av prosjektet. Det ble et mer helhetlig tenkning blant underentreprenørene slik at man produserte mer effektivt uten å bedrive ansvarsfraskrivelse og forsvare egne posisjoner.

### *Buffer*

Ved Kunnskapssenteret ble det opp i mot seks måneder forsinkelser knyttet til råbygget. Dette reduserte byggetid for resterende deler av prosjektet og ga en stram produksjonsrekkefølge med lite slakk mellom vognene (Andersen, 2013). Flere av intervjuobjekter i Andersens rapport (2013) etterlyste buffere i form av tomme vogner for å kunne hente seg inn igjen ved forsinkelser. Når det oppsto en rekke feil med tegninger i prosjektet hadde ikke vognene noe slakk til å hente seg inn og takttoget stoppet opp.

Bemanning var et stort problem ved Kunnskapssenteret (Andersen, 2013). Spesielt tømmer og rør hadde tidvis store problemer. Et viktig prinsipp i Porschetakt er at man starter med overbemanning og nedjusterer bemanningen underveis når vognen har stabilisert seg og fått god produksjonsflyt. Ekstra bemanning skal da sendes til bufferområder som ikke er en del av taktplanen og heller ikke kritisk for fremdriften. Dette var ikke tilfelle på Kunnskapssenteret der man tidvis var kraftig underbemannet slik at man måtte sette igjen arbeid for å gjøre senere, noe det ikke var lagt opp til i planen. Fremdriftsplanen hadde også lagt opp til tre uker sommerferie, men omtrent 95% av fagarbeiderne skulle ha fire uker.

Et av intervjuobjektene i denne oppgaven beskriver bufferområdene ved Kunnskapssenteret som for dårlig planlagt. Alle ikke-repeterbare områder ble brukt som bufferområder. Det ble for mye fokus på å holde takten at disse områdene ble undervurderte planleggingsfasen. For eksempel ble et auditorium planlagt som bufferområde. Bæresystem i taket til auditoriumet var en dobbeltkrummet limtrekonstruksjon som kun hadde blitt gjennomført en gang tidligere i verden. Området ble for dårlig planlagt og det resulterte i at man brukte svært mye tid på å hente seg inn i takten.

#### 4.2.2 The Boldt Company

Sutter Health Anderson Lucchetti Women's and Children's Center (WCC) er et ni etasjer høyt sykehusbygg med 242 sengeplasser som ble bygget av The Boldt Company i Sacramento, USA (Linnik et al., 2013). Senteret var da det sto ferdig et av de ledende kvinne- og barn klinikkene i Nord-California. The Boldt Company brukte taktplanlegging i dette prosjektet.

##### *Kontrollområder og taktid*

Intervjuobjektene fra Boldt mener at alle byggeprosjekter vil tjene på å benytte seg av taktplanlegging. Gevinsten vil være forskjellige, men alle prosjekter vil oppnå økt flyt med takt. Boldt benytter i dag takt på blant annet universitetsbygg, datasentre, sykehusbygg og vitenskapssentre. Takt implementeres i alle faser av prosjektet. Grunnarbeid, betongarbeid, innvendig arbeid, utvendig arbeid og idriftsettelse.

Sutter Health var delt inn i 4 faser med ulike kontrollområder og takttider. Alle vognen i innrammingsfasen hadde ferdigstillelse innen takttiden, mens gipsvognen hadde 94% av kontrollområdene ferdigstilt innen tiden (Linnik et al., 2013). Kravet om å ferdigstille innen takttiden drev alle aktører til å effektivisere egen produksjon og flere aktører la opp systemer for å effektivt levere og montere utstyr, og nesten samtlige aktører begynte med Just-In-Time varelevering.

Avhengigheten mellom fagene for å ferdigstille innen tiden kombinert med enfagligheten i kontrollområdene reduserte behovet for tilsyn og kontroll underveis. Formenn og ingeniører hadde derfor bedre tid til å støtte opp om produksjon i form av bestemmelse av kvalitetskrav, analysere og gjøre tiltak ved avvik, i tillegg til å optimalisere produksjonsprosessen. Prosjektet hadde ikke en komplett BIM-modell i tide til å gjøre detaljplanlegging av produksjonen. De måtte gjøre manuelle mengdeberegninger på ufullstendige tegninger. Dette førte til at bemanningen ikke var optimal i flere kontrollområder.

Under byggingen av et universitetsbygg ble det brukt fem ulike tog på prosjektet. Fire hadde omtrent den samme aktivitetssekvensen, mens den siste gikk gjennom mer spesielle områder som var vanskelig å legge inn i vanlig takt. Ettersom at de benyttet så mange tog greide de å fullføre prosjektet på 29 måneder istedenfor de 36 månedene de var gitt. For å lykkes med dette brukte de lang tid på å planlegge produksjonssystemet som en helhet. De la en enkel og forståelig plan som alle parter i produksjon var kjent med. Med flere tog er det flere plasser det kan gå galt så det var viktig at planleggingen ble gjort på en god måte.

##### *Involvering*

Boldt opplever taktplanlegging som et selvregulerende system. Hvis et fag ligger an til å ikke bli ferdig med sitt kontrollområde etter endt taktid så vil påfølgende vogn kreve at området skal ferdigstilles til tiden. De har interesse for å bli ferdig innen takttiden, komme til en ryddig arbeidsplass, samt jobbe uten forstyrrelser. De er derfor helt avhengig av at foregående vogn er ferdig på tiden. Dette er noe man ikke vil se tradisjonell planlegging der det ofte er kun prosjektledelsen som følger opp fremdriften til de ulike fagene. I taktprosjekter vil fagene vil også til en viss grad kontrollere kvaliteten til foregående vogn.

Erfaringsvis har Boldt hatt problemer med eksterne underentreprenører som ikke er ærlige om egen fremdrift og problemer, og det oppdages ikke før sent ut i prosjektet at de faktisk har store problemer. De har blitt involvert i planleggingen og møtevirksomhet underveis i produksjon.

### *Buffer*

Et av prosjektene til Boldt var Sonys nye lydsenter i San Diego. Bygget skulle produsere alt av lydeffekter til Sonys egne spill og de hadde det travelt med å få bygget klart. Konstruksjonen besto av over 11 000 kvadratmeter bygg med en rekke tekniske rom og hadde en byggetid på kun 23 uker. Prosjektet var derfor svært hektisk og Boldt kunne derfor ikke tillate seg å legge inn tidsbuffer eller tomme vogner. Vanligvis vil de ønske å legge inn en buffervogn for å kunne håndtere forsinkelser, men det lot seg ikke gjøre i dette tilfellet.

### 4.2.3 Veidekke

Fire prosjekter er tatt med som eksempler på taktplanlegging i Veidekke; leilighetsprosjektet Horneberg B3, studentboligprosjektet Moholt 50/50, Psykiatrisk avdeling ved Sykehuset Levanger og bolig- og næringsprosjektet Nærbyen.

Boligbyggingsprosjektet Horneberg i Trondheim benyttet taktplanlegging på innredningsarbeidet på noen av leilighetskompleksene. Prosjektet hadde oppstart i april 2012 og overtagelse i juli 2013. Andre deler av prosjektet ble gjennomført ut i fra tradisjonell fremdriftsplanlegging. Veidekke var både ansvarlig byggherre og utførende entreprenør i prosjektet som hadde en kontraktsum på 97 millioner NOK. Petter Mordal (2014) skrev en masteroppgave med casestudie av dette prosjektet og det er her informasjon om Horneberg er hentet.

Moholt 50/50 besto 5 tårn med studentboliger på 9 etasjer pluss kjeller, en barnehage, med plass til 170 barn, og en parkeringskjeller på oppdrag fra Studentskipnaden i Trondheim. Prosjektet hadde oppstart i mars 2015 og sto ferdig i november 2016 med en kostnadsramme på 450 MNOK<sup>1</sup>. Bygget var satt opp i prefabrikkert massivtre og det var lagt godt til rette for Lean i prosjektet med identiske etasjer i alle bygg. Massivtreelementene ble levert komplett med hulltakinger for tekniske føringer og nøyaktige utskjæringer for dører og vinduer (Skaret, 2018).

Psykiatrisk avdeling ved Sykehuset Levanger var et prosjekt med 2 800 kvadratmeter nytt helsebygg med en kontraktsum på 99 millioner norske kroner. Veidekke var totalentreprenør og hadde oppstart på prosjektet i mars 2017. Bygget sto ferdig i august 2018, én måned tidligere enn først planlagt til tross for forsinket oppstart på to måneder<sup>2</sup>.

Nærbyen er et bolig- og næringsprosjekt sør i Trondheim med 154 leiligheter, butikker og parkeringskjeller. Veidekke har totalentreprise som er verdt 308 millioner norske kroner. Det første spadetaket ble tatt i mars 2018 og forventet overlevering for boligene er desember 2019. Nærbyen består av åtte blokker på tre til åtte etasjer, 3000 kvadratmeter næringsareal bestående av fire til fem mindre butikker, et spisested og en dagligvarebutikk<sup>3</sup>.

### *Kontrollområder og taktid*

I Hornebergprosjektet var taktplanleggingen lagt opp slik at det skulle gjennomføres færre aktiviteter på slutten slik at man hadde god tid til eventuell retting og kontroll (Mordal, 2014). Dette førte til at det ble bedre tid i den siste delen av prosjektet i motsetning til vanlig planlegging der det ofte er mye overtid og stress i avslutningsfasen av et prosjekt.

---

<sup>1</sup> Veidekke, u.å., c

<sup>2</sup> Sellæg 2018

<sup>3</sup> Veidekke 2018

Intervjuobjektene forteller om stort utbytte på prosjektene ved kontinuerlig læring i produksjon. Gjennomføring av de samme bestemte oppgavene gjennom hele prosjektet reduserer risikoen for å gjøre feil. Spesielt i prosjekter der det er mye repetisjon vil man hele tiden redusere feil og øke produktiviteten. Ved at det de samme fagarbeiderne som går i vogn fra uke til uke så vil man få stort utbytte av læringskurven og dermed få muligheten til å redusere bemanningen utover i prosjektet. Hver vogn vet hva de skal gjøre og de vet hva vognen før skal ha gjort. På denne måten får man en kontinuerlig internkontroll der vognene kontrollerer hverandre. Ved å planlegge rekkefølgen på områdene slik at de ligger tett geografisk inntil hverandre vil man også oppnå flyt på transport av varer, avfall og personell.

Intervjuobjektene trekker også fram takts håndtering av grensesnittene mellom fagene gjennom enfagligheten i områdene som en stor styrke. Det er tydelig hva de ulike vognene skal gjøre i hvert område og når de skal være ferdig. Enfagligheten i områder gjør også at man slipper at andre fag er i veien og det blir lettere å holde byggeplassen ryddig fordi man alltid rydder opp etter seg når man er ferdig i et område. Gjennom intervjuer med fagarbeidere på prosjektet fikk Mordal (2014) høre at de stort sett var positive til bruken av takt. Spesielt det at takt forenklet og effektiviserte arbeidsdagen deres. Ryddighet, oversikt og fleksibilitet trekkes frem som positive sider. Analyse av dokumenter for Horneberg-prosjektet viste at kostnadene var lavere med taktplanlegging samt at utførte timeverk for tømmer var 13% lavere sammenlignet med de resterende rekkehusene som ble bygd med tradisjonell fremdriftsplan. Redusert byggetid var også markant. Den raskeste totale byggetiden for leilighetene bygd i takt var fem dager raskere enn leilighetene som ikke ble bygd i takt (Mordal, 2014).

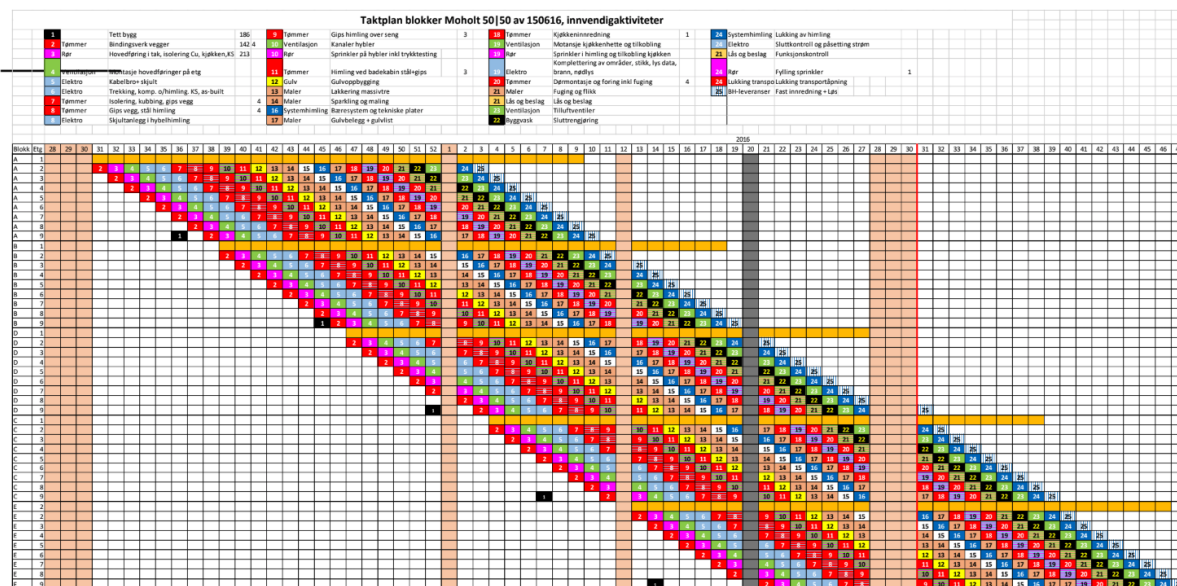
### **Inndeling av kontrollområder**

Nærbyen kan deles inn i tre områder; høyblokkene, lavblokkene og næringsbygg. Høyblokkene ligger over næringsbygget og er området som ble produsert i takt da denne oppgaven ble skrevet våren 2019. På tidspunktet for intervjuene var det enda ikke avgjort om lavblokkene skulle bygges i takt eller ikke. Næringsbygget bli ikke bygd i takt fordi flere av lokalen fremdeles ikke var leid ut og at det derfor kunne oppstå plutselige endringer. Dette ville ikke være gunstig for takt.

Taktplanlegging og industriell bygging har ligget til grunn for Nærbyen helt siden idefasen i prosjektet. Leilighetene er utformet med minimal variasjon mellom leilighetene men de skal fortsatt være salgbare. Mange etasjer er helt like i bolker på to til tre etasjer. Denne utformingen gjør det svært enkelt å dele prosjektet inn i kontrollområder. Toppleilighetene skiller seg ut fra resten av bygget med tanke på størrelse, kvalitet samt at det her skal være plassbygd bad. På grunn av forsinkelser i betongarbeidet måtte innredningsfasen kortes ned. Dette resulterte i at flere vogner ble slått sammen og toppleilighetene ble tatt utenfor takt.

### **Takttid**

Ved Moholt 50/50 var takttiden for prosjektet satt til én uke med oppstart på mandag og ferdigstilling på fredag. Kontrollområdet var én etasje og innredningsarbeidet var fordelt på 24 ulike vogner. De totalt 40 etasjer med studentboliger ferdige etter 64 uker. Fremdriftsplanen for prosjektet er illustrert i figur 13.



Figur 13: Fremdriftsplan Moholt 50/50 (Skaret, 2018)

Mange opplever taktplanlegging som et rigid system. Det at man har satt av område som skal gjennomføres på en bestemt tid gjør at flere aktører føler at de mister fleksibiliteten de er vant til. Denne fleksibiliteten er i stor grad fiktiv ettersom all fleksibilitet har en konsekvens. Flexibiliteten koster alltid noe for noen og det kan være at et annet fag som må ta konsekvensen av at et fag forskyver arbeidet. På den måten er det en fiktiv fleksibilitet som på mange måter ikke eksisterer i en vanlig fremdriftsplan.

En tydelig og klar linje med overtagelse med uketakten har vært et positivt tilskudd for fagarbeiderne. Basene peker på forutsigbarheten med uketakten som en av de fremste fordelene med taktplanlegging. Ved å ha en uke på et gitt område der bare de skal jobbe gir forutsigbarhet både i hva som skal gjøres hver dag og det som skal være ferdig til fredag. Det gir også muligheter for å trimme driften og redusere bemanningen i løpet av prosjektet når man stadig finner nye måter å gjøre ting bedre og raskere. Denne forutsigbarheten man får med 5-dagerstakt gjør planlegging og varelevering mye enklere.

Et eksempel som viser viktigheten av klare rammer er Moholt 50/50-prosjektet. Der brukte de uketakten og opplevde stor økning i produktivitet gjennom hele prosjektet. De fikk problemer i prosjektet i mai da det var svært mange helligdager slik at de måtte flytte overtagelse flere ganger. Det ble da stor usikkerhet blant fagarbeiderne på når de skulle være ferdige med hvert kontrollområde og mye ekstra arbeid i planleggingen.

Det er svært viktig at man fullfører kontrollområdet innenfor takttiden og unngår forsinkelser ettersom at dette raskt forplanter seg gjennom hele prosjektet. Det er lite rom for å endre fremdriftsplanen underveis uten at alle parter har gått med på det. Flere prosjekter har kommet ut av takten og fått store forsinkelser på grunn av dette. Psykiatrisk avdeling ved Sykehuset Levanger fikk store problemer da det ble endringer av nøkkelpersoner i prosjektledelsen underveis i produksjon. En anleggsleder med bred erfaring innen taktplanlegging ble byttet ut med en som ikke hadde erfaring med metoden. Det ble godkjent endringer i fremdriftsplanen uten at alle involverte parter var blitt informert om dette. Dette førte til at taktoget bak denne aktiviteten stoppet opp og taktplanen kollapset. Den nye anleggslederen hadde ikke erfaring med takt så det ble replanlagt til tradisjonell fremdriftsplanlegging.

### *Involvering*

Veidekke har gjennom sine prosjekter hatt en rekke erfaringer knyttet til involvering i taktplanlegging. Dette underkapittelet beskriver involvering før og under produksjon, i tillegg til andre erfaringer.

### **Før Produksjon**

Før byggingen startet på Moholt 50/50 og Nærbyen ble alle involverte parter enige om en gjensidig taktavtale som de forpliktet seg til å følge (Skaret 2018). Avtalen innebar at alle baser pliktet til å møte på jevnlig statusrunder der det alltid skulle gis faktisk forhold med tanke på egen fremdrift. Alle skulle til en hver tid rapportere skader påført på bygget slik at man fikk ordnet det før det ville gi utfordringer for andre fag. Ved forsinkelser skulle man først korrigere ved å ha overtid på egne vogner. Hvis dette ikke var tilstrekkelig skulle man korrigere ved å jobbe overtid i helg, og om ikke det skulle være nok måtte man jobbe overtid neste uke på kveldstid. Overtid over i påfølgende uke ville også gi en dagmulkt per dag til det fag som blir forulempet. Hvert firmas ledelse pliktet å skaffe riktig bemanning for å unngå bruk av overtid. Før overtagelse skulle alle fag rydde og støvsuge etasjen de var ferdige i. Det skulle også utfylles en overtagelsesprotokoll der eventuelle synlige skader eller avvik skulle meldes inn. For å sikre at oppstart til neste fag skulle gå som planlagt så måtte hver etasje legge til rette for at levering av neste fags varer kunne gjøres i slutten av uken.

Både ved bygging av Psykiatrisk avdeling på Sykehuset Levanger og Nærbyen i Trondheim ble det hentet inn nøkkelpersoner for å hjelpe til med å introdusere takt for produksjonsleddet i oppstarten av prosjektet. I Levanger ble det hentet inn en formann på tømmer som hadde erfaring fra tidligere taktprosjekter for å hjelpe å igangsette taktplanleggingen blant basene. Ved Nærbyen ble en erfaren anleggsleder hentet inn for å delta på det første taktplanleggingsmøtet med basene før produksjonsstart. Anleggslederen startet seminaret med å holde en presentasjon rundt taktplanlegging, ga tips og svarte på spørsmål under planleggingen.

For Nærbyen hadde de fem samlinger. Én heldagssamling og fire halvdagssamlinger. Der ble fremdriftsplanen spisset, og det ble lagt planer i fellesskap for logistikk, rigg og toppleiligheten som skilte seg ut fra resten av boligdelene på prosjektet. HMS og risiko for prosjektet ble også gjennomgått. Anleggslederen ved Nærbyen hadde på forhånd laget et utkast for taktplanen før taktplanleggingsmøtet med basene for å kunne sammenligne med basenes taktplan. Basenes taktplan ble en del annerledes enn anleggsleders plan, men anleggsleder valgte å ikke korrigere inn på egen plan fordi han mente at basenes plan var mer fornuftig i forhold til aktivitetssekvens.

### **Underveis i produksjon**

På Nærbyen har de startet med vandrende basemøter. Dette innebærer at én ansvarlig person for hver vogn i toget vandrer sammen gjennom hele produksjonsstrengen og tar opp status og gjør tilpasninger. Nye fag tar del i møtet etter hvert som nye vogner starter opp. Ingen fra prosjektledelsen deltar i dette møtet for at basene skal føle autonomi for møtet. Eventuelle problemer som ikke kan løses innad i basemøtet tas videre til ukesluttmøtet.

Ved Nærbyen har de også begynt med oppstartsmøter for hver enkelt vogn. Bas og fagarbeidere i vognen innkalles til møte med anleggsleder og HMS-ansvarlig. Der presenterer først HMS-ansvarlig retningslinjer for HMS og risiko. Deretter forteller anleggslederen litt om hva takt er og om taktavtalen som ligger til grunn for prosjektet. Dette gjøres for å sikre at informasjonen om takt og HMS ikke blir på basnivå men også når fagarbeiderne.

Nærbyen tester også uten en ny app for å måle fremdriften til de ulike lagene. På forhånd er fagarbeiderne lagt inn i sine vogner med aktiviteter de skal gjennomføre hver uke. Fagarbeiderne får et varsel på telefonen onsdag formiddag som ber de rapportere om de ligger an til å bli ferdig med taktplanleggingen eller ikke. På denne måten får man lett oversikt vognen fremdriften og man kan sette inn tiltak i vogner som ligger bak planen.

### **Erfaringer**

For fagarbeiderne på Moholt 50/50 så gikk sykefraværet kraftig ned (Skaret, 2012). Det at man hadde en tydelig plan og at man til en hver tid viste hva man måtte gjøre hver uke gjorde at det var lave skuldre på byggeplassen. Ved å beholde fagarbeiderne gjennom prosjektet fikk de stor gevinsten av læringskurven. Tømmerformannen fortalte i intervju at timeverk for vognene ble kraftig redusert gjennom hele prosjektet. Det var planlagt at tømmerne skulle rullere innad de ulike tømmervognene, men de trivdes så godt med kontinuiteten at dette ikke ble gjort. Det ble også betydelig færre timeverk enn beregnet. Planen ble fulgt hele prosjektet og de avvikene som oppsto ble løst mellom vognene. Den at man var klar viste hva man skulle gjøre hver uke lang tid i forveien gjorde logistikken mye enklere. Det ble gjort bestillinger seks måneder frem i tid på klokkeslett.

Veidekke fikk tilbud fra samme underentreprenør på rør og elektro som Moholt 50/50 da de la ut anbud for Nærbyen. Veidekke har et ønske om å bruke de samme underentreprenørene over flere prosjekter, men i dette prosjektet kom det inn bedre tilbud i forhold til pris. Et av intervjuobjektene sa at troen på takt som system er såpass sterk at det ikke er nødvendig å bruke de samme entreprenørene over flere prosjekter. Dette er i så fall bare en bonus.

### *Buffer*

Ved Nærbyen hadde de etter risikovurdering med basene i forkant av prosjektet kommet frem til at det var nødvendig med en tilgjengelig bemanningsbuffer. I tilfelle det skulle oppstå sykdom på flere personer i samme vogn så vil det være nødvendig å hente inn folk utenifra. Ved store forsinkelser i fremdrift kunne dette også være ønskelig. Det ble derfor registrert ekstra bemanning på prosjektet fra de ulike fagene slik at man enkelt kunne hente inn mer folk om det skulle være nødvendig. Veidekke og flere av underentreprenørene hadde også mange fagarbeidere på de ulike delene av prosjektet. Det ville derfor være mulig å hente inn ekstra bemanning fra for eksempel næringsbygg til høyblokkene. Området i takten vil alltid ha førsteprioritet.

5-dagerstakt med oppstart mandag og overlevering fredag gir mulighet til å jobbe overtid i helgen hvis det skulle være nødvendig. Dette er noe man ikke ønsker å gjøre og ved Horneberg justerte man heller bemanningen når det oppsto avvik fremfor å benytte overtid eller helgearbeid. Forutsigbarheten taktplanlegging gir i produksjon gjør at de fleste fagarbeiderne trives bedre på prosjektet. Denne trivselen er noe fagarbeiderne ønsker å jobbe ekstra for og formann på tømmer fortalte i intervju at det ikke var noe problem å få inn folk til å jobbe i helgen om det skulle være nødvendig. Dette er et «offer» de gjerne gjør for å få tilbake flyten og den gode stemningen de har når vognene er i takt.

Ved Moholt 50/50 valgte anleggsleder å ofre 10% av innredningsarbeidet som ikke var planlagt i takt for at 90% av innredningsarbeidet som var planlagt i takt skulle gå bra. Ved å la enkelte områder gå dårlig, altså at de ikke hadde en detaljert arbeidsplan og bare ble jobbet på da det var overbemanning i takttoget, får man samtidig gevinsten av at taktområdene har

tilstrekkelig bemanning og dermed holde oppe fremdriften. De 10% fungerte da som en planbuffer for prosjektet.

Veidekke opplevde store problemer i avslutningsfasen av prosjektet med planbufferne ved Moholt 50/50. Det ble brukt mye fokus på å holde takten slik at planbufferne ble neglisjert i planleggingsfasen og underveis i produksjon. Dette resulterte i at studentleilighetene ble ferdig før tiden samtidig som at det gjensto mye arbeid med førsteetasjen og kjellerne. Nærbyen tok lærdom av dette og implementerte så store områder som mulig i takt. Det ble derfor bevist valgt å starte prosjektet uten planbuffer i høyblokken.

For Nærbyen var det på forhånd bestemt at forsinkede områder skulle isoleres, problemet løses og deretter skulle arbeid gjenopptas i det aktuelle området. Dette skjedde med en leilighet der man fikk vannskader og derfor måtte tørke ut leiligheten før arbeidet kunne begynne. Dette arbeidet måtte planlegges inn senere i prosjektet og tanken var å sette overskuddsbemanning på dette området.

Nærbyen opplevde problemer med utålmodige underentreprenører som ble tidlig ferdig med sine områder og ønsket å forsere. Dette var ikke ønskelig for anleggsleder fordi det ville gi fag som jobbet over hverandre samt at betongen ikke var ferdig med bygget slik at det var begrenset med buffer mellom fremste vogn og bakre del av råbyggproduksjon. Ettersom at betongen var såpass forsinket var det ikke rom for buffervogner i Nærbyen så at det ikke var rom for vogner å forsere andre vogner. Det var ønskelig med tomme vogner på Nærbyen for å kunne absorbere variasjon, men på grunn av forsinkelser i grunnarbeidet og råbyggfasen så var det ikke rom for dette.

### 4.3 Forbedringer av takt

Hvordan taktplanlegging kan forbedres er siste forskningsspørsmål i denne oppgaven. Resultater for mulige forbedringer for de tre metodene innen kontrollområder og taktid, involvering og buffer presenteres i dette kapitlet.

#### 4.3.1 Porsche Consulting

##### *Kontrollområder og taktid*

Detaljgraden i planlegging av ikke-repeterbare områder er mye høyere enn repeterbare. For å bedre kunne planlegge de repeterbare områdene bør flere av de ti stegene for ikke-repeterende områder også implementeres for planlegging av repeterbare områder.

Alle prosjekter vil kreve endringer fra planen i løpet av produksjon. Kunnskapssenteret manglet en plan for avvikshåndtering. Det var ingen konsekvenser om man ikke var ferdig på tiden. Smiseth (2013) foreslår å endre lønssystemet slik at alle i fagarbeidere i produksjon har en initiativbasert lønn med bonus for fullført arbeid.

##### *Involvering*

Solem (2012) beskriver mangel på tilpasning til norsk arbeidsliv som en av grunnen til at Porschetakt ikke lyktes på Kunnskapssenteret. Porsche Consulting kommer fra Tyskland der det tradisjonelt er mer toppstyrt styring og mindre involvering. Et av intervjuobjektene som jobbet på Kunnskapssenteret forteller også at Porsche ikke var vant med involvering ned på basnivå. For at Porsche Consulting skal kunne fungere i ulike land kan det være nødvendig å, i større grad, tilpasse metoden til lokal arbeidskultur når de driver konsulentvirksomhet utenfor Tyskland.



### *Buffer*

Porsche benytter arbeidskapasitet, område og plan som buffer i sine prosjekter. Det er ikke en del av deres ti steg for planlegging av kontrollområder noe som kunne vært utredet. I tillegg til at det kunne vært presentert hvilke typer og mengder buffere i eksempler, samt om det er forskjell på valg av buffer i repeterbare og ikke-repeterbare områder.

Porsche Consulting har tydelige retningslinjer når takttoget sporer av for at det igjen skal komme tilbake på planen. Dette kan være gunstig på kort sikt, men når det er problemer med planen i utgangspunktet vil man få de samme problemene om man ikke gjør endringer i planene. Porsche Consulting bør legge inn som en del av gjenoppstartsprosedyren at også taktplanen skal revideres og endres slik at man unngår at toget stopper på ny.

#### 4.3.2 The Boldt Company

##### *Kontrollområder, taktid og buffere*

Den største forbedringen som kommer til å skje for taktplanlegging i fremtiden er, ifølge ett av intervjuobjektene i Boldt, at større mengder informasjon og data vil hjelpe med å utforme dataprogrammer for takt. Disse programmene vil på en mer vitenskapelig måte kunne avgjøre optimale takttider, kontrollområder og nødvendige buffere basert på plantegninger og erfaringstall. I dag brukes store ressurser på å lage detaljerte gode planer, og likevel så vil ikke den optimale taktplanen bli lagt. Med slike programmer så kan prosjektledelsen bruke tid på systemdesign, kvalitetskontroll og koordinering fremfor å løse problemer med en mangelfull plan.

##### *Involvering*

Boldt har i samarbeid med UC Berkeley utvidet Last Planner med et ekstra trinn mellom faseplanleggingen og klargjøringsplanen. I det nye trinnet skal produksjonsstrategi for prosjektet der kontrollområder, aktivitetssekvens og flyt planlegges. Dette refereres i Boldt til som taktplanlegging. Ikke alle kommer til å kunne bruke takt, men det nye trinnet kommer til å legge til rette for å lage et lokasjonsbasert planleggingssystem. Et av intervjuobjektene påpeker at taktplanlegging ikke er et verktøy som fungerer alene men at det er helt avhengig av å ha et overordnet system som Last Planner for å kunne fungere. Taktplanlegging er kun en rytme for planleggingsprosessen med konstant varighet. Taktplanlegging vil igjen gi Last Planner en stabil flyt av arbeid med lite variasjon når det er implementert rett.

#### 4.3.3 Veidekke

##### *Kontrollområder og taktid*

Mindre kontrollområder og taktid trekkes frem av Boldt-representanter som naturlig utvikling etterhvert som kompetansen innen takt øker. Mindre kontrollområder og kortere takttider betyr at vognene jobber tettere på hverandre. Dette fører til at det produseres raskere ettersom at det blir mindre slingringsrom i form av tomme områdebuffere mellom vognene. Det blir dermed også mindre tid for å justere produksjon i tilfelle det skulle oppstå forsinkelser. Det må også planlegges mer i detalj tidlig når man jobber i så små områder og det kan være vanskelig å finne en områdeinndeling som gir jevn bemanning for alle fagene.

##### *Involvering*

Veidekke har i dag ingen systemer for replanlegging av takt. For at Veidekke skal kunne være en metode som ikke kun er suksesser eller fiaskoer så må det utvikles rutiner for å justere og gjenoppta taktproduksjon.

*Buffer*

Høsten 2018 i et taktseminar for Veidekke ble erfaringene Trondheimskontoret hadde med taktplanlegging presentert. Som et forbedringspunkt ble planlegging av planbuffere nevnt. Veidekke hadde problemer med kjeller og 1. etasje ved Moholt 50/50 som nettopp var områder utenfor takt. Det ble for mye fokus på å holde takten under både planlegging og produksjon slik at områdene utenfor takten ble forsinket. Som et forbedringspunkt ble det da trukket frem at hele prosjektet må planlegges godt, også områder som ikke er kritisk for fremdriften eller endelig ferdigstillelse.

## 5. Diskusjon

*Diskusjonskapitlet drøfter informasjonen fra teori- og resultatkapitlene.*

### 5.1 Ulike typer takt

Et av forskningsspørsmålene i denne oppgave er «Hvilke typer taktplanlegging finnes i dag». Det er tre typer som er kartlagt i denne oppgaven; Porsche-, Boldt- og Veidekketakt. I tillegg er det ulikheter mellom taktplanlegging i Veidekke Entreprenørs avdelinger i Oslo og Trondheim. De ulike metodene er i stor grad like, men med noen ulikheter. I dette kapitlet diskuteres resultatene funnet rundt de ulike typene taktplanlegging. Oppgaven diskuterer de tre metodene opp i mot kontrollområder og takttid, involvering og buffere.

#### *Kontrollområder og takttid*

Boldt driver og har suksess med taktplanlegging i langt mer kompliserte prosjekter enn det Veidekke har gjort så langt. Boldt bygger blant annet sykehus med taktplanlegging. Sykehus er svært komplisert bygg og inneholder svært mange krav til kvalitet i tillegg til en rekke spesialrom. Dette er mer komplisert enn studentboliger eller leilighetsbygg som har stor grad av repetisjon mellom områdene og liten kompleksitet. Veidekke har forsøkt seg på kompliserte prosjekter med takt, slik som Kunnskapsenteret ved St. Olavs Hospital i Trondheim eller Psykiatrisk Avdeling ved Sykehuset Levanger, uten å lykkes. Inndeling av kontrollområder kan være en av årsakene til dette. De tre metodene baserer inndeling av kontrollområder på tre ulike hensyn. Dette er timeverk, naturlige områder og repeterbarhet.

#### **Timeverk**

Boldt, og til dels Veidekke, deler inn kontrollområder basert på beregnede timeverk for de ulike fagene. Det er ønskelig at bemanningen i prosjektet skal være mest mulig jevn mellom områdene og for å få til dette beregnes timeverk for å dele inn i kontrollområdene. For tekniske fag som ventilasjon, el og rør så vil ofte de tekniske føringene være uavhengig av rominndelingen. Et ventilasjonssystem vil for eksempel starte i en ende og spre seg utover etasjen. Det vil derfor være mye arbeid ved inngangspunktet for ventilasjon og mindre og mindre etterhvert som ventilasjonssystemet sprer seg utover etasjen. Det vil derfor ikke være like naturlig for de å følge rominndelinger slik det vil være for tømreren. Arbeidstettheten vil være høy i enkelte deler av bygget og lav i andre deler. Det kan derfor være mer gunstig for prosjektet som en helhet og dele opp arbeidet slik at man har avskjæringer midt i et rom der arbeidstettheten for de tekniske fagene er høy i tillegg til en vegg i et annet rom. Altså at et rom deles i to der det ved første øyekast ser mer naturlig ut å gjøre det til ett kontrollområde. Kompliserte bygg har en variert bygningsmasse med ulik arbeidstetthet for fagene og da vil det kunne være nødvendig å dele opp i «unaturlige» kontrollområder, men som vil gi jevnest mulig arbeidsmengde for fagene. Grundig kartlegging av timeverk vil også kunne avdekke fallgruver i prosjektet. Unaturlige kontrollområder kan gi en komplisert plan som er vanskelig å forstå, i tillegg til at det kan føre til at to vogner jobber i samme rom.

Dette er tidkrevende og det krever mange iterasjoner av kontrollområdene for å finne områder som vil fungere for de ulike fagene. Det vil kreve erfaring i tillegg til detaljerte og riktige data om timeverk fra fagene for å kunne dele et komplisert prosjekt inn i riktige soner. Det kan derfor sees på som en naturlig følge at Boldt deler prosjektet inn i faser for å best mulig tilpasse seg de ulike fagenes arbeidstetthet.

Veidekke og Porsche velger takttid og kontrollområder i starten av prosjektet og holder den gjennom hele prosjektet. Boldt derimot vil for kompliserte prosjekter endre takttid og kontrollområder i samme del av bygget ut i fra hvilken fase av prosjektet de er i. Ved å benytte

samme kontrollområde og takttid gjennom hele prosjektet så vil man ikke legge til rette for spesialarbeid, bygningens strukturelle begrensninger og varierende arbeidstetthet for fagene på prosjektet. Noen fag har mye arbeid på et lite område noe som vil gjøre det mer gunstig å jobbe med mindre kontrollområder, mens andre har lite arbeid og da vil det være mer gunstig å jobbe over større områder. For eksempel vil tekniske føringer i himling være mer gunstig å implementere over større områder før det settes opp vegger i etasjen.

Det er mer risiko i et sykehusprosjekt noe som vil gjøre at det også vil gjenspeiles i beregnet fortjeneste entreprenør legger i anbudet. Det vil være mer beregnet kostnad på planlegging og utførelse av et sykehusbygg enn en studentbolig. Det vil derfor være mer rom for å planlegge og utføre produksjon også og da kan man tillate seg å legge inn ekstra tid på å planlegge i ulike faser og legge inn ekstra byggetid om det gir flyt i produksjon.

### **Naturlige områder**

Veidekke baserer sin kontrollområdeinndeling i enkelte prosjekter på naturlige områder. Dette gjøres med hell i enklere prosjekter som leilighets- og kontorbygg. Der vil det være naturlig å dele inn prosjekter etter blant annet etasje, oppgang eller antall leiligheter. Ved å dele inn i naturlige områder oppnås forståelige og klare grensesnitt i planen. Det er lettere å forholde seg til et sett med leiligheter eller et kvadratisk område i et kontorbygg istedenfor å ta et halvt rom og en vegg i et annet rom. Det blir lettere med rigging av utstyr for fagene og de får jobbe alene i sitt område. Det er lettere å planlegge enn rene timeverksbaserte prosjekter, men vil også være mindre presis. Problemet oppstår når kompleksiteten i prosjektet blir høy, da vil det som tilsynelatende er naturlige områder kunne gi store variasjoner i arbeidsmengde for de ulike fagene.

### **Repeterbarhet**

Porsche baserer sine kontrollområder primært på repeterbarhet. Slik det er presentert i resultatdelen av oppgave så har Porsche ulike fremgangsmåter for om området er repeterbart eller ikke. Ved å dele inn i repeterbare og ikke-repeterbare områder får man flere tog med ulike risiko. De repeterbare områdene, som gjerne utgjør de store massene i et typisk prosjekt, vil ha mindre risiko knyttet til gjennomføringen enn det ikke-repeterbare områder vil ha. De repeterbare områdene kan da enklere planlegges i forhold til kontrollområder og takttid. Forholdsvis like områder vil gi økt læring noe som fører til færre feil og synkende antall timeverk i områdene etterhvert som fagarbeiderne optimaliserer egen fremdrift. Dermed kan man redusere bemanningen. Repeterbare områder vil ofte utgjøre størsteparten av prosjektet og man vil dermed kunne gjennomføre store mengder i prosjektet med en lav-risiko takt. Det ikke-repeterbare området har den største risikoen i prosjektet og kan tilegnes ekstra oppmerksomhet. Om man velger å planlegge hele eller deler av disse områdene i ett eller flere tog så kan man bruke ekstra tid og sette på ekstra buffere i form av tid og bemanning for å forsikre seg om at disse områdene følger fremdriftsplanen som er satt. Det vil være svært vanskelig å få til dette i takt ettersom at arbeidstettheten for de ulike fagene og aktivitetssekvensen mellom områdene vil variere i stor grad. Det er også mulig å planlegge disse med en tradisjonell fremdriftsplan, men da får man ulempene som følger med det flere fag i samme område, lange aktivitetssekvenser og uklare grensesnitt.

### **Lange haler**

Tradisjonelle prosjekter har en tendens til å ha «lange haler» i slutten av prosjektet med etterhengene arbeid som det ikke er funnet tid til å gjennomføre i løpet prosjektet og feil som må rettes. Ved taktplanlegging kan man ideelt sett eliminere halen for områdene takttoget går gjennom. Dette fordi alle oppgaver for de ulike aktørene som skal gjennom området er planlagt

i en vogn og skal gjennomføres i løpet av taktiden faget er inne i området. I teorien skal kontrollområdet være ferdig når det siste takttoget går ut. Denne teoretisk optimismen kan derimot brukes om alle typer planlegging. Hvis alt går som planlagt så vil det ikke være noe arbeid å ta igjen til slutt. Uforutsette hendelser forekommer i ulik grad i alle prosjekter. Det som er fordelene med takt er at de med korte tidsintervaller og hyppige overganger vil få kontinuerlig tilbakemelding på kvaliteten på arbeidet. Feil og mangler vil bli påpekt av foregående vogner og man kan gjøre justeringer for å unngå disse i kommende kontrollområder. Dermed har man mindre feil som må rettes opp i slutten av prosjektet. Hyppige overganger gir også en pekepinn på om bemanningen er rett. Hvis vognene er nødt til å etterlate uferdige områder så bør bemanningen oppjusteres for de kommende vognene. På denne måten blir det mindre arbeidsoppgaver som ligger igjen i prosjekt.

Bemanning og kontroll over arbeid er mye lettere å holde oversikt over med taktplanlegging. Ved taktplanlegging har man på et mye tidligere tidspunkt detaljplanlagt hva som skal være ferdig når. Inndeling av områder med gitte oppgaver gir en transparent byggeplass der det er lett å se tidlig hvem som henger etter og trenger tiltak. Avvik som oppdages tas det læring av som benyttes i de påfølgende kontrollområde til vognen. I tradisjonell planlegging er det lengre perioder og større områder man forholder seg til, slik at man ikke jobber effektivt i starten og får det travelt på slutten.

### *Involvering*

En av de største forskjellene mellom metodene er grad av involvering i taktplanleggingen. Porschetakt har lite involvering av underentreprenører i prosjektering og planlegging av produksjon i forhold til de to andre. I Porschetakt bestemmer prosjektledelsen kontrollområdene, rekkefølge på aktivitetene, takttiden og tiltak ved hindringer og avvik. Underentreprenørene involveres sent i planleggingen av Porsche Consultings prosjektet. Både for repeterbare og ikke-repeterbare områder involveres underentreprenør først i justering av en allerede satt plan. Veidekke og Boldt er veldig tydelig på at involvering av underentreprenørene er essensielt for at de skal lykkes med takt. De har også forholdsvis like metoder for å involvere underentreprenør.

Boldt involverer, i motsetning til Porsche og Veidekke, baser og underentreprenører i prosjektering og valg av taktid. Porsche involverer som kjent underentreprenørene sent i planleggingen. Veidekke i Trondheim, og i økende grad også Oslo, benytter ukestakt i sine prosjekter, dette er ikke noe som er oppe til diskusjon i taktplanleggingsmøtet. Boldt hyrer også inn underentreprenør tidligere enn Veidekke ettersom at de benytter en litt annen kontraktsmodell. Dette gjør det mulig for underentreprenør å bidra til mer produksjonsvennlige løsninger for prosjektet.

### **Involvering av fagarbeidere**

Både Veidekke og Boldt er tydelige på at basene er de med størst kunnskap og erfaring i eget fag. De har best forutsetning til å si hva som må være ferdig før de kan påbegynne sitt arbeid, hvilke tiltak som vil gi bedre flyt i produksjon, hvilke problemer som kan opptå, hvordan de kan løses og hvor mange timeverk hvert område trenger. Ved å planlegge i takt vet alle aktørene hvor de skal være til en hver tid i prosjektet og hva de skal gjøre. Ved å bringe basene sammen for planlegging finner de felles løsninger på tvers av fagene som skaper fordeler for prosjektet som en helhet. For eksempel så kan tømreren gjør endringer i bindingsverket på forespørsel fra de tekniske fagene som kommer etter dersom det vil effektivisere arbeidet deres. Ved at rørlegger monterer sprinklerhoder etter at maleren har malt så vil maleren slippe å maskere sprinklerne. Dette er eksempler på små løsninger som kan ha stor innvirkning på produksjon.

For at disse lettere skal oppdages er det viktig at fagarbeiderne gis en stemme i planleggingen gjennom en bas.

I planleggingen må man også være bevisst på unntak fra retningslinjer satt for produksjonen. Slike retningslinjer kan være at området skal være ryddet når man forlater området, endringer i planen skjer kun ved konsensus blant alle basene i takttoget, eller at ingen varer skal leveres til et område før det faget som skal bruke det kommer inn. Hvor mye et fag skal få lov til å tøye disse grensene vil i tradisjonell fremdriftsplanlegging avgjøres av én eller flere i prosjektledelsen. Dette bør avgjøres i fellesskap av alle involverte parter i toget. Et eksempel på dette er parkett- og kjøkkenvognen i et leilighetsprosjekt. Kjøkkenvognen ønsker å få levert hvitevarer i foregående vogn. Skal da parkettvognen tilpasse sin produksjon slik at de legger parkett i stuen slik at hvitevarer kan plasseres på ferdig parkett i stuen, eller skal kjøkkenet lagre varene på byggeplass frem til de starter på prosjektet? Hva hvis det er begrenset lagringsplass på byggetomten og/eller at kjøkkenvognen er flaskehalsaktiviteten og vil bli forsinket hvis de ikke klarer å holde takten hvis de må bruke egen takttid på å transportere varer? Hvis det er anleggsleder som har utarbeidet planen vil det oppstå en rekke slike forespørslar. Fagene tenker på sitt eget ve og vel og det er kun anleggslederen som blir ansvarlig for helheten. Ved å ha samlinger med basene der man bestemmer disse reglene eller retningslinjene for prosjektet, og sammen blir enige om eventuelle unntak. Basene bevisstgjøres for helheten i prosjektet og at deres ønsker kan slå negativt ut for andre fag. Basene kan best svare for seg om hva som gir fordeler og ulemper for deres produksjon. Bas for parkettvognen vet best om det er u hensiktsmessig å legge parkett i stuen først og/eller levering av hvitevarer til kjøkken leveres mens de jobber i leiligheten.

Ved å involvere alle basene i planleggingen av takt gir man også eierskap og ansvarsfølelse for planen som er satt. Fremdriftsplanen er ikke noe som de har blitt påtvunget ovenfra, men noe som de har vært med å utvikle selv. Det blir dermed en plan som de skal ta videre til sine lag og faktisk gjennomføre, noe som gjør at basene legger ekstra innsats i planen samt at de «selger» den videre med entusiasme til sine lag noe som gir mer motivasjon til å fullføre området i tide. Når basen har vært med å utvikle planen er det større sannsynlighet at vedkommende ønsker å legge inn det lille ekstra for å følge planen i motsetning til en plan de har fått omtrent ferdig utformet fra en bas. Taktprosjekter er sårbare for forsinkelser så det er utrolig viktig at hver vogn har en plan som er gjennomførbar innenfor rammene som er satt. Det er også viktig at fagarbeiderne i vognene er villig til å legge inn en ekstra innsats gjennom for eksempel overtid om nødvendig. Det er derfor viktig at fordelene for taktplanlegging tydelig kommer frem. Fordeler som trekkes frem av baser er tydelige grensesnitt, transparent fremdriftsplan, økt ryddighet, ingen forstyrrelser fra andre fag, samt klare arbeidsoppgaver med tydelig frist.

En godt planlagt taktplan med riktig bemanning vil gjøre at de fleste vognene jobber under kapasitet. Dette vil gi positive innvirkning på fagarbeiderne som kontinuerlig vil få tilbakemelding på at planen holdes. Etterhvert som de går gjennom flere områder vil de fleste finne bedre og mer effektive metoder å jobbe på, noe som reduserer nødvendige timeverker i områdene. Mestringsfølelse er en viktig for jobben man gjør noe som igjen vil gi økt trivsel og dermed også redusert sykefravær. Istedenfor å jobbe med lange aktivitetsstrenger der man har få overleveringer og det er en tendens til å være mye arbeid og stress ved overlevering, så vil det i taktprosjekter være mer jevn produksjon med mindre overleveringer i størrelse. Dette avhenger selvfølgelig av at taktplanen er godt tilpasset prosjektet og at bemanningen er riktig. Hvis ikke risikerer man at fagarbeiderne konstant henger etter på leveringer og at de må jobbe overtid gjennom hele prosjektet for å holde taktplanen.

Det som kan være en utfordring med høy grad av involvering av baser er at ett eller flere fag kan påvirke takten i for stor grad. Det kan være en bas som overkjører de andre og ikke tar hensyn til prosjektet som en helhet, men i stedet kun tenker på egen bedrifts profitt. Det kan også være uerfarne eller tilbaketrukne baser som ikke påpeker viktige aspekter for deres fag. I Veidekkes prosjekter fungerer anleggsleder som en tilrettelegger og møteleder under planleggingen av taktplanen. Det er anleggsleders jobb å sørge for at alle blir hørt og følger de samme retningslinjene. Det er nok at et fag ikke klarer å henge med i fremdriften for at hele takten skal kollapse.

### **Last Planner**

Taktplanlegging bruker møtestrukturen til Involverende Planlegging som igjen baserer seg på Last Planner. Et viktig prinsipp i Last Planner er at planleggingen av produksjon blir mer og mer detaljert desto nærmere man kommer produksjon. Fra å lage en overordnet hovedfremdriftsplanen med milepæler og faseinndeling, via utkikkplaner, til lagsmøte der fagarbeiderne diskuterer arbeid som skal gjennomføres inneværende uke. I tradisjonelle prosjekter bruker Veidekke å gjennomføre lappeteknikkmøter for faser fra fem til åtte uker. Da kan man planlegge hva som skal skje i denne perioden ut i fra hovedfremdriftsplanen og man kan også legge inn uferdig arbeid fra den forrige faseplanen. I taktplanlegging vil man for innredningsarbeid bare lage én plan i lappeteknikkmøtet som skal benyttes gjennom hele prosjektet. Takt strider derfor tilsynelatende med prinsippet til Last Planner om mer detaljert planlegging gjennom prosjektet. Det er fastsatt hva hvert fag skal gjennomføre hver uke og det er lite rom for justeringer når taktproduksjon har startet. Planen er likevel ikke ferdig planlagt. Selv om sted og tid for de ulike fagene er satt så må lagene fortsatt diskutere hvordan de skal gjennomføre arbeidet dag for dag, samt at uk Sluttmøtet og basemøtene diskuterer varelevering, logistikk og andre problemstillinger som dukker opp underveis.

### **Egenarbeidere**

Boldt har i likhet med Veidekke egne ansatte fagarbeidere og baser på tømmer, betong og stål. Dette gir større mulighet for tidlig samarbeid og informasjonsdeling til utforming av taktplanen. Dette har flere fordeler og ulemper. Etersom at man jobber i samme selskap så er transparensen stor. Det er lav terskel for å varsle feil og mangler i planen og man er åpen om forsinkelser underveis. I tillegg har man mulighet til å ta valg som er økonomisk ugunstig for en undergruppe, men som vil lønne seg som helhet for prosjektet. Dette blir vanskeligere å få til med eksterne underentreprenører. Egenarbeidere kjenner også til å måten bedriften jobber på, i dette tilfellet takt. De trenger derfor ikke en introduksjon til metoden og kan ta ekstra ansvar i planleggingen av takt ved å bistå uerfarne eksterne underentreprenører.

En ulempe med egenarbeidere når det kommer til involvering er at de kan få en for stor stemme i planleggingen av takt. Dette kan være ved at bedriftens egne baser ender opp med å overkjøre de eksterne underentreprenørene fordi de har erfaringen og dermed får en naturlig lederrolle i planleggingen. Dette kan ende med at produksjon i for stor grad tilpasses de interne basenes ønsker, men ikke prosjektet som en helhet. Veidekke og Boldt har tømmerfaget selv, dette utgjør vanligvis 10-20% i et byggeprosjekt. Det vil ikke være gunstig for Veidekke og Boldt som totalentreprenør å optimalisere denne fraksjonen på bekostning av prosjektet som en helhet. Det kan også slå den andre veien. I og med at egenarbeidere vet viktigheten for prosjektet som en helhet at alle fag tar del i planleggingen og får en jevn bemanning og dermed også vil støtte de som ikke har erfaring med metoden. Vogner bestående av egenarbeidere kan også få fordeler, bevist eller ubevist, av prosjektledelsen. Områdeinndelingen basert på naturlige skillelinjer i prosjektet kan være mer gunstig for tømmer enn tekniske fag. Tekniske

fag, spesielt i himlingsarbeid følger ikke naturlige skillelinjer i prosjektet slik tømrer ofte gjør. Det er viktig at også anleggsleder ser på fortjenesten på prosjektet som en helhet og ikke for de ulike undergruppene.

### **Involvering ned i hierarkiet**

Ut i fra intervjuene er det også ulikheter mellom måtene man jobber med takplanlegging i Oslo- og Trondheimsavdelingen til Veidekke Entreprenør. Et av intervjuobjektene mener at taktplanlegging i Oslo er mindre involverende fordi takten i større grad settes av formenn og anleggsledere, ikke baser. Intervjuobjektet som kom med påstanden hevdet at grunnen til at Veidekke Oslo ikke inkluderte baser i like stor grad er at det har blitt jobbet lengre med Involverende Planlegging i Trondheim. Derfor er fagarbeider og baser i Trondheim mer vant til å planlegge egen arbeidsdag enn i Oslo. Porsche Consulting involverer heller ikke så langt ned i prosjektorganisasjonen som Veidekke i Trondheim gjør. Veidekke involverer helt ned til bas, Porsche involverer sjeldent lengre ned enn forman. Dette skyldes nok delvis at Veidekke kommer fra en arbeidskultur der inkludering og selvstendighet for fagarbeidere er mer vanlig enn et tysk arbeidskultur som gjerne er mer toppstyrt. Mer toppstyrt produksjon vil gjøre det lettere å sette i gang tiltak i produksjonen ettersom at færre ledd må involveres. Erfaringen med involvering lengre ned i prosjekt hierarkiet er økt autonomi til planen i hele prosjektorganisasjonen. For taktprosjekter er det viktig at alle følger planen for at taktplanen ikke skal havarere, involvering av baser og dermed også fagarbeiderne i denne planen er en god måte å gjøre dette på.

### **Vertikal integrasjon**

I intervju med representantene fra Boldt var det uenighet om vertikal integrasjon var veien å gå for et selskap som Boldt. Ved å ansette i flere ledd av prosjektorganisasjonen øker den vertikale integrasjonen for bedriften som også fører til at bedriften vokser seg større. Ved å ha ulike fag i eget firma vil man få en større del av overskuddet og få bedre innkjøpspriser. Istedenfor at en rekke underentreprenører skal sitte igjen med overskudd på prosjektet så kan Veidekke og Boldt tjene inn dette selv. Ulempene med dette er blant annet økt byråkrati, mindre fleksibilitet og økt sårbarhet for variasjoner i markedet. Byggebransjen har gått i sykluser med gode og dårlige økonomiske tider. Ved å ansette mange ulike fag gjør man seg selv sårbar for nedgangstider og det kan være vanskelig å skaffe nok prosjekter for å drifte en stor prosjektorganisasjon. Dette vil tære på bedriften og kan gjøre det nødvendig å si opp ansatte og i verste fall konkurs.

### *Buffer*

De tre bedriftene har forholdsvis like fremgangsmåter for bruk av buffere i prosjektene. Det er arbeidskapasitet-, område- og planbuffer som benyttes av Porsche, Boldt og Veidekke. Disse er kort diskutert i dette kapitlet. De ulike metodenes gjenoppstartprosedyrer for takt er også diskutert opp i mot hverandre.

### **Arbeidskapasitetsbuffer**

I oppstarten av vognen vil man ha overbemanning slik at man er nok kapasitet til å håndtere avvik som ofte oppstår i tidligfasen. Etter at man har kjørt inn produksjonen, har gode erfaringstall og blir ferdig med kontrollområdet før takttiden kan bemanningen nedjusteres.

Overtid er en buffer som brukes om det ikke er mulig å få inn tilstrekkelig bemanning eller at det skulle oppstå forsinkelser. Dette er en slags arbeidskapasitetsbuffer ettersom at man øker antall arbeidstimer i prosjektet. Hvis man ikke er ferdig før overtagelse og man benytter 5-dagerstakt med oppstart mandag og overlevering på fredag så har man mulighet til å jobbe i helgen for å hente inn. Dette er ikke ønskelig men kan være et nødvendig virkemiddel for å



holde seg på planen i enkelte prosjekter. Hyppig bruk av overtid og helgearbeid er ikke ønskelig ettersom at det kan føre til økt sykefravær. Det er bedre å hente inn ekstra bemanning fra andre områder i prosjektet, andre prosjekter eller bemanningsbyrå og fullføre arbeidet innenfor vanlig arbeidstider.

### **Områdebuffer**

Byggeretning benyttes som en buffer for alle tre metodene. Med byggeretning menes hvilken del av prosjektet som vognene begynner i og hvilken rekkefølge de går gjennom kontrollområdet. Dette er en områdebuffer. Dette kan for eksempel være et leilighetskompleks der vognen starter i leiligheten nærmest forrige kontrollområde og jobber seg mot leiligheten som er nærmest neste kontrollområde. Dermed kan påfølgende vogn starte i den ene enden av kontrollområde hvis vognen foran er forsinket.

Et alternativ til å redusere bemanningen er for Boldt å redusere størrelsen på taktid og kontrollområde. Dermed reduseres områdebufferen i og med at større arealer er i produksjon og de vil produsere raskere. Hvis dette skal gjøres så er det viktig at alle underentreprenørene er enig om endringen i taktplanen og at de justerer bemanningen tilstrekkelig. Dermed slipper man å sende fagarbeidere bort fra prosjektet eller takttoget etterhvert som produktiviteten øker. Dette kan være gunstig for vogner som er avhengig av et vist antall fagarbeidere for å kunne drive rasjonell drift.

### **Planbuffer**

Planbuffer i form av ikke-kritiske områder benyttes i alle tre bedriftene. Dette er en god måte å drive taktprosjekter ettersom at man kan sende fagarbeiderne til disse områdene hvis de blir tidlig ferdig med kontrollområdet. De fleste vogner vil ha en naturlig buffer ved at bemanningen gir flere timeverk enn det som er nødvendig, altså at de jobber under kapasitet. Det er derfor viktig at det finnes arbeidsoppgaver som fagarbeiderne kan settes på for å unngå sløsing i form av å vente på neste vogn. Det er viktig at planbufferne er godt planlagt slik at de ikke ender opp med å bli kritiske momenter for ferdigstilling på tiden. Det er derfor viktig at disse områdene har en klar plan for gjennomføring hvis det ikke skulle bli anledning til å trekke ut kapasitet fra noen av vognene.

Både Veidekke og Boldt benytter hindringsanalysen med utgangspunkt i Last Planners syv forutsetninger for en sunn aktivitet. Porsche benytter null-feil prinsippet som på mange måter går ut på det samme, nemlig å redusere variabiliteten i aktivitetene gjennom planlegging og på denne måten redusere prosjektets buffere.

### **Gjenoppstart av takt**

Både Porsche og Boldt har systemer for å gjenoppstarte taktproduksjon om produksjonen skulle havne bak planen. Porsches plan bygger på løse problemer som har oppstått i toget og ta igjen etterhengene arbeid for så å starte opp takttoget igjen. Boldts fremgangsmåte går ut på replanlegge takten. Det starter med at de undersøker årsaken til stansen, omfanget av problemet og ut i fra dette bruke verktøyene man har til rådighet for å løse problemet. Disse verktøyene kan være endringer i aktivitetssekvensen, ta aktiviteter ut av takten, endrer størrelse på kontrollområdet eller taktiden, samt splitte opp vogner. Porsche ser mer på hva som ikke er på plass og hva som må gjøres før oppstarten kan starte opp igjen. Problemet med Porsches restart fungerer godt til å fjerne alle problemer som har oppstått underveis i produksjon, men det endrer ikke på planen. Hvis det er planen som er mangelfull så vil produksjon sannsynligvis få problemer igjen fordi produksjon ikke er justert. Det vil være bedre på sikt å forstå årsaken til problemet, løse problemet for så å gjenoppstarte produksjon slik det gjøres i Boldts restart.

## 5.2 Erfaringer med takt

Det andre forskningsspørsmålet i denne oppgaven bygger på den første og ser på hvilke erfaringer det finnes knyttet til de tre metodene for takt. Flere prosjekter er beskrevet og generelle og spesielle erfaringer hentet fra litteraturen, casestudier og intervjuer er brukt som grunnlag. Ut i fra resultatene diskuteres erfaringer rundt Porsche, Boldt og Veidekke i dette kapitlet. Kapitlet er delt inn etter kontrollområder og taktid, involvering og buffere.

### *Kontrollområder og taktid*

Fordelene som presenteres i oppgaven med å dele prosjektet inn i kontrollområder er mange. Det gir en bedre oversikt over forventet arbeidsmengde for hver uke og det gjør det enklere å beregne bemanning fra uke til uke i forhold til tradisjonell planlegging. Transparensen i prosjektet er høy i og med at det er lett å se hva hvert fag skal gjøre til enhver tid og dermed er det også lett å se hvem som ligger etter. Det er tidlig lett å se hvor problemene ligger og dermed ta tak i det og løse det. Eventuelle avvik oppdages i kontrollperioden og det kan settes inn tiltak slik at man henter seg inn og blir ferdig innenfor takttiden. I tradisjonelle planlegging er det lengre perioder og større områder man forholder seg til, slik at man ikke innfører tiltak når man taper tid underveis men satser på å ta det igjen på slutten av prosjektet.

Gjennomføring av de samme bestemte oppgavene gjennom hele prosjektet reduseres risikoen for å gjøre feil. Spesielt i prosjekter der det er mye repetisjon vil man hele tiden redusere feil og øke produktiviteten. Takt håndterer grensesnittene mellom fagene bra gjennom enfagligheten i områdene. Enfagligheten i områder gjør at man unngår at andre fag er i veien og det blir lettere å holde byggeplassen ryddig. Hornebergprosjektet viste at kostnadene var lavere med taktplanlegging samt at utførte timeverk for tømmer var 13% lavere sammenlignet med de resterende rekkehusene som ble bygd. Redusert byggetid var også markant. Den raskeste totale byggetiden for leilighetene bygd i takt var fem dager raskere enn leilighetene som ikke ble bygd i takt.

En utfordring med Veidekkes ukestakt er at en stor prosentvis andel av bygget ikke står i produksjon til enhver tid. For parkettleggere som jobber i fem leiligheter for eksempel, så vil det jobbes i kun én leilighet av gangen, altså 20% av området. Hvis man bryter det mer ned så kan man si at man bare jobber i et område av leiligheten om gangen slik at prosenten blir enda mindre. Det er altså store områder av bygget som står tomme og det ikke foregår noe produksjon. Det kan for enkelte fag være snakk om store områder som står tomme til enhver tid under produksjon. Dette fungerer som en buffer, men det kan ses på som urasjonelt stor og det må vurderes om det er optimalt med en slik kontrollområdeinndeling.

Taktplanlegging er også sårbart for endringer i planen. Hvis et fag blir forsinket så er det stor fare for at denne forsinkelsen sprer seg gjennom hele prosjektet. Det er derfor viktig at alle har gode planer som de kan følge og at de skjønner prinsippene for takt. Ved Psykiatrisk avdeling ved Sykehuset Levanger «kollapset» takten fordi det hadde blitt godkjent endringer i fremdriftsplanen uten at alle involverte parter var blitt informert om dette. Det er derfor svært viktig at eventuelle endringer i fremdriftsplanen må godkjennes av representanter fra alle aktørene på prosjektet.

Taktplanlegging kan oppleves som et svært rigid system med lite fleksibilitet. Fleksibiliteten underentreprenørene er vant til med lange produksjonsstrenger og få tidsfrister er en fiktiv fleksibilitet. Det vil være konsekvenser ved at et fag velger å vente eller utsette ferdigstilling av prosjektet. Dette vil føre til at enten faget selv eller andre fag forsinkes av

denne «fleksibiliteten». Typisk for tradisjonell fremdriftsplanlegging er dårligere i forkant av prosjektet i form av lange aktivitetsstrenger. Altså at det planlegges med store arbeidspakker som strekker seg over betydelige deler av prosjektet. Ved Horneberg trakk underentreprenørene frem fleksibilitet som en av de positive sidene til taktplanlegging. Dette fordi de viste hva de skulle gjøre innenfor takttiden og hvis de fullførte det sto de fritt til å gjøre hva de ville med resterende tid og ressurser.

### **Repetierbarhet**

Ved Kunnskapssenteret planla de kun repeterbare områder som takt og ikke-repeterbare områder ble brukt som bufferområder. Dette var svært lite suksessfylt ettersom at begge områdene var dårlig planlagt. Fremdriftsplanen for de repeterbare områdene var i stor grad basert på detaljplanlegging i en etasje for så å bruke den som mal for de andre etasjene. Tre av takttogene som ble målt fulgte taktplanen helt eller delvis kun 17% av ukene. Det var større forskjeller mellom etasjene enn det var planlagt som og dermed ble arbeidsfordelingen langt i fra det som var planlagt. Ikke-repeterbare områder i prosjektet var gjerne kompliserte områder men de ble undervurdert.

Sutter Heath som ble bygget av Boldt var et lignende prosjekt der gipsvognen hadde 94% av områdene ferdigstilt på tiden. Her delte de innredningsfasen i fire underfaser med egne kontrollområder og takttider. Dette er selvfølgelig bare ett eksempel. Kunnskapssenteret hadde en rekke ytre faktorer som spilte inn på innredningsarbeidet, slik som forsinket råbygg, forsinkede tegningsleveranser, manglende bemanning og det faktum at det var det første taktprosjekt for Veidekke og deres underentreprenører. Det viser også at Boldt som har drevet med takt i mange år lykkes med kompliserte prosjekter gjennom å dele opp i innredningsarbeidet i ulike faser. De har definerte systemer og metoder for inndeling av kontrollområder og taktid som fungerer. Det vil derfor kunne være lærerikt for både Porsche og Veidekke å se til Boldt når de utvikler sine metoder.

### *Involvering*

Et viktig punkt som diskuteres for å lykkes er involvering av underentreprenører. I Veidekkes prosjekter ser vi utslag på trivsel på arbeidsplass som resultat av stor involvering. Ved Kunnskapssenteret ble ikke underentreprenørene tatt med i fremdriftsplanleggingen. De fikk dermed ikke mulighet til å bidra til planen og det ble derfor vanskeligere å planlegge bemanningen. Det ble gjort en rekke feil i beregning av timeverk som kunne blitt unngått ved å involvere basene mer aktivt i planleggingen. Endringer og avtaler gjort i møter ble ikke gjennomført. Ved Moholt 50/50 tok underentreprenører, gjennom baser og saksbehandlere, aktiv del i planleggingen. Det ble skapt stort eierskap til planen blant basene og de klarte å selge engasjementet videre til lagene. Det ble satt fokus på å holde takten og det bli inngått interne avtaler mellom fagene da det ble forsinkelser slik at man kunne hente seg inn. Forutsigbarheten i hva man skulle gjøre hver uke og hver dag gjorde at trivselen økte og sykefraværet gikk kraftig ned. Det ble hele veien gjort forbedringer på driften og det ble kuttet i timeverk i vognene gjennom hele prosjektet. Ved Kunnskapssenteret var det bekymringer om at takt ville føre til slitasjeskader fordi man måtte gjøre de samme oppgavene gjennom de ulike områdene oppe for å holde seg innenfor takttiden. Ved Moholt 50/50 var det planer om å sirkulere fagarbeiderne mellom de ulike vognene men det ville de ikke fordi flyten var så god og forutsigbarheten ga stor trivsel.

Intervjuobjektene i Veidekke og Boldt trekker også frem at basene er de som kjenner produksjon best og det er naturlig at de er med å planlegge produksjon i forkant og underveis. De vet hvilke foregående aktiviteter som må ligge til grunn for at de på best mulig måte kan

gjennomføre arbeidet sitt. De er også best i stand til å beregne timeverk for de ulike delene av prosjektet, samt hvilke utfordringer som pleier å dukke opp som de kan forebygge eller innføre tiltak for. Porschetakt involverer ikke sine underentreprenører i planleggingen og det er tvilsomt om dette er en god ledelsesmåte å bruke i norsk næringsliv, og kanskje ikke i byggebransjen generelt. Byggeproduksjon kan være svært komplisert sammenlignet med andre typer produksjon med tanke på antall aktiviteter og aktører som skal ta del i prosjektet. Det er derfor svært vanskelig for noen som ikke står nært produksjonen å se de optimale utfordringene og løsningen for hvert fag.

Taktplanlegging gjør det mulig å detaljplanlegge produksjon lang tid i forveien. Når basene er med å sette opp sekvensen på fagene så vil dette føre til at alt ligger til rette for aktivitetene når de settes i gang. Veidekke hyrer i dag inn underentreprenører senere enn det de gjør i Boldt. Boldt får med dette muligheten til å ta med underentreprenører i prosjektering slik at man kan bruke deres ekspertise til å gjøre bygget mer strømlinjeformet for produksjon. For at dette skal gjøres må entreprisformen de benytter i dag endres.

### **Egenarbeidere og eksterne underentreprenører**

Både Porsche og Boldt har i dag egenarbeidere på tømmer, betong og stål. En fordelen med egne fagarbeidere er at kunnskapen i større grad blir værende i bedriften. I intervjuene kom det frem at formann på tømmer selv hadde initiert igangsetting av taktplanlegging på et annet Veidekke-prosjekt der anleggslederen ikke hadde erfaring med takt. Etter godkjenning fra prosjektorganisasjonen satte formannen i gang med taktplanlegging for innredningsarbeidet på eget initiativ. Erfaringen ble i Veidekke og det var Veidekke som tjente på kunnskapen istedenfor at formannen for tømmer skulle tatt med seg teamet sitt og gjort det samme arbeidet for en konkurrent.

Boldt og Veidekke har hatt gode erfaringer med eksterne underentreprenører. Et av intervjuobjektene fortalte at de ofte benytter de samme underentreprenørene over flere prosjekter. Ved å benytte de samme underentreprenørene over flere prosjekter kan man få de samme fordelene som å ha egne fagarbeidere. Dette fordi metoden er tidkrevende å sette seg inn i og inneholder mange fallgruver om man ikke har gjort seg kjent med den. De vil etterhvert bli godt kjent med måten prosjektene styres i takt, de kan ta en ledende rolle i planleggingen og fungere som kulturbyggere for de uerfarne entreprenørene.

Et av intervjuobjektene fra Veidekke fortalte derimot at de ved Nærbyen hadde valgt å gå for en underentreprenør som ikke hadde jobbet med takt tidligere fremfor en underentreprenør de hadde hatt suksess med på tidligere prosjekter på grunnlag av pris. Det trekkes frem at det ville vært en fordel og bruk en underentreprenør de har kjennskap til metoden fra før, men at de har såpass tro på takt som metode at det kan implementeres med de aller fleste underentreprenører.

Dette er i kontrast med Veidekkes prosjekt på Psykiatrisk Avdeling ved Sykehuset Levanger. Der hadde de utfordringer i planleggingen av fremdriftsplan fordi underentreprenørene ikke kjente til metoden og kviet seg til å forplikte seg til en slik rigid plan. De fleste aktører hadde ikke kunnskap og forståelse for taktplanlegging. Det ble derfor viktig at det blir forklart at takt ville gi mer effektiv bygging og at de dermed ville jobbe raskere og tjener mer penger. Takt kan være utfordrende å sette seg inn i og det ble i Levanger nødvendig å hente inn en erfaren formann på tømmer for å få taktplanleggingen og -produksjon til å fungere i prosjektet. Intervjuobjekter som var med i dette prosjektet beskriver takt som en metode som er avhengig av de rette nøkkelpersonene for at man skal lykkes. Det er en metode

som skiller seg ut fra konvensjonell fremdriftsplanlegging på mange måter og det krever en del å sette seg inn i for både prosjektledelse og underentreprenører.

Det skal sies at Nærbyen hadde flere baser og formenn, spesielt på tømmer, som har bred erfaring med taktplanlegging fra tidligere. Dette betydde at de kunne lene seg på tømmerfaget som kulturbyggere i dette prosjektet. Ved å benytte ulike underentreprenører fra prosjekt til prosjekt så vil man etter hvert ha bred erfaring blant de lokale underentreprenørene med metoden. Da kan man velge den beste tilbudet på pris og samtidig få en erfaren gruppe med fagarbeidere. Ulempen med dette er at underentreprenørene kan ta med seg erfaringen og kunnskapen fra Veidekkes taktprosjekter og ta det med seg til konkurrerende entreprenørers taktprosjekter.

Selv om taktplanen kan virke komplett og klar til å brukes så må det fortsatt planlegges ytterligere. Ved Kunnskapssenteret ble det rapportert om manglende planlegging fra basene og fagarbeidernes side underveis i produksjon. Det ble tatt for gitt at taktplanen var detaljert nok noe som førte til at fagarbeiderne ikke planla sin egen arbeidsuke slik det er vanlig å gjøre i prosjekter med Involverende Planlegging. Det er viktig at også fagarbeiderne planlegger sin egen uke, dag for dag. Dette er nok et eksempel på at involvering er viktig for at taktplanlegging skal fungere.

### *Buffer*

Alle de tre bedriftene beskrevet i oppgaven benytter seg av arbeidskapasitets-, område- og planbuffer. Det har vært ulik erfaring med disse tre typene. Arbeidskapasitetsbuffer i form av overbemanning benyttes i begynnelsen av prosjektet slik at man kan oppdage typiske oppstartsproblematikk uten at det gir forsinkelser. Etter hvert når man har mer erfaringstall og har eliminert oppstartsproblematikk så kan man redusere bemanningen. Ekstra bemanning sendes til andre vogner eller området som ikke er planlagt inn i takt. Dette kan være andre vogner i toget eller deler av prosjektet som ikke er innlemmet i taktproduksjon. Ved Kunnskapssenteret hadde de store problemer

Fordelen med å produsere over store områder er plassbufferen som oppstår i starten og enden av kontrollområdet. Dette gjør det mulig å starte på neste kontrollområde om man ligger foran skjema. Vognen er da overbemannet og det må gjøres noe med bemanningen. Enten kan man nedjustere med en mann eller så kan man sette av en dag til å jobbe på andre prosjekter og på den måten tjene mer penger. Det er også mulig å bruke denne plassbufferen til å hente seg inn i igjen etter avvik som gir forsinkelser uten å forstyrre påfølgende vogn. Dette avhenger av at det er en felles byggeretning for kontrollområdene. Altså at alle vogner starter i samme ende og avslutter i neste. Ved Moholt 50/50 var de for opptatt med å holde takten at de neglisjerte bufferområdene både i planlegging og produksjon og fikk mye arbeide med disse på slutten av prosjektet.

Ved Kunnskapssenteret ble bemanningen justert etter at takten ble stanset og gjenopptatt. Dette vil muligens gjøre at takten holder seg, men det vil kun dekke over problemer i produksjon. Porsche er opptatt av å redusere variasjon og antall buffer, men i dette tilfellet øker de størrelsen på bufferen for å dekke over variasjoner i prosjektet.

### 5.3 Forbedringer

Hvordan taktplanlegging kan forbedres er siste forskningsspørsmål i denne oppgaven. Diskusjon rundt mulige forbedringer for de tre metodene innen kontrollområder og takttid, involvering og buffer presenteres i dette kapitlet.

### 5.3.1 Kontrollområder og takttid

Kontrollområdeinndeling er en viktig del for et suksessfylt taktproduksjon. Oppgaven viser at det er tre ulike kriterier å basere kontrollområdeinndelingen primært på. Porsche ser på repeterbarheten i de ulike delene av prosjektet. Boldt, og til dels Veidekke, ser på timeverkene i de ulike områdene, mens Veidekke i flere prosjekter ser på naturlige områder og skillelinjer når de deler opp prosjektet. Ved å skille repeterbare og ikke-repeterbare områder og sette opp tog som bare går gjennom repeterbare områder så vil disse områdene være lettere å planlegge. Liten variasjon i bygningsmassen gir stort potensiale for reduserte timeverk gjennom effektivisering fra område til område, i tillegg til at risiko tas ut av takttoget slik at sjansen for produksjonsstans er mindre. Dette kan fungere i enkle repeterbare prosjekter, men i prosjekter med store variasjoner i bygningsmasse med lite repetisjon så vil det fungere dårlig. Inndeling ut i fra naturlige områder vil kunne lettere å planlegge, gi en lettforståelig plan og redusere riggtid. Problemet er at områdene ikke inneholder de samme arbeidsmengden for de ulike fagene og at det derfor er nødvendig å justere bemanning underveis for å holde takten. Naturlige områder vil som regel være fordelaktig for tømrer og mindre fordelaktig for tekniske fag. Å regne timeverk for de ulike områdene gir mer presise estimater enn de to andre kriteriene. Det deler inn i områder slik at arbeidsmengden blir lik fra område til område. Dette kan føre til at naturlige områder som leiligheter eller kontorlandskap blir delt i to for å passe inn i takten.

Kompliserte prosjekter med stor variasjon i arbeidstetthet for de ulike fagene over prosjektets områder vil kreve ulike kontrollområder for å oppnå jevn produksjonsflyt. For å få til en slik inndeling bruker Boldt mye tid på å beregne timeverk og avklare avhengigheter mellom fagene. Ved å basere inndelingen primært basert på repeterbarhet eller naturlige områder samles ikke informasjon på samme måte for timeverkbaserte områder og det er ikke samme incentiv for å se på kreative løsninger for å dele inn områder. En faseinndelt taktplan med ulike kontrollområder vil være mer skreddersydd for at hvert fag skal optimalisere produksjon.

Veidekke benytter i dag ukestakt for alle prosjekter i Trondheim og flere og flere i Oslo. Helgebuffer, forholdsvis god tid til å justere produksjon, og klar forståelig plan er noen av fordelene med å jobbe i ukestakt. Både Porsche og Boldt er mer fleksible i bruk av ulike takttider i sin prosjekter. Er dette veien å gå for Veidekke? Ikke alle prosjekter vil være egnet for ukestakt. Som nevnt tidligere i diskusjon så vil det oppstå en områdebuffer i form av tomme områder som vognen ikke jobber i. Ved å redusere kontrollområde og takttid vil disse områdebufferne bli mindre slik at mer av bygget er i produksjon til enhver tid. En vil derfor kunne bygge fortere. Dette vil føre til at det er mindre tid til å reagere og gjøre justeringer ved forsinkelser, og det vil føre til mer tid på opp- og nedrigg av utstyr og materialer ettersom man må flytte seg mellom områdene oftere. Hyppigere overganger betyr flere og tettere tilbakemelding på arbeid i forhold til tid og kvalitet. Dette kan igjen gi økt utbytte i læringskurven i form av reduserte timeverk. Det betyr også at det er kortere tid å sette inn nødvendige tiltak ved forsinkelser. Det kreves derfor en god plan og erfaring med justeringer for å kunne gjennomføre prosjekter med kortere takttider. Takttoget vil også være mer fleksibelt med oppstart etter stans. Hvis forsinkelsen fører til stopp i produksjon så vil en 2- eller 3-dagerstakt være mer fleksibelt for gjenoppstart én til to dager senere i motsetning til en ukestakt som skal gå fra mandag til fredag. Ved en kortere takttid kan det være nødvendig at også møteplanen endres for å passe sammen med den nye takttiden. Det er mulig å ha korte statusmøter midt i eller på slutten av hver takttid der justeringer kan gjøres for å justere produksjon i inneværende eller kommende vogn. Overordnede møter der prosjektledelse,

formenn og baser diskuterer produksjon over flere taktperioder. Det kan også være fordelaktig at også lagsmøtene planlegger flere taktperioder i ett møte for å redusere møtevirksomheten.

### 5.3.2 Involvering

Taktprosjekter i dag er veldig personavhengig. Selv om man har erfaringer fra tidligere prosjekter som man prøver å styre etter så finnes det ingen veileder i dag. En veileder for taktplanlegging i Veidekke med klare og lettfattelige hovedprinsipper ville gjort at man kunne implementere takt i flere prosjekter uten at involverte aktører har mye erfaring. Det vil også kunne gi en bedre møte- og arbeidsstruktur som er mer tilpasset taktprosjekter. Det er viktig at denne veilederen ikke blir for detaljert, men at den kan tilpasses ulike prosjekter med tanke på antall møter, størrelse og type konstruksjon eller bygg. Det er stor forskjell på taktplanlegging i hybel,- og boligprosjekter opp i mot sykehusbygg og kraftverk.

Møtestrukturen til Veidekke følger Involverende Planlegging. Dette passer godt i oppstarten for taktprosjekter med ukestakt. Det kan diskuteres om møtevirksomheten er for stor eller for liten for de ulike delene av prosjektet. Er det hensiktsmessig med basemøte på mandag når det også er vandrende basemøte på torsdager i tillegg til ukesluttmøte på fredager? Det kan være at det er nødvendig i oppstarten for å få i gang takten eller i kompliserte prosjekter der det vil være nødvendig å følge opp produksjon gjennom hele prosjektet. I enklere mer repeterbare prosjekter kan Veidekke vurdere å redusere antall møter ettersom at prosjektet skrider frem og produksjon flyter jevnt. Hvis produksjonen flyter vil det være mindre nødvendig å diskutere varelevering, forflytning mellom kontrollområder eller lignende uke etter uke. Motargumentet mot dette er at det alltid dukker opp uforutsette hendelser og at det derfor er viktig å ha et forum å diskutere dette i. Det er derfor viktig at det kalles inn til møter, men at disse etterhvert blir kortere utover i prosjektet.

Anleggsledere eller prosjektledere i Boldt og Veidekke utvikler skisser av taktplanen før de møter underentreprenørene. Dette for å gjøre seg opp tanker for hvordan prosjektet skal gjennomføres eller at prosjekteier kan kreve en overordnet prosjektplan tidlig i prosjektet. Taktplanen kan legges til grunn for diskusjon i taktplanleggingen eller anleggsleder kan kun holde den for seg selv. En representant fra Boldt fortalte at etterhvert som egen erfaring med taktplanlegging og datagrunnlaget fra ulike typer taktprosjekter øker så vil det i mindre og mindre av planen endres etter taktplanleggingsmøtet med basene. Det vil være tilstrekkelig å bruke tall og egen erfaring for å utvikle mer eller mindre presise taktplaner. Dette er spesielt for typer prosjekter som de har bred erfaring med å bygge i takt. Et intervjuobjekt fra Veidekke viste ikke sin taktplan til underentreprenørene under planleggingen. Basenes plan var ulik intervjuobjektets plan, men vedkommende mente at basenes plan var bedre. Intervjuobjektet begrunnet årsaken til at basenes plan var bedre med at flere av basene hadde god erfaring med taktplanlegging og at h\*n selv var relativt uerfaren med taktplanlegging og i rollen som anleggsleder. Spørsmålet er om anleggslederne i Veidekke etterhvert med økende erfaring også vil benytte mindre input fra underentreprenørene i taktplanleggingen? Vil dette gi en bedre plan og vil det påvirke eierskapet til planen for basene?

Det er naturlig slutning at økt erfaringstall og kunnskap i bedriften vil gi en bedre og bedre taktplan. For å øke erfaringstallgrunnlaget er det viktig for Veidekke at disse tallene deles innad i bedriften. Boldt har egne «takteksperter» som bistår og jobber overordnet på prosjekter i hele bedriften. De vil derfor være innovent svært mange prosjekter på kort tid. I Veidekke jobber en anleggsleder ofte flere år på samme prosjekt. Baser, formenn, saksbehandlere og representanter i prosjektledelsen vil også kunne hente inn erfaring og bruke dette på fremtidige prosjekter. Det vil uansett ta lang tid å samle opp erfaring som er i nærheten av det en

taktekspert vil ha. Det å benytte en taktekspert vil kunne føre til at flere prosjekter vil få kyndig hjelp til taktplanlegging og gjennomføring. I tillegg vil takteksperter(e) kunne samle inn og bruke erfaringstall på en bedre og mer helhetlig måte ettersom at de har kunnskap om de ulike prosjektene og vet litt hva som ligger bak tallene. Problemet er at bedriften kan bli svært avhengig av disse nøkkelpersonene noe som kan føre til stort erfaringstap om de blir sykemeldt eller slutter. Det må også stilles spørsmål om eierskapet til metoden om det er en ekstern taktekspert som kommer inn og bestemmer store deler av taktplanen for så å reise bort igjen. Hvis da prosjektledelsen ikke har eierskap til planen så vil det være enda vanskeligere å få med basene og dernest fagarbeiderne. Det er derfor viktig at det fortsatt brukes tid på å engasjere og skape eierskap til taktplanen. Faren er at involveringsgraden kan bli så liten at man får samme problemer som Porsche fikk ved Kunnskapssenteret. Med stadig økende erfaring kan det se ut til at Boldt nærmer seg Porsches involveringsmetoder.

Hvis det legges til grunn at økt erfaring vil gjøre at takten settes i større grad av anleggsleder, hvordan vil det påvirke kvaliteten på planleggingen og eierskapet til planen blant baser og fagarbeidere? Taktplanleggingsmøte vil fortsatt gjennomføres i forkant av produksjon med alle underentreprenører der de får komme med sine innspill til planen som prosjektledelsen har utformet. Det at planen ikke endres vil bety at underentreprenørene i fellesskap enes om at dette er en god plan. Fallgruver og ulike fags preferanser er tatt hensyn til i planen så underentreprenørene ser ikke noe behov for å endre den. På en annen side så kan dette pasifisere underentreprenørene i form av at de godkjenner en plan istedenfor at de er med å utvikle den selv. Det er da fare for at gevinstene Veidekke har med Involverende Planlegging forsvinner.

### 5.3.3 Buffer

#### **Replanlegging**

Veidekke har ingen systemer for å gjenoppstarte taktproduksjon om taktplanen skulle ende opp med å kollapse. Porsche har sin restart mens Boldt har replanlegging. Veidekke bør se på disse to metodene og plukke ut det beste fra de to gjenoppstarts metodene. Porsches gjenoppstartsprosedyre fungerer bra for å eliminere problemer som har oppstått under vei i produksjon. Det setter stort fokus på å bli ferdig med alle etterhengene oppgaver for å starte med blanke ark i det restartede takttoget. Det har ikke definerte retningslinjer for hvordan man kan justere taktplanen slik at problemene ikke oppstår igjen. Dette har Boldts replanleggingsprosedyre fokus på. Der identifiseres problemene, omfanget av de og tilgjengelige virkemidler benyttes for å løse problemene i planen. Dette gjøres ved å endre i aktivitetssekvensen, endrer størrelse på kontrollområdet og/eller taktiden, eller å ta aktiviteter ut av takten. På denne måten elimineres problemet som var årsaken til stansen og et mer robust takttog vil starte opp igjen.



## 6. Konklusjon

*Oppgaven har som mål å finne ut hvilke typer takt som finnes i dag, hvilke erfaringer som finnes rundt disse, samt hvordan taktplanlegging kan forbedres. I dette kapitlet presenteres oppgavens svar på disse tre forskningsspørsmålene.*

### 6.1 Ulike typer takt

Oppgaven presenterer og diskuterer tre typer takt; Porsche-, Boldt- og Veidekketakt. Det kommer også frem i intervjuene at det er forskjell på taktplanlegging mellom Veidekkes avdelinger i Oslo og Trondheim. I dette underkapitlet gjennomgås likheter og ulikheter mellom de tre metodene.

#### 6.1.1 Ulikheter

Oppgaven beskriver en rekke ulikheter mellom metodene. Tabell 2 viser hvilke ulikheter det er mellom de tre metodene. Ulikhetene mellom Veidekkes kontorer i Trondheim og Oslo er også en del av tabell 2. Dette er illustrert med en skråstrek i rekkefølgen Trondheim deretter Oslo der det er ulikheter mellom.

Tabell 2: Ulikheter mellom taktplanlegging i Porsche Consulting, The Boldt Company og Veidekke Entreprenør.

	Porsche Consulting	The Boldt Company	Veidekke Trondheim/ Oslo
Involvering av underentreprenør tidlig i planlegging av:			
- Kontrollområder, aktivitetssekvens og hindringsanalyse	Nei	Ja	Ja
- Takttid og prosjektering	Nei	Ja	Nei
Ulik takttid i ulike prosjekter	Ja	Ja	Nei/Ja
Bruker takt i flere av prosjektets faser	Ja	Ja	Nei/Ja
Benytter taktplanlegging i kompliserte prosjekter	Ja	Ja	Nei
Ulik takttid- og kontrollområdeinndeling i samme prosjekt	Nei	Ja	Nei
Deler inn kontrollområder primært basert på:	- Repeterbarhet	- Timeverk	- Timeverk - Naturlige områder
Type virksomhet:	Konsulent	Entreprenør	Entreprenør
Metode for gjenoppstart av takttog	Restart	Replanlegging	Ingen

Som tabell 2 viser er det ulik grad av involvering av underentreprenører i prosjektering og planlegging av produksjon. Porschetakt involverer sine underentreprenører lite og sent i planleggingsprosessen. Prosjektledelsen bestemmer kontrollområdeinndelingen, aktivitetssekvensen og takttiden. Det er også prosjektledelsen som tar seg av hindringsanalysene for prosjektet. I Veidekke er underentreprenørene, i form av baser og saksbehandlere, svært sentrale i bestemmelse av kontrollområder og aktivitetssekvens. I tillegg

tar de del i hindringsanalysene. Veidekke benytter ukestakt i alle prosjekter i Trondheim og de fleste nye i Oslo, dermed er ikke underentreprenør med å sette takten. I tillegg kontraherer de ikke inn underentreprenører tidlig nok til at de kan ta del i prosjekteringen. Boldt har den mest involverende taktmetoden fordi de i tillegg til å involvere underentreprenørene i planlegging av produksjon så tar de også del i prosjekteringen ved å bidra til mer produksjonsvennlige løsninger. De kan involvere entreprenørene i prosjektering fordi kontraktsformen som benyttes kontraherer tidligere enn den i Veidekke. Det er tendenser til at Boldt med økt kunnskap og erfaring i stadig større grad planlegger taktplanen selv i forkant av taktplanleggingsmøtet med basene, men en så lenge så er basenes involvering viktig for utforming av de fleste av Boldts taktprosjekter.

Veidekke benytter kun ukestakt på sine prosjekter. Tidligere har det vært benyttet andre ulike takttider i Veidekke Oslo men nye prosjekter i takt benytter ukestakten i flere av prosjektene. Porsche og Boldt benytter ulike takttider. Veidekke Oslo har i lengre tid hatt suksess med taktplanlegging i råbyggsfasen, mens Trondheimskontoret så langt kun har brukt det på innredningsarbeid. Også Porsche og Boldt benytter takt gjennom hele byggeprosjektet. Veidekke har kun lyktes med taktplanlegging i mindre kompliserte prosjekter som leilighetskomplekser og studentboliger. Porsche og Boldt har lyktes med langt mer kompliserte prosjekter.

Porsche begynner med å se på områdenes repeterbarhet når de deler inn i områder, mens Boldt, og til dels Veidekke, baserer inndelingen på beregnede timeverk for de ulike fagene i de forskjellige områdene. Veidekke ser også på naturlige områder når de deler prosjektet inn i kontrollområder. Porsche er en konsulent som ikke driver egne prosjekter, mens både Veidekke og Boldt er entreprenører som driver egne prosjekter som blant annet totalentreprenører.

Porsche restarter taktplanen ved stans i takttoget ved å kartlegge oppgaver som ikke er fullført på tiden og gjennomføre disse før takttoget starter igjen. Boldt bruker replanlegging der de finner årsaken til stansen for så å løse dette problemet slik at takten ikke skal stanse igjen. Veidekke har ingen strategi for gjenoppstart ved stans i taktproduksjon.

### 6.1.2 Likheter

De ulike typene har til felles at de vil skape stabil arbeidsflyt i produksjon. Involvering av underentreprenør underveis i produksjon er viktig for alle tre metodene. Det er ulikt hvor langt ned i prosjekthierarkiet de ulike metodene går for å løse problemer underveis, men alle er opptatt av å ha med representanter fra de ulike fagene underveis i produksjonen.

De benytter flere tog i sine produksjoner for å øke produktiviteten eller håndtere ulike områder som krever forskjellige aktivitetssekvenser. Det er noen representanter fra Veidekke som mener at det ikke bør brukes mer enn ett tog, men alle intervjuobjektene er enige om at det er ønskelig med et minimalt antall tog. Alle tre metodene benytter buffere i form av arbeidskapasitet, område og plan. Det er også et ønske om å minimere bruken av buffere i prosjektet gjennom å redusere variasjoner i produksjon.

## 6.2 Erfaringer med takt

### 6.2.1 Kontrollområder og takttid

Taktplanlegging er sårbart for endringer i planen. Hvis et fag blir forsinket så er det stor fare for at denne forsinkelsen sprer seg gjennom hele prosjektet. Det er derfor viktig at alle har gode planer som de kan følge og at de skjønner prinsippene for takt. Eventuelle endringer i fremdriftsplanen må godkjennes av representanter fra alle aktørene i prosjektet.

En av fordelene prosjekter med taktplanlegging opplever er at kontrollområdeinndeling gir små overkommelige deler med klare frister og tydelige konsekvenser hvis det ikke følges. Vognene jobber uten forstyrrelser fra andre fag og er derfor også ansvarlig for opprydding av eget område. Det blir en mer transparent byggeplass der det er lett å vite hvem som jobber hvor til en hver tid men det kan oppleves som et svært rigid system med lite fleksibilitet i forhold til tradisjonell planlegging. I tradisjonell planlegging så planlegges det ofte dårligere i form av at man tar det mer som det kommer og finner ofte ut at man ligger bak planen på slutten av prosjektet. Med taktplanlegging vet man hele tiden hvordan alle aktører på prosjektet ligger på planen og kan gjøre tiltak for aktiviteter som henger etter tidlig.

Ukestakt benyttes i Veidekkes prosjekter, spesielt i Trondheim, og trekkes frem av basene som ble intervjuet som en av de største fordelene med å jobbe i metoden. Forutsigbarhetene ved å jobbe i et område uten forstyrrelser fra andre fag i tillegg til tydelige resultatmål slik at de kunne planlegge arbeidsuken innenfor ble trukket frem av samtlige baser og formann i intervjuene.

Med ukestakt så blir kontrollområdet så stor at prosentvis store deler av bygget ikke står i produksjon. Fordelen er at områdene i mellom fungerer som en plassbuffer ved forsinkelser. Arbeidskapasitetsbuffer i form av overbemanning benyttes i begynnelsen av prosjektet slik at man kan oppdage typiske avvik uten at det gir forsinkelser. Etter hvert når man har mer erfaringstall og har eliminert oppstartsproblematikk så kan man redusere bemanningen. Ekstra bemanning sendes til andre vogner eller området som ikke er planlagt inn i takt. Ved forsinkelser i noen av vognen kan bemanning hentes fra disse områdene.

### 6.2.2 Involvering

Et viktig punkt som diskuteres for å lykkes er involvering av underentreprenører. Taktplanlegging er avhengig av at alle vognene flytter seg gjennom prosjektet i takt for at metoden skal fungere, det er derfor viktig at taktplanen er tilpasset og gjennomførbar for alle fag. Det er også viktig at det er forståelse i helt ned på fagarbeidernivå for viktigheten av å holde takt. Dette oppnås gjennom involvering av baser i planlegging før og underveis i produksjon. Basene er også som regel de som kjenner sitt fag best og det er derfor naturlig å involvere de i planlegging av områdeinndelingen, rekkefølgen på vognene og takttiden. Innen hindringsanalyse er basenes erfaring også svært nyttig ved forebygging og håndterer av vanlige avvik.

I Veidekkes prosjekter ser vi utslag på trivsel på arbeidsplass for involvering. Involvering av basene på Moholt 50/50 skapte stort eierskap til planen blant basene og de klarte å selge engasjementet videre til lagene og tok selv tak for å løse avvik som oppstår underveis gjennom interne avtaler mellom vognene. Forutsigbarheten i hva man skulle gjøre hver uke og hver dag gjorde at timeverk ble kuttet gjennom hele prosjektet, og sykefraværet gikk kraftig ned.

En utfordring i planleggingen av fremdriftsplan i takt er at de som ikke kjenner til metoden ofte kvier seg til å forplikte seg til en slik rigid plan. Det er derfor viktig at det blir forklart at takt ville gi mer effektiv bygging slik at man jobber kjappere og tjener mer penger. Det kan også være nødvendig å hente inn erfarne baser eller fagarbeidere som «kulturbyggere» for å få taktplanleggingen og -produksjon til å fungere. Taktprosjekter derfor veldig personavhengig og man er avhengig av de rette nøkkelpersonene for at man skal lykkes. For Veidekke kan dette løses ved å utvikle en veileder for taktplanlegging med klare og lettfattelige

hovedprinsipper. På denne måten kan flere prosjekter implementere takt i uten at involverte aktører har erfaring fra før. Det vil også gjøre det enklere for de med erfaring fra taktprosjekter å introdusere konseptet. Det er viktig at denne veilederen ikke blir for detaljert, men at den kan tilpasses ulike prosjekter med tanke på antall møter, størrelse og type konstruksjon eller bygg.

### 6.2.3 Buffere

Bruk av buffere er viktig for å kunne absorbere variasjoner i produksjon. Uforutsette hendelser vil oppstå i alle prosjekter og buffere er gode verktøy for å håndtere dette uten at prosjektet blir forsinket. For Porsche-, Boldt- og Veidekktakt ser vi at arbeidskapasitet-, område og planbuffere benyttes. Arbeidskapasitet i form av ekstra bemanning i områdene er viktig spesielt i oppstarten for å håndtere oppstartsproblematikk. Etterhvert som vognens produksjon begynner å flyte så vil bemanningen reduseres. De sendes da ofte til en planbuffer som er et område utenfor takten som ikke har en tidskritisk fremdriftsplan og som i liten grad er avhengig av andre fag. Det er viktig at disse områdene også planlegges godt i forkant og underveis i prosjektet. Både ved Moholt 50/50 og Kunnskapsenteret ble planbufferne undervurdert i planlegging og bemanning slik at de ente opp med å bli kritiske for ferdigstillelse i slutten av prosjektet. Den siste er områdebuffer som er ledige områder inne i kontrollområde som påfølgende vogn kan begynne i. For de fleste fag vil de starte i en ende av kontrollområdet og jobbe seg gjennom. Ved felles byggeretning innad i kontrollområdene kan påfølgende fag begynne i den ferdige enden av kontrollområdet mens den foregående vognen kan gjøre seg ferdig om de er forsinket. I enkelte prosjekter med lengre takttider kunne disse områdebufferne utgjøre store arealer av kontrollområdet. Det er ønskelig å minimere bruk av buffere fordi dette i Lean sammenheng er sløsing ettersom at det ikke skaper verdi for kunden eller de utførende.

Veidekke har hatt flere prosjekter der takten har kollapset, altså at én eller flere vogner har havnet bak på taktplanen og de har ikke maktet å gjenoppstarte taktplanen og dermed gått over til tradisjonell fremdriftsplanlegging. Porsche lyktes med å starte opp takttog ved Kunnskapsenteret, og Boldt har også lyktes med dette.

## 6.3 Forbedringer

### 6.3.1 Kontrollområder

Kontrollområdeinndeling er en viktig del for et suksessfylt taktproduksjon. Porsche ser på repeterbarheten i de ulike delene av prosjektet, Boldt, og til dels Veidekke, ser på timeverkene i de ulike områdene, mens Veidekke i flere prosjekter ser på naturlige områder og skillelinjer når de deler opp prosjektet. Både det å skille prosjekter etter repeterbarhet og naturlige områder vil kunne gi gode taktplaner for enklere prosjekter, men det ikke være en god måte å dele inn kompliserte prosjekter. Til dette er beregning av timeverk en mye bedre kriterium å dele prosjektet ut i fra. Det er med godt beregnede timeverk mulig å implementere takt for alle typer prosjekter. Kontrollområder basert på timeverk er essensielt for å kunne dele innredningsfasen i underfaser med egne kontrollområder og taktid. En slik inndeling vil ta hensyn til ulike fags arbeidstetthet i prosjektet være nødvendig for å optimalisere hvert fags produksjon. Veidekke har så langt ikke lyktes med kompliserte prosjekter. For å få til dette bør Veidekke se mer på timeverk for alle fagene i de ulike områdene og i mindre grad la seg styre av naturlige områder.

### 6.3.2 Taktid

Veidekke benytter i dag stort sett bare ukestakt i sine taktprosjekter. Ukestakt er populært blant baser og fagarbeidere, sammenfaller godt med Involverende Planleggings møttestruktur, og er veldig forutsigbart. utfordringer er at ikke alle prosjekter vil være egnet for ukestakt. Med kortere taktid vil man kunne produsere raskere fordi områdebufferen blir mindre, det er mer

fleksibelt for eventuell gjenoppstart av takten, og hyppigere overtagelser betyr flere tilbakemeldinger på kvalitet og tid som kan gi økt læring. Kortere takttid vil bety at fagarbeiderne oftere må rigge opp og ned utstyr og materialer. Det, kombinert med kortere responstid, bør begrense hvor kort takttid prosjektene har.

### 6.3.3 Replanlegging

Veidekke har ingen systemer for å gjenoppstarte taktproduksjon om taktplanen skulle ende opp med å kollapse. Porsche har sin restart mens Boldt har replanlegging. Veidekke bør hente erfaring fra disse to metodene når de utvikler sitt eget system. Ved stans bør man identifisere hvor i toget det er problemer. Alle baser sette opp en liste med uferdige aktiviteter de har og eventuelle avhengigheter disse aktivitetene har til andre fag. Hvis vognen ikke har etterhengene oppgaver så kan fagarbeiderne jobbe med planbuffer eller forberedende oppgaver til oppstart. Dette sikrer at produksjonen holdes i gang mens takten replanlegges i tillegg til at vognene er i best mulig stand når takttoget starter opp igjen. Etter at dette arbeidet er planlagt og påbegynt så vil prosjektledelse sammen med formenn og baser replanlegge taktplanen. Årsaker til stansen og omfanget av dette kartlegges. Planen replanlegges ved hjelp av tilgjengelige verktøy. Disse verktøyene kan være å endre i aktivitetssekvensen, endrer størrelse på kontrollområdet og/eller taktiden, eller å splitte opp vogner. På denne måtene elimineres problemet som var årsaken til stansen og et mer robust takttog vil starte opp igjen.

### 6.3.4 Veileder

Veidekke jobber med en intern veileder for å kunne bedre arbeide med taktplanlegging i flere prosjekter. Dette er et viktig arbeid for å sikre at flere kan benytte metoden uten nødvendigvis å ha erfaring fra tidligere prosjekter. Basert på resultater og diskusjon i denne masteroppgaven anbefaler oppgave forfatter at en slik veilederen bør:

- Ha tydelige retningslinjer for involvering av baser i planlegging og underveis i produksjon.
- Se på ulike lengder på takttid, ikke bare ukestakt. Det bør etterstrebes å redusere takttiden.
- Tilpasse møtestrukturen til taktproduksjon. Det bør også ses på om det er nødvendig å ha ulike møtestruktur for ulike takttid.
- Ha retningslinjer for taktplanlegging i alle prosjektets faser. Taktplanlegging vil kunne gi en stabil, transparent produksjon for hele prosjektet, fra grunnarbeid til overlevering, så det er bortkastet å ikke bruke takt også disse fasene.
- Anbefale å dele inn kontrollområder basert på timeverk. Det bør også utvikles retningslinjer for å kunne dele prosjektet inn i underfaser med egne kontrollområder og takttider for kompliserte prosjekter. Det kan konsulteres med Boldt for å lære av deres metoder.
- Samle erfaringstall spesielt rette mot taktprosjekter i en felles database. Informasjon om områdestørrelse, takttid, beregnede timeverk, utførte timeverk, rapporterte forsinkelser, buffertyper og -størrelser, samt generell nøkkelinformasjon om prosjektet.
- Utforme retningslinjer for gjenoppstart av takttog i Veidekke. Dette bør være en kombinasjon av Porsches restart og Boldts replanlegging.
- Vurdere å opprette én eller flere stillinger som overordnet taktkonsulent som ligner på det de bruker i The Boldt Company. Taktkonsulenten bistår i planlegging og gjennomføring av taktprosjekter, videreutvikler taktveilederen, i tillegg til å være ansvarlig for å samle inn data og erfaring fra prosjekter. Det er viktig at det er den lokale prosjektledelsen som planlegger prosjektet sammen med underentreprenørene og ikke taktkonsulenten.



## 7. Videre arbeider

I denne masteroppgaven har representanter fra Veidekke og The Boldt Company deltatt i intervju. Oppgaven har bare sett på taktplanlegging i Veidekke i Norge, men både Hent og Backe Gruppen i Oslo driver med ulike typer taktplanlegging. Det kunne vært interessant å sett hvordan disse jobber i forhold til Veidekke. Det er også kun intervjuet baser fra Veidekke. Fremtidig forskning kan se på hvordan underentreprenørene til Veidekke oppfatter bruken av taktplanlegging.

Det er heller ikke gjort egen forskning på prosjekter med taktplanlegging. Oppgaven er begrenset til kun gjennomførte prosjekter, det er ikke gjort egne casearbeider. En naturlig fortsettelse ville være å se på et prosjekt med taktplanlegging og forsøke å dokumentere om erfaringene funnet i denne oppgaven stemmer overens i praksis ved hjelp av ulike målinger.

Oppgaven tar kort opp ulike kontraktsformer for taktprosjekter. Det kan være interessant å se på hvilke kontraktstrategi som er optimal i taktprosjekter og i hvilke grad det avhenger av prosjekttype.

Ved Nærbyen har formannen for tømmer leid en lagringsplass utenfor Trondheim for å ta imot store leveringer fra leverandør for så å pakke om og sende mindre leveranser til byggeplass etterhvert som det er behov. Slik implementering av Just-In-Time levering av materialer passer ypperlig for taktprosjekter så det ville vært å ha sett på dette og da kanskje for materialer fra flere fag på samme lagringsplass.





## Referanseliste

- Andersen, L. (2013). *Samhandling i prosjektering og bygging – Kunnskapssenteret, St. Olavs hospital*. (NTNU Samfunnsforskning) Hentet fra: [https://samforsk.no/SiteAssets/Sider/publikasjoner/Rapport\\_Samhandling%20i%20prosjektering%20og%20bygging\\_LA\\_16%2009%202013\\_WEB.pdf](https://samforsk.no/SiteAssets/Sider/publikasjoner/Rapport_Samhandling%20i%20prosjektering%20og%20bygging_LA_16%2009%202013_WEB.pdf)
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International journal of social research methodology*, 8(1), 19-32.
- Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM magazine*, 17(1), 5-18.
- Bahnaier, W. W. (2001). *Scheduling Guide for Program Managers*. DIANE Publishing.
- Ballard, G., & Howell, G. (1994). Implementing lean construction: stabilizing work flow. *Lean construction*, 101-110.
- Ballard, G. and Howell, G., 1998. «What kind of production is construction?». In: *Proc. 6 th Ann. Conf. Int'l. Group for Lean Construction*, Guarujá, Brazil, August 13-15.v
- Ballard, H. G. (2000). *The last planner system of production control*. (Doctoral dissertation, University of Birmingham).
- The Boldt Company (2017). *Think small and win big*. 19<sup>th</sup> Lean Construction Institute Congress, powerpoint-presentasjon hentet fra <http://www.lcicongress.org/pdfs/2017/WD5%20Think%20Small%20and%20Win%20Big.pdf>
- Christiansen, T. B., Ahrengot, N. & Leck, M. (2006). *LEAN – Implementering I danske virksomheder* (1.utg). København, Danmark: Børsen Forlag
- Denzer, M., Muenzl, N., Sonnabend, F. A. & Haghsheno, S. 2015. *Analysis of Definitions and Quantification of Waste in Construction*. 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Perth, Australia: iglc.net.
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2013, August). Takt time planning for construction of exterior cladding. In *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Fortaleza, Brazil.
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2014, June). Takt-time planning and the last planner. In *Proc. 22nd Ann. Conf. of the Int'l Group for Lean Construction. Group for Lean Const*(pp. 23-27).
- Frandsen, A.G. , Seppänen, O. & Tommelein, I.D. 2015, «Comparison Between Location Based Management and Takt Time Planning» In:, Seppänen, O., González, V.A. & Arroyo, P., *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Perth, Australia.
- Hall, R. W. (1983). *Zero Inventories*. Homewood, IL: Dow-Jones, Irwin.
- Hopp W, J , Spearman M, L *Factory Physics (2nd ed.)*, McGraw-Hill Higher Education
- Inman, R. R. (1999). Are you implementing a pull system by putting the cart before the horse?. *Production and Inventory Management Journal*, 40(2), 67.
- Ingvaldsen, T. Og Edvardsen, D. F. (2007). "Effektivitetsanalyse av byggeprosjekter", Oslo, Norge: Sintef Byggforsk.
- Koskela, L. J., Bølviken, T., & Rooke, J. A. (2013, July). Which are the Wastes of Construction?. In *Proceedings for the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. (pp. 3-12).
- Kenley, R. og Seppänen, O., 2010. «Location-Based Management for Construction». 1. Utg. New York, USA: Spon Press.

Kim, Y. W., & Ballard, G. (2000, July). Is the earned-value method an enemy of work flow. In *Proceedings Eighth Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC* (Vol. 6).

Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (Vol. 72). Stanford, CA: Stanford university.

Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland.

Koskela, L., Howell, G., Ballard, G., & Tommelein, I. (2002). *The foundations of lean construction*. Design and construction: Building in value

LINNIK, M., BERGHEDE, K. & BALLARD, G. 2013. *An experiment in takt time planning applied to non-repetitive work*. 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. In: Formoso, C.T. & Tzortzopoulos, P.

Lumsden, P., 1968. *The Line of Balance Method*. Oxford: Pergamon Press.

Marsh, E.R., 1975. «The Harmonogram of Karol Adamiecki». *The academy of Management Journal*.

Mayoo (deltaker). (2016). Episode 12. Hansen, H. V(Produsent)., *Paradise Hotel Norge*

Mordal, P. (2014). "Nytten med taktplanlegging – Casestudie av prosjekt Horneberg B3." Masteroppgave, Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg, anlegg og transport.

Nash, N. C. (1996, 20. januar). Putting Porsche in the Pink. *New York Times*, hentet fra: <https://www.nytimes.com/1996/01/20/business/putting-porsche-in-the-pink.html>

Olsson, N. (2011). *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.

Porsche-Consulting (2010). *Lean Construction*. Presentasjon. Porsche Academy

Porsche Consulting. (2011). *Porsche Akademie presentasjon*. Bietingheim-Bissingen, Tyskland.

Sellæg, A. (2018, 11. september). Bygg.no. *Psykiatrisenteret ved Sykehuset Levanger*. Hentet fra: <http://www.bygg.no/article/1366098?image=dp-image115093-1366129>

Skaret, O. M. (2012). *Porsche-takt på Kunnskapssenteret*. Presentasjon, Trondheim, Norge.

Skaret, O.M (2018). *Lean på Moholt 50/50*. Presentasjon Trondheim, Norge

Smiseth, S. (2013). "Taktplanlegging, en god måte for å gjennomføre produksjon i byggeprosjekter?" Masteroppgave, Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg, anlegg og transport.

Solberg, E. (2015, 19. mars). Veidekke, *Kunnskapssenteret St. Olavs Hospital – Verdens først i sitt slag*. Hentet fra: <http://veidekke.no/om-oss/nyheter-og-media/temasaker/article14738.ece>

Solem, A. (2012). *Involving av bygg-/produksjonsleddet i prosjekteringsfasen. St. Olavs Hospital. Bygging av Kunnskapssenteret*. Trondheim, Norge.

Steen, J. R., Oldervoll, J., Walbækken, M. M., & Røtnes, R. (2018). *Fagarbeideres og fagopplæringens betydning for innovasjon*. Oslo, Norge; FAFO

Tommelein, I. D., & Li, A. (1999). *Just-in-time concrete delivery: mapping alternatives for vertical supply chain integration*. IGLC (Vol. 7, p. 97).

University of Canberra. (2017). *Literture Review*. Hentet fra: <https://canberra.libanswers.com/loader.php?fid=8504&type=1&key=5b079c393731bb62fbfc2306b4acf4a6>

Vatne, M. E. (2016). "Taktplanlegging og -gjennomføring ved Moholt 50/50?" Masteroppgave, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg, anlegg og transport.

Veidekke. (2018, 2. mars). Veidekke bygger Nærbyen senter i Trondheim. Hentet fra: <http://veidekke.no/om-oss/nyheter-og-media/pressemeldinger/article27373.ece>

Veidekke (u.å., a). Involverende planlegging – lean construction» Hentet fra: <http://veidekke.no/om-oss/kompetanse/article8308.ece>

Veidekke (u.å., b). Involverende planlegging i produksjon. Hentet fra: <http://veidekke.no/incoming/article8702.ece/binary/Faktaark-Involverende-Planlegging-2015.pdf>

Veidekke (u.å., c). Moholt 50/50 studentboliger, Trondheim – Massivtre. Hentet fra: <http://veidekke.no/prosjekter/article19204.ece>

Wilson, J. M. (2003). *Gantt charts: A centenary appreciation*. European Journal of Operational Research, 149(2), 430-437.

Yin, R. K., (2009). *Case study research methods (fourth edition)*. New Delhi, India: SAGE Publications, Inc.



## Vedlegg 1 – Intervjugal 1

### **Introduksjon**

I forbindelse med intervjuet er det ønskelig å benytte lydopptak for å sikre nøyaktig dokumentasjon. Jeg har også tenkt å lage et referat som jeg vil sende til deg for godkjenning.

Mitt navn er Matthias Helgi Gardarsson og jeg studerer 5. året Bygg- og Miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Denne høsten skriver jeg prosjektoppgave om taktplanlegging i byggebransjen. I denne oppgaven har jeg gjort litteraturstudie på eksisterende litteratur og skal samle inn kvalitative data i form av intervju med ulike personer i bransjen. Resultatene fra prosjektoppgaven skal jeg ta med videre i masteroppgaven til våren.

Formålet med denne oppgaven er å finne ut hvilke ulike former for taktplanlegging som benyttes, hvorfor enkelte prosjekter lykkes med prosjektledelse og andre ikke gjør det, samt hvordan man kan forbedre taktplanlegging. Oppgaven er i samarbeid med Veidekke og vi håper å kunne finne gode løsninger på hvordan involverende planlegging kan kombineres med taktplanlegging i Veidekkes prosjekter. Oppgaven veiledes av Ola Lædre ved Institutt for bygg- og miljøteknikk og Fredrik Svalestuen i Veidekke. Forsknings spørsmålene er:

- Hvilke typer taktplanlegging finnes?
- Hvilke erfaringer er det gjort med disse ulike typene?

### **Bakgrunn**

- Hva er din rolle i Veidekke?
- Hva er din utdanning?
- Hva er din arbeidserfaring?

### **Møtestruktur**

- Hvordan er møtestrukturen, før og underveis i produksjonen, i forbindelse med takt?
  - o Hvor ofte, hva diskuteres, hvem er med, hva er resultatet av møtene? Takt-tavler?
- Kombineres IP med taktplanlegging på noen måte?
- I så fall på hvilke måter? I hvilke deler av prosjektet? Hvem er involvert?
- Ut ifra erfaring, hvordan er møtestrukturen, før og underveis i produksjonen, i forbindelse med takt?
- Hvordan mener du møtestrukturen ideelt skulle vært, før og underveis i produksjonen, i forbindelse med takt?
- Hvordan mener du at IP og taktplanlegging best kan kombineres?

### **Takttid**

- Hvordan settes takten i dag?
- Hvem er med å sette takten?
- Hvem kontrollerer at takten blir holdt?
- Ut ifra egen erfaring, hvordan pleier takten å settes?
- Ut ifra egen erfaring, hvem er med å sette takten?
- Ut ifra egen erfaring, hvem kontrollerer at takten blir holdt?
- Hvordan mener du at takten bør settes?
- Hvem mener du bør sette takten?
- Hvordan bør man kontrollere at takten blir holdt?

### **Kontrollområder**

- Hvordan deler man inn i kontrollområder?
- Hvem er med å bestemme hvordan kontrollområdene deles inn?
- Hvilke kriterier avgrenses kontrollområdene?
- Ut ifra egen erfaring, hvordan deler man inn i kontrollområder?
- Ut ifra egen erfaring, hvem er med å bestemme hvordan kontrollområdene deles inn?
- Ut ifra egen erfaring, hvilke kriterier avgrenses kontrollområdene?
- Hvordan mener du at man bør dele inn i kontrollområder?
- Hvem mener du bør bestemme hvordan kontrollområdene deles inn?
- Hvilke kriterier mener du bør avgrenses kontrollområdene?

### **Buffere**

- Hvilken type buffere brukes i taktplanlegging?
- Hvordan bestemmes buffere i taktplanlegging?
- Hvem er med å bestemme buffere i taktplanlegging?
- Ut ifra egen erfaring, hvilke type buffere brukes i taktplanlegging?
- Ut ifra egen erfaring, hvordan bestemmes buffere i taktplanlegging?
- Ut ifra egen erfaring, hvem er med å bestemme buffere i taktplanlegging?
- Hvilken type buffer mener du bør benyttes?
- Hvordan mener du at buffere bør bestemmes?
- Hvem mener du bør være med å bestemme buffere i taktplanlegging?

### **Avslutningsvis**

- - Er det noe du synes jeg har glemt å spørre om som du mener bør legges vekt på?
- - Er det greit om jeg ringer tilbake hvis jeg kommer på noe mer?

## Vedlegg 2 – Intervjugal 2

Mitt navn er Matthias Helgi Gardarsson og jeg studerer 5. året Bygg- og Miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Denne våren skriver jeg masteroppgave om taktplanlegging i byggebransjen. I denne oppgaven har jeg gjort litteraturstudie på eksisterende litteratur og skal samle inn kvalitative data i form av intervju med ulike personer i bransjen.

Formålet med denne oppgaven er å finne ut hvilke ulike former for taktplanlegging som benyttes, hvorfor enkelte prosjekter lykkes med prosjektledelse og andre ikke gjør det, samt hvordan man kan forbedre taktplanlegging. Oppgaven veiledes av Ola Lædre ved Institutt for bygg- og miljøteknikk samt Fredrik Svalestuen i Veidekke. Forskningsspørsmålene er:

- Hvilke typer taktplanlegging finnes?
- Hvorfor fungerer taktplanlegging i noen prosjekter og ikke i andre?
- Hvordan kan man forbedre bruken av taktplanlegging?

I forbindelse med intervjuet er det ønskelig å benytte lydopptak for å sikre nøyaktig dokumentasjon. Jeg har også tenkt å lage et referat som jeg vil sende til deg for godkjenning.

### **Bakgrunn**

- Hva er din rolle i Veidekke?
- Hva er din utdanning?
- Hva er din arbeidserfaring?

### **Involvering**

- Hvordan er møtestrukturen, før og underveis i produksjonen, i forbindelse med takt?
- Hvordan settes takten i dag? Hvem er med å sette den?
- Hvordan kontrolleres fremdriften?
- Hvordan deler man inn i kontrollområder?
- Hvem er med å dele inn i kontrollområder?
- Hvilke kriterier avgrensner kontrollområdet?
- Hvilke typer buffer benyttes?
- Hvordan bestemmes buffertyper og -størrelse?
- Hvem er med å bestemme bufferne?
- Justeres takten underveis i prosjektet? I så fall; hvem er med å styre dette?
- Hvilke tiltak brukes for å håndtere avvik og endringer underveis?
- Benyttes det egenarbeidere? Hvilke er fariner er det med bruk av egenarbeider mot eksterne underentreprenører i takt?

### **Type prosjekter**

- I hvilke prosjekter bruker dere takt?
- I hvilke prosjekter tror du at takt vil være mest suksessfullt?
- Endres takttiden eller områdeinndelingen i løpet av innredningsfasen?
- Benyttes det flere tog av aktiviteter i ulike deler av prosjektet?





## Vedlegg 3 – Intervjugal 2 (English)

My name is Matthias Helgi Gardarsson, I'm studying Civil Engineering at NTNU Trondheim and I'm currently writing my masters in project management. My thesis is about takt time planning in the construction industry and is conducted through literature review and interviews.

Veidekke has implemented takt in multiple project with various results. Therefore, is it interesting to look at different companies and how they implement takt in their project and what experiences they have with the method. It is also part of the thesis to find out ways to improve takt time planning. The thesis is supervised by Ola Lædre at the Department of Civil and Environmental Engineering and Fredrik Svalestuen from Veidekke. The research questions are:

- What types of takt are used today?
- What are the experiences with takt?
- How can takt be improved?

For the interview I would like to use a tape recorder to ensure an accurate minute that later will be sent to you for approval. Is this okay?

### **Background**

- What is your role in The Boldt Company?
- What is your education?
- What experience do you have with takt?

### **Involvement**

- How is the meeting structure in takt projects before and during production?
- How do you decide the takt time? Who is part of deciding the takt time?
- How is progress controlled in a takt project?
- How do you divide the project into zones? Who is part of deciding the zones?
- What criteria are used to divide the zones?
- What type of buffers are used in your projects?
- How are the size and type of buffer decided?
- What measures are put in place when production deviate from the plan?
- Who takes part in adjusting the plan during production?
- Do you employ your own craftsmen?

### **Type of project**

- In what kind of projects do you use takt?
- In what project will takt be most successful?
- Is the takt time and/or zoning changed during different phases of the project?
- Do you use multiple trains in your projects?



## Vedlegg 4 – Referat, Formann tømmer

### Bakgrunn

- *Hva er din stilling i Veidekke og hvilken bakgrunn har du?*

Formann for tømmer har nettopp fått stillingen. Utdannet byggmester med fagbrev fra slutten av 1990-tallet og mesterbrev i 2011. Fagarbeider i Veidekke fra 2002 og ble bas samtidig som han tok mesterbrev. Har vært bas frem til nå nylig da jeg ble formann.

- *(...) Hvordan er møtestrukturen, før og underveis i produksjon, i forbindelse med takt?*

Vi driver med IP, der bruker vi lappeteknikk i forhold til innredningsbiten og det har vi en tradisjon på og det skal vi videreføre her på Nærbyen i forskjellige områder. Vi samler basene og kanskje formenn og saksbehandlere fra de forskjellige underentreprenørene en stund før produksjonen starter. Så kjører vi samhandlingsmøte for å oppnå optimal rekkefølge for det prosjektet her, den trenger ikke å fungere på en annen plass. Og bolk nummer to blir da tidsforbruk og se litt hvordan det går opp imot de rammene man har, opp mot en sluttdato. Så det er IP vi bruker i taktplanlegging.

Før vi begynte med IP hadde vi store samhandlingsproblemer i forhold til innredningsfasen. Vi har drevet med IP siden 2003, og det tar lang tid og vi blir aldri helt ferdig med det på å trene på det å bruke lappeteknikk. Tømmeravdelinga har jo gjennom IP fått veldig god utnyttelse av dette, vi kan den biten, kanskje bedre enn betongen. Jeg tror de har litt annet syn på IP. Det å ha møte, lagsmøte og den type ting, har jeg en følelse av da. Og det er det samme prinsippet som man må gjøre i taktplanlegging. Man har ICE-møter og prosjektering er jo en involverende planleggingsprosess og det må man også gjøre i en produksjonsprosess. Og har man ikke de rette fagene på plass så får man ikke bundet de visjonære tankene med takt sammen med produksjon. Og der er det baser og formenn, helst baser, som skal uttale seg for da blir man ikke påvirket av snare beslutninger av sine sjefer fordi de blir rettet fort opp imot en kalkyle. Ikke opp imot et behov og hva som er sannsynlig. Det beste som jeg ser det er at basene er der. Fordi det er de som kan uttale seg hva den optimale rekkefølgen er. Slik når jeg er formann her og skal uttale meg ute så kjenner jeg at det blir helt feil fordi et er ikke jeg som skal gjennomføre det. Så det de som skal gjennomføre det, de som skal videreformidle det til sine egne fag, de må være med på å lage den planen for å kunne selge den videre. Det er alfa omega. Det er grunnlaget og hvis du ikke får til det (involvere og engasjere basene, ref.) så skjærer det seg.

- *Det er altså viktig å ha ildsjeler blant funksjonærer og baser som brenner og har troen på takt?*

-

Ja. For i mitt synspunkt så har man i utgangspunktet ildsjeler i basene. Det er en omfattende jobb å drive ute. Jeg har hatt et snekkerlag ute på 40 snekkere som skal organiseres og flyten hver dag og da må man være en ildsjel. Du er nødt til å ha trua. For hvis ikke viser at du har trua så rakner det. Trua kan flytte fjell og det oppdager man at det er det som er morsomt med produksjon når man får den rette innstillinga. Det er da man kommer med de beste løsningene som henter plenty. Ikke bare små knepp men også store summer ved å kutte ned på produkter og kanskje kutte ut en vogn og dermed spare store summer. Det er der pengene ligger. Ikke hva en timelønner ligger på.

På Moholt 50/50 var anleggsleder veldig dyktig, han greide å selge inn takt. Rørleggerne slet litt med å forstå hva han skulle være med på, men da vi kom i gang med rundene så fikk han høre om han la alle sprinklene sine på en runde så kom maleren til å få en halv uke ekstra med arbeid for å sparkle rundt stagen og maskere røret, og da var han helt med på at man måtte ta to runder. Det hadde han ikke tenkt på. Det er små ting. Anleggsleder var også flink til å trekke seg helt tilbake så vi satt bare selv, basene og noen formenn og saksbehandlere og satt en halv dag og diskutert, og kom frem til den mest optimale rekkefølgen for det teamet. Vi kjørte runde nummer to, det var tid. Så kjørte vi nummer tre, da tok vi en hindringsanalyse med brainstorming. Hva pleier å gå galt? Det vet vi alt om så vi fylte opp en hel vegg med stikkord og klarte å sortere disse til 4-5 elementer. Det er mannskap, vareforsinkelser, materialflyt og ressursflyt på fagarbeidere i forhold til sykdom. (...) Da kom vi frem til at vi laget en intern taktavtale slik at vi ble så dratt med at basene var dønn enig. Vi var enig om å gi hverandre dagmulker slik at da vi startet produksjonen så lå de plansjer med taktavler, men det ble aldri etablert. Skulle vi gjort det så måtte anleggsleder gjort det, det måtte ha kommet fra ledelsen. Basene må informeres hvordan de har tenkt å gjøre det, for det må læres og det må instrueres. Det kommer ikke av seg selv. Hvem er for eksempel på møtene om morgenen. Det er så mange morgenmøter som er meningsløse, så man må ha en person som brenner for det. Vi fant for at ut at vi så ikke noen hensikt i det. Verken daglig rapportering eller overtagelse fordi de første overtagelsene på prosjektet var dønn smooth. Aldri vært så ryddig noen plasser og at alle leveringer var kommet på plass. Alt arbeidet var ferdig. Du kan si at det var IP på sitt beste. I forhold til samhandling i praksis. Men ingen struktur, det er en flyt med kommunikasjon mellom elektriker, tømrer og rørlegger. Fordi det er alltid avvik, aldri en uke som er lik. Alltid noen som er litt forsinket. Det er klart man hadde grensesnittutfordringer når det kom til leveranse

Vi var ikke helt forberedt, men basene var så grillet og giret og snekkerne ble det fordi man selger det av eget engasjement. Slik at det ble interne avtaler hele tiden. Slik at man ikke forstyrret hverandre. Elektrikerne gjorde ferdig hyblene først slik at vi (snekkerne, ref.ann) kunne transportere inn isolasjon onsdagen og da var de ikke i veien for elektrikerne der inne. Det var ikke helt reinspikka takt men det fløt veldig godt.

I samarbeidsavtalen dere brukte på Moholt 50/50 var det lagt inn at dere skulle ha sette av plass i hvert kontrollområde til å levere varer, hvordan fungerte det?

Ja, og det var nøye. Himlingsgipsen som kunne stå igjen når rørleggeren var der måtte stå nøyaktig på avtalt plass, for da fikk han dreiebenken der han ville ha den. Om den sto en halv meter feil så ble det galt og han måtte gå omvei hver gang. Han mister flyten i det lille daglige håndverksarbeidet. Og det er den håndverkeren søker etter, i håndverkerprosess er det å finne den optimale løsningen for å gjøre jobben lettest mulig. Det er en kontinuerlig forbedringsprosess.

(...) På Moholt 50/50 hadde vi planer om taktavler og ukentlig og daglig rapportering, litt av den Porsche-strukturen. Men prosjektet var så viktig for Veidekke Trondheim på mange måter at de la ekstra vekt på det prosjektet. Den vekta de la på det prosjektet er vekten som de bør legge på alle prosjekt fordi alle prosjekter er viktig. Hvorfor lykkes man? Når ledelsen kommer ned og bistår og legger til rette så er det klart at man får en større suksess. Og da får man inn håndplukkede UEer med avtaler om at de kan håndplukke sine baser. Så vi hadde kanskje det beste bas-teamet i Trondheimsregionen for å sette det på spissen. (...) I et slikt miljø er det mange sterke baser. En sterk bas er en bas som gjennomfører sin jobb uansett fordi det ikke er noen planer før det går til helvete så er det brannslukning og da er det de sterkeste basene som

legger føringene. (...) Jeg ser at det er et unikt prosjekt i den sammenheng at det er håndplukket UEer, det er ikke hverdagen.

- *Tror du det er mulig å få til noe slikt i et vanlig prosjekt?*

Nei, man må ha rapportering.

- *Har du noe erfaring med takttavler og lignende løsninger?*

Ja, ikke i taktproduksjon, men Lean har prøvd tavlesystem på UEer, men med veldig dårlig effekt. God tanke men de som får det tred det over seg skjønner ikke hensikten fordi forutsetningen for produksjon er ikke der. Men de kommer med et system fordi de tror at det er fagarbeideren sin skyld at de ikke tjener penger, men det er mangel på prosjektering. (...) For at det skal funke må man jobbe knallhardt i forkant slik at de som leder møtene er drillet til å holde disse og få inn folkene klokka sju slik at man stående å vente. For hvis man venter på en man i 2-3 min så drar håndverkerne. (...) Det må være et skikkelig system, det er ikke gjort på én, to, tre. Alt må trenes på, men at takttavla er en god tanke det er jeg helt enig i for å få kontroll. (...)

- *Tror du at det samspillet dere fikk mellom de ulike fagene kom på grunn av IP i hovedsak eller også på grunn av takt?*

IP og takt er samme prinsippet, bare at i takt settes fremdriftsplanen i et system som er likt for alle. En 5-dagerssyklus da. Men ellers har vi drevet med de samme prosessene i forkant men har en tradisjonell fremdriftsplan. Slik at på mange boligprosjekt har vi nok vært inne på taktplanlegging uten å egentlig tenke at vi jobbet i takt fordi boligproduksjon er celler. Slik at det blir en celleproduksjon, men det er nok enkelte prosjekter der man ser at «oi, dette var jo faktisk takt». De som har gått veldig godt og har 25% fortjeneste og ikke helt skjønner hvorfor, men det er alltid flyten. Hvis du spør hele Veidekke-systemet hvorfor det ble så bra inntjening (på Moholt 50/50, ref.anm) så vil du få mange ulike svar. (...) Den inntjeninga vi fikk hadde nok ingen sett for seg, men det tror jeg skyldes innredningsarbeidet hadde flyten i 16 måneder, ikke én dag over planen. Alle forutsetningene er på plass hver mandag og de vet at de når målet sitt til fredag. Og når det er fravær så får de informasjon, og da tar de overtid. De vil helst ikke ha inn en ny mann heller. Hvis sykdommen er kort så tar de heller overtid et par kvelder for å nå målet. De vet at de får han tilbake etterpå og da står man på litt og så kommer han tilbake. Og det var jo nesten ikke fravær heller fordi man er viktig. Man skjønner det.

- *Fordi man er viktig i prosessen?*

Ja, fordi det er brutt ned i så små områder at man forstår at om man er bort en dag så rakner det, det går ikke. Men når du flyter i flytende plan så er det lett å tenke at ingen tenker på hva en gjør, kanskje har man glemt å gi ut planer. Kanskje er bare 50% informert, resten går og lurer på hva de skal gjøre. Da har du fagarbeider på 50% enn en på 120% som vi hadde på Moholt. Milepælen var så viktig og de skjønnte at den var viktig for de selv, hvis de bryter den (takten) så stopper alt, og da får de ikke noen taktproduksjon heller.

(...) I områdene utenfor taktområdet glemte man kompleksiteten fordi vi hadde bare konsentrert oss om takt. Det ble kjørt lappeteknikk kun på innredningen slik vi alltid har gjort og taktproduksjon der (hybelleilighetene).

(...) Vi har hatt taktprosjekter som har raknet veldig. Og så tror de at det er takten som rakner og det er helt rart. Etter kunnskapssenteret, det første taktprosjektet vårt, det raknet så «gæli» og det er akkurat det samme som skjedde i Bergen. Det er helt copy paste. De tror at systemet er skjærings, men det vi må gjøre er å begynne å trene på det. Der (på Blussevold Allé, ref.anm.) hadde jeg med meg en kjerne av snekkere fra Moholt og vi gjennomførte store deler av storblokk i takt. Planlagt av oss selv, håndverkerne. Vi fikk hjelp til å sette opp planene, vi hadde jo lappeteknikk. Da hadde ikke anleggsledelsen noe å bidra med, fordi de viste ikke hvordan man bygget det opp, så da fikk vi sette det opp selv. Perfekt! Så raknet det på grunn av en beslutning fra en funksjonær som sa det var greit å gjøre en endring i planen. Han sa ja til at vi ikke overleverer en etasje i gangen, vi tar de siste fire i en smell så kommer vi på samme datoen når vi kommer på den siste etasjen. Så sier han ja, det vil si at resten av toget på 60 håndverkere må stoppe i 4 uker og så bemanne opp slik at de kan ta igjen de siste fire etasjene på én uke. Det er alvorlig, og da jeg fortalte det til vedkommende så skjønte han det ikke. Du må kalle inn alle involverte når det er endring i planen før du sier ja. Det er det som er viktig med takt.

(...) Det vi mangler er verktøy for å håndtere avvik. Man må ha caser, slik det var i Oslo (taktseminar med Veidekke, ref.anm.). Hva gjør vi hvis det blir slik? Hva gjør vi hvis det blir slik? Hvordan håndterer vi avviket?

(...) man må få en forståelse av at det er gjennomførbart. Og da må alle ressurser være på plass. Og den biten er lang å gå, fordi her er man styrt av en kalkyle. (...) Hvis jeg sier at jeg trenger en maskin til 90 000 kroner for å holde flyten så ville jeg fått et nei. Selv om jeg sier at det er det som er løsningen så har det aldri i verden blitt investert i en maskin til 90 000. Fordi det ikke er en post på det i regnskapet.

(...) man må dele alt inn i områder og kjøre lappeteknikk. Basene tørr ikke si så mye fordi de har ikke vært med på dette før, de vil ikke forplikte seg, de vil heller ha en flytende plan. Vi er på vei til å få resten til å tenke likt, fordi alle må tenke likt for at vi skal få dette til.

- *Det må samkjøres tidlig?*

Ja, kontraktene må være på plass mye tidligere. Vi er for fokuset på å kutte kostnader, og da får man det man betaler for og da har man kastet bort forutsetningen for å få til takt. Man må velge de som er med, da får du penger uansett om de er dyrest. Hvis du ser resultatene til han borti San Fransisco på hvor mange, jeg tror det er millioner, timeverk som er spart. De har en fordelingspolitikk der alle tjener på det når det går bra. Til og med byggherre. Alle tjener på det. Grunnen til at han lykkes er at han greier IP i tidligfasen. Og alle sammen har fellesbonus, det er ingen som har personlig akkord inne i systemet. Det er den største trusselen der. Der borte har man ikke egne ansatte, men her har man akkordteam som har økonomi som sin agenda. Teamets økonomi er agenda i prosjektet. Ikke om vaskeren får flyt på slutten.

(...) På Blussuvoll fikk vi gjennomført gipsvognen på tiden, det var det viktigste for meg, i forskjellige arealer, det var mitt mål, så jeg jublet og det skjønte ikke de andre. Vi greide å gjennomføre det vi satte som mål på forhånd, arrangert av snekkerne. De basene er rå, det er ikke lov å spørre «hvor lang tid bruker du her?». Det er forbudt. Men det spørsmål går igjen i alle møter. Det er feil svar og gjør at alle må stoppe og vente i to dager. Det er sånn det er. Resten stopper ikke, de finner bare annen jobb som kan gjøres. Veldig urasjonell drift.

(...) Han begynner med overbemanning, alle gjør jobben helt ferdig, ingen forlate ene og alene. Spørsmålet han stiller er hvordan vi skal komme oss til fredagen. «Trenger dere 5 mann?» , «eeh, usikker», «okay da kjører vi på med 6». Nøler du så setter man på en mann ekstra.

(...) Det som er viktigst er områdeinndeling og det å stykke ned prosjektet i så små områder slik at man har kontroll, det er det som egentlig hele prinsippet med takt slik jeg oppfatter det. En god anleggsleder må legge til rette for at de rette folkene skal få gjøre jobben sin.

(...) Teamet jeg har her (Nærbyen, ref.anm) er 4-5 snekkere som jeg har kalt kulturbyggere. Da jeg fikk beskjed om at jeg skulle hit (Nærbyen, red.anm) så sa jeg at «disse snekkerne vil jeg ha». Vi blir kanskje 40-50 snekkere. Det er mye. Som skal bygge et prosjekt på litt over et år. Jeg vil ha folk tidlig, så jeg sendte en mail og sa at jeg var nødt til å ha de om jeg skulle ha taktproduksjon fordi det er mine ambassadører. Det er de som skal selge systemet ute. Så jeg har gode forutsetninger for å få til dette, så jeg har 4-5 snekkere som skal veilede, lær opp UE, forstå mindsettet. Det er de som skal selge.

(...) Det er greit å bomme på fremdriften fordi vi har en plan. Vi stiller opp på lørdag og tar det. Så korrigerer vi. Det gjorde vi på gipsen på Blussuvoll. Hentet da inn 4 mann. Enten handler det om å kjøre på den helga eller så kan man gjøre en avtale med de som kommer etter. Vi gjorde klart mange leiligheter slik at de hadde nok å begynne med. Så satte vi på nytt mannskap slik at vi fikk oppstart i ny vogn til avtalt tid med 4 innleide menn. Også gikk halvparten av laget til de og resten på den gjenværende vogna. Så var vi på planen. Da får de beskjed om at vi korrigerer og er straks på planen. Så var vi av planen i vognen i front på grunn av ikke tett tak. Da havnet vi to uker etter. Elektrikeren var febrilsk fordi han var i flytsonen. Der er det topp stemning og alle er glade og positive. Det går bra med forsinkelsen, det er bare snakk om 10 arbeidsdager, vi må ha is i magen. Kulen, det ordner seg. Det er 10 mann på lørdagen så er vi der. Så jeg spurte snekkerne på lørdag om det var noen som ble med på lørdag om noe skjærer seg. 13 mann meldte seg. De skjønnte at om de jobbet på lørdagen så er vi tilbake på planen. Da kan vi fortsette å smile og være glad.

(...) Du kan få en takt på befaling også. Porscheprinsippet er litt mer sånn nazi, men det går ikke.

- *Det fungerer ikke i Norge?*

Det fungerer ikke i byggebransjen fordi vi er nye folk hele tida. Det må tilpasses og da må man ha guruer som følger prinsippene uten å låse seg helt.

(...) med en taktplan kan man legge opp hele møtestrukturen helt til det er ferdig. Vi lager classifications for alle ukene. Siler ut informasjon og hva som skal tas opp i hvert møte i de ulike ukene. Rett på. Rett ut.





## Vedlegg 5 – Referat, Anleggsleder Trondheim

- *Hva er bakgrunnen din?*

Jeg er anleggsleder i Veidekke, jeg begynte i 2008 som Trainee, ferdig med det i 2010. Startet med et parkeringshus på Værnes. (...) Var deretter med på rusklinikken på Øya for Villa Service, videre var jeg på kunnskapscenteret på St. Olavs sammen med Sykehusbygg. Jeg var da utleid til Sykehusbygg som fremdriftsansvarlig. Og da var vi på Porschekurs og læret om taktplanlegging og det var det første prosjektet vi startet med taktplanlegging. For så over til et rekkehusprosjekt, kjørte da en lightversion av takt der.

- *Det var Horneberg?*

Ja, det var det. Videre opp på Moholt 50/50, et stort prosjekt til en halv milliard der vi kjørte taktplanlegging på innredningsarbeidet på tårnene. Så over på Levanger, på psykiatrien der. Ble trukket ut derfra fordi en sluttet her, så jeg måtte ned hit og dermed havnet jeg nede her på spektrum, nye Nidarøhallen. Av utdanning har jeg en bachelorgrad fra HiST, mekanikker før den tid.

- *Vi kan sette i gang med møtestrukturen. Hvordan er møtestrukturen før og underveis i produksjonen i forbindelse med takt?*

Vi kjører vanligvis den vanlige IP-strukturen til Veidekke. Vi har i alle prosjekter valgt å opprettholde disse møtene. Det vi ser med takt, de områdene som kjøres i takt er så godt planlagt i forkant at vi korter ned møtetiden i disse møtene. Vi ser likevel et behov for å ha disse møtene for å gjøre eventuelle avklaringer. Også informasjonsflyten opp mot andre ting som skjer.

- *Så dere kombinerer IP og taktplanlegging?*

Ja i høyeste grad! Vi prøver ved prosjekter ved store varierte prosjekter, der det er forskjell på områder, så tar vi ofte en statusrunde minst en gang i uken i tillegg til den IP-strukturen. For å sjekke at vi er på planen. For eksempel et møte på onsdagsmorgenen. Er vi på plan? Kommer vi til å bli ferdig i henhold til planlagt? Hvilke utfordringer har vi? Hvordan kan vi løse de? Slik at vi får et tidlig varsel om at noe er på gang slik at vi kan få gjort tiltak før det er for seint.

- *Blir dette gjennomført i alle prosjekter?*

Det varierer. Det er avhengig av prosjekttypen. På Moholt var det for eksempel ikke noe behov for det. Det var helt like områder som vi kjørt gjennom og hadde fokus på de første vognene, og etter det så slapp vi og det gikk av seg selv. I Levanger hadde jeg runden selv, det var et veldig lite prosjekt men veldig varierende, så mens jeg var der så gikk jeg en runde i uken og tok statusen selv for å se hvordan vi lå an. Ikke noe spesielt møte der, men jeg fikk den samme inputen på en annen måte for å se hvordan vi lå an. (...) Her (Nye Nidarøhallen) er det basene som er ut og tar opp status og sjekker tre uker frem i tid hvordan det ligger an.

- *Hvordan mener du at møtestrukturen ideelt skulle vært for et taktprosjekt?*

Du får aldri tatt alt inn i takten. Man er uansett ansvarlig for god informasjonsflyt. Jeg er veldig fornøyd med IP- strukturen vi har. Den sikrer informasjon begge veier. I hovedsak nedenfra og opp. Utfordringer fra lag- eller basemøtene blir tatt opp på driftsmøtet som igjen kan ta det videre mot byggherre eller prosjektering. I tillegg er man avhengig av prosjektet, hvis du har

kompliserte prosjekter, store variasjoner i områder, typer og innhold i rommene, så kreves det mer oppfølging av prosjektet og status. Ved bygging av for eksempel sykehus kan det være nødvendig å ha statusmøter 3-5 ganger i uken.

- *Men på for eksempel Moholt?*

Moholt Studentby trenger ikke status. Det holder med basrunden.

- *(...) Hvordan settes takttiden i dag?*

Da må jeg snakke for meg selv, og jeg pleier alltid å ta utgangspunkt i 5 dager. Da har du en uke, hvis du treffer på den så er det mest gunstig fordi da får du helga som buffer. Du ser avvik og kan gjøre tiltak. Setter du lavere takt så bygger du fortere men da med høyere bemanning. Det er litt prosjektavhengig, men jeg tar alltid utgangspunkt i 5 dager så planlegger vi bemanning ut ifra dette. Og ser vi at vi konstant er én mann i områdene og at vi har veldig god tid så kan vi se på hvordan vi kan komprimere. Restyre takten ut ifra hva som er optimalt for timeverk og bemanning.

- *Hvem er med å sette takten?*

Takten settes i samarbeid med baser og saksbehandlere. Jeg starter gjerne opp med å bygge opp et fora for det, og da tar jeg med, i hvert fall på innredning, basene fra tømmer, de tre tekniske fagene, og helst maleren. På Kontorbygg ville jeg også hatt med systemveggleverandøren. Da settes basene i senter, det er de som skal planlegge så skal saksbehandlerne være rådgivere. Støttefunksjoner, fordi basene skal utføre det og basene vet hvordan de ønsker å gjøre. På et tidlig tidspunkt så er det saksbehandleren som virkelig kjenner bygget. Og derfor må de jobbe tett sammen men det er basene som sitter i senter og diskuterer og løser ting. (...) Jeg (som anleggsleder, red.anm.) blir mer som en fasilitator, jeg tilrettelegger for at workshopen flyter.

- *Vet du hvordan andre anleggsledere løser det å sette takten?*

I Oslo er det mer ovenfra og ned, ikke like stor involvering. Det henger nok sammen med at vi har jobbet lengre med IP i Trondheim enn i Oslo.

- *Så det er IP-delen som skiller dere?*

Ja, det er det som gjør at vi har den store medarbeiderinvolveringa i Trondheim er på grunn av IP. IP er i utgangspunktet veldig nært Last Planner men med mer fokus på hver enkelt fagarbeider istedenfor på bas.

- *Er det alltid like lett å få alle parter med på takt?*

Nei, på ingen måte. Det er veldig firmaavhengig. Firma som jobber mye mot Lean er veldig på å ta tak. Firma som ikke jobber med det er ikke så på. Et godt eksempel er prosjektet på Levanger. De er ikke like vant til Lean-tankegangen i Nord-Trøndelag og i distriktene. Der slet jeg tungt med å få de i gang. Det endte opp med at jeg tok med en erfaren tømmerbas fra Trondheim for å bistå i å få i gang. Han satt sammen tømmer som der var en ekstern aktør. Han bidro med å diskutere med de og få de i gang slik at man hadde et fag som virkelig dro lasset. Da fikk man med de andre fagene. For det er ofte tømmerlaget vårt som drar planleggingstankegangen og får med de andre lagene. I starten, uten den erfarne tømmerbasen,

ble alle sammen sittende å se på meg og spørre meg, og jeg vil ikke at jeg skal være med å planlegge, jeg vil at de skal gjøre det selv. Det samme startet jeg med her, jeg hadde eget tømmerlag men da gikk jeg hele tiden ut slik at jeg ikke hadde kontinuitet i rommet og at de da ikke kunne støtte seg på meg fordi jeg hele tiden var borte. Da må de sitte og planlegge.

- *Hva er innvendingen mot å gjennomføre takt?*

Det er stort sett mangel på kunnskap. At det ikke vet hva det går ut på. De fleste, når du forklarer at dette vil bli mer effektivt, at du kan jobbe kjappere og tjene mer penger, så er gir de fleste tommel opp på det. Men også det at systemet oppleves som rigid, det at man har satt av område, man har den gitte tida, du mister fleksibiliteten som mange er vant til. Men den fleksibiliteten er fiktiv fordi den har alltid en konsekvens. Det er kanskje et annet fag som må ta konsekvensen. Denne fleksibiliteten koster alltid noe for noen. På den måten er det en fiktiv fleksibilitet som på mange måter ikke eksisterer i en vanlig plan heller. Du kan ikke ta tre dager ekstra uten at det påvirker prosjektet. Du har ikke tre dager ekstra før sluttfristen i et vanlig prosjekt. Så du planlegger mye dårligere og du tar ting mye mer som det kommer. Det er en høy risiko å ta.

- *Hvordan kontrolleres takten?*

Kunnskapssenteret var veldig på når det kom til det som var taktkontroll. Det ble opplevd veldig negativ fordi vi sleit med prosjektet. Vi fikk det ikke til. Vi satte tavla (takttavle, red.anm) opp og markerte fremdriften i hvert fag i farger; gul, grønn eller rød. Der det er grønt er alt ok, der det er gult begynner man å slite, og der det er rødt så holder det på å skjære seg skikkelig. Når man konstant gikk og brukte den røde tusjen så hadde det en demotiverende effekt på de som sto ute og jobbet. De ble dritlei rett og slett.

(...) På Levanger gikk jeg ut og fikk snakke med folk og diskutert litt med guttene ute, og jeg syns det var veldig god effekt det å få input fra hvordan de opplevde arbeidsdagen også. Da er det jeg som møter alle sammen. I taktmøter så er det basene som møtes samla. Da kan de sitte sammen og diskuterer og løse problemstillinger på tvers. I utgangspunktet er det en funksjonærsom leder en taktkontroll, men det er baser som gjennomfører den. At de diskuterer sammen og løser ting sammen. Men det må dokumenteres. Hvis du kjører en taktkontroll så må du dokumentere den så du får tatt med den inn i forhold til hva man gjør for å komme inne på planen. Hva er konsekvensene. Da er det bra å ha det plottet inn i en fremdriftsplan eller taktplan slik at man kan se konsekvenser av forsinkelser.

- *Hvordan tenker dere når dere deler inn i kontrollområder?*

Det er veldig byggavhengig. Moholt med 40 like etasjer, da gjorde jeg det enkelt og sa at vi skulle ta en etasje i uken. I Syl der satte jeg de til å begynne å forhandle om det, men da så jeg at det var for lite forkunnskap om takt og at det skal være lik arbeidsmengde hver uke. Der tok de kontorer på en uke, korridorer en annen og de ville da fått totalt trøbbel fordi arbeidsmengden ville gå mye opp og ned for hvert fag. Da måtte jeg ta en ny runde for å forklare og bistå selv inn i planleggingen. Her (Nye Nidarøhallen) fikk jeg mer tid til inndelinga. Da tok jeg en runde med alle fagene på hvordan de skulle planlegge, hvordan de skulle tenke i dybden, hvordan det skal fungere i hodet. Og så satte jeg de til sides etterpå, både bas og saksbehandler for å sitte ned å planlegge områdene for hvordan det er optimalt for hvert fag. Og så satte basene seg sammen og begynte å se på hva som er differansen mellom det de har tegnet. Det var ikke så mye men så begynte jeg å vise hvorfor de tenker som de gjør og hvorfor de vil ha det slik.

- *Hva legger du vekt på når du deler inn i kontrollområder?*

Arbeidsmengde. Du ønsker å få jevn bemanning og du ønsker å få like mye arbeid hver uke. Det mange gjør feil er at de begynner å se på tegningene og så deler de inn i like store areal. Men arealene kan ha like stor forskjell i utførelse. Og derfor må man passe på å få jevn mengde med alle typer rom i hvert område slik at du får arbeidsmengden til alle de ulike fagene mest mulig lik.

(...) Når de setter seg ned for å diskutere områder så skal de dele områdene inn i hva de får til på ei uke med optimal bemanning. Hvis alle deler inn i en uke så ser du hva som er optimalt kontrollområde for de ulike fagene.

- *Hvordan er forskjellen på inndelingen av kontrollområder fra Kunnskapssenteret på St. Olavs til Nye Nidarøhallen?*

St. Olavs ble delt inn i mange tog med fokus på type område. Også der ble arbeidsmengde vurdert, men det var type område som var veldig i fokus. Vi kunne ikke kjøre labene med kontorene, det er jeg uenig i nå. Porsche deler inn i forskjellige områder, så kjører de ulike tog gjennom disse områdene.

- *Kan det være gunstig i enkelte tilfeller å ha flere tog?*

Flere tog er ofte mye trøbbel å passe på i forhold til samtidigheten av togene. De vil treffe med hverandre. Plutselig har du tre områder som har tunge aktiviteter samtidig slik at du får en veldig høy bemanning. Du kan også være nødt til å kjøre parallellbemanning fordi man ikke greier å ta prosjektet på den byggetiden man har. Du får mye høyere bemanning da ved å ha flere tog. Det beste er å klare å få til et tog som går gjennom hvis det er mulig. Da har du best kontroll også.

- *Hvilke type buffere er det dere bruker i taktplanlegging i dag?*

Fasader brukes ofte som bufferområder i dag. Også tekniske rom er ofte buffere for tekniske fag, men disse har alltid bemanning fordi de har mye arbeid, men det gir muligheten til å gi og ta en mann imellom områdene vi jobber i. Ellers er områder som inngangsparti der det går store logestikkårer gjennom, for da har du ofte trøbbel med å få den gode taktbiten. Hvis alt skal inn i en heis, eller at heisen skal bygges, eller at det skal lagres varer for heisbygging, så vil dette ta beslag på et område, gjerne i et inngangsparti, og da blir det vanskelig å ta med i taktplanen. På Syl hadde jeg litt mer fleksible områder. Det jeg gjorde var å dele inn i byggeretning i hvert område, slik at på torsdag var det lov å starte på neste område for da skal toget foran være ferdig med første del av området. Da fikk du en buffer slik at du kunne sette folkene på neste ukes område hvis du lå foran skjema. Dette var bare for ei uke, men hvis du da oppdaget at du jobbet for fort å kunne du starte på neste område, men da måtte du passe på å justere ned bemanningen til neste uke. Da hadde du en buffer for å justere bemanningen. Det tror jeg er en smart måte å tenke, at du får muligheten til å starte på neste område men du må være obs på at du bare har den bufferen en gang, du må tilbake på vanlig områdetakt, hvis ikke mister du den buffermuligheten til å starte på neste.

- *Hvem er med å bestemme disse bufferne? Er det noe man blir enig om sammen, for eksempel at disse områdene er utenfor takten, eller er det noe du selv bestemmer på forhånd?*

Nei, det er gjerne de områdene vi har valgt å ikke planlegge i takt. På Moholt var kjellere og førte etasje buffere. Det ville jeg selv ha i takt, men basene ville ha det som buffer. Så skal det sies at de angret etterpå, men de fikk det som de ville.

(...) Tekniske rom kjøres aldri i takt, de er så enfaglig. Du må kjøre takt på ting som er flerfaglig. Hvis et fag skal jobbe på et område i to måneder så vil vi ikke bry oss om å tenke takt på det.

- *Du sier dere bruker mye bemanning som buffer. Hvordan ser du på det å bruke tidsbuffer som for eksempel overtid og helgearbeid?*

Vi har heldigvis sluppet å bruke så mye helgearbeid. På kunnskapscenteret så prøvde vi å bruke helg, det er jo en kriseløsning egentlig. Da er du bakpå så det syng etter. Det er ikke ønskelig at folk skal bruke fritiden sin på det og det er ikke ønskelig at folk skal jobbe overtid. Og det er i hvert fall ikke ønskelig at de skal ofre helger for å få gjort jobben. Det er jo en mulighet, det er jo en sikkerhet kan du si, men du ønsker ikke å tenke på det som en buffer. Så buffer blir nok arbeidskapasitet opp imot andre områder. Da også slik at du kan være foran bufferområdet slik at du har muligheten til å ta folk ut. Som jeg snakket om tidligere så er det viktig å ha en plass å sende folk om man er ferdig før tiden, men også ved sykdom så kan folk komme inn i toget. Da gjelder det å ha områder som ikke er kritisk og heller ikke planlagt inn i takt. Men du er nødt til å ha god kontroll på de også i forhold til fremdrift. Passe på at de ikke havner på kritisk linje for da krever de folk istedenfor å kunne gi fra seg folk.

- *(...) I forhold til bemanning så prøver du altså å være overbemannet i begynnelsen?*

Starter alltid men én mann ekstra på hver vogn slik at vi kan kjøre oss inn utover i prosjektet. Da får vi erfaringstall veldig fort. Hvor lang tid bruker vi på så og så mye og får dermed en pekepinn på hvor mye folk vi trenger fremover og kan da nedbemanne etterpå. Enten til andre deler av prosjektet eller neste vogn.

- *Er måten dere gjør det med buffere den ideell eller ser du forbedringspotensial?*

Nei, den ideelle måten er å planlegge så godt at man slipper buffere. Buffere er jo for gjerne dårlige planlagte områder, de følger ikke en kritisk fremdriftsplan og blir derfor kostnadsdrivende. I forbindelse med Moholt så sa jeg at jeg ofrer 10% av prosjektet til å gå dårlig for å sikre at 90% skal gå bra. For 90% av innretningsområder var taktplanlagt, 10% var ikke det. Og da er det så lett at vi vet at første etasjene går dårlig fordi vi planlegger at de skal gå dårlig for å kunne plukke av på folk. Det ble dermed ikke drevet rasjonelt men på denne måten klarer vi å sikre at 90% går godt. Da var alle fagene enig om at det var riktig måte å gjøre det på. Det krever at du har et potensiale fremdeles i bufferområdene for å gjøre de bedre og derfor ville jeg ha de inn i takt. Men for å planlegge så godt at man slipper å ha den bufferbiten og at du slipper å ha områder som går dårlig for å sikre at det andre går bra.

- *Hva må til for å få til en slik planlegging?*

Det handler om å være nok på. For du klarer aldri å planlegge alt. Det kommer alltid uforutsette ting. Det kan være en leveranse som kommer seint, det kan være en bil som kjører av veien. Da må du være så på at du hele tiden kan være kjapp til å replanlegge når slike ting skjer slik at du kan legge en ny plan for å komme raskt tilbake på planen. Du må være 100% på taktplanleggingen og det er det som gjør den så krevende i forhold til vanlig planlegging der du gjerne sklir et par dager så tar man igjen det på en aktivitet langt fremme i prosjektet. Med taktplanleggingen må du være veldig på til enhver tid, men klarer du det så har du en

kjempefordel i forhold til økonomi, fremdrift og det meste. Du bygger fortere. Du bygger mer rasjonelt. Du sparer penger og du bygger tryggere fordi det er enfagelig. Så du sparer også HMS og øker kvalitet.

- *Avslutningsvis; er det noe du mener jeg bør legge vekt på ut ifra dette intervjuet?*

Det må vær hva som er viktig for å få takten til å fungere. Hva må man tenke på der? Og det er det jeg nevner, og det er det som gjør taktplanlegging vanskelig. Det er det å hele tiden være så på og se framover. Og det er derfor IP er veldig fin fordi da har du forskjellige personer som ser i forskjellige vinduer. De passer på ting som skjer lengre frem og du får gjort tiltak før krisen oppstår. Hvis du ser hvor du får problem før det oppstår så kan man fjerne det i forkant. Det gjelder all annen produksjon også, men det er mer kritisk for taktplanlegging. Det er mer krevende å få til, og det er vanskeligere og jo mer komplisert prosjektet er. Et sykehus som er veldig varierende med mye installasjoner og spesielle ting, kontra studentboliger. Studentboligene er lett. Det er veldig lett å få til og man får en god flyt på det, men du har mindre å hente på det fordi de er lette å bygge uansett. Sykehuset er vanskelig uansett. Det er grensesnittene som takt håndterer så bra ved at du får enfagligheten, du detaljplanlegger tidlig, du får ingen overraskelser i planleggingen underveis. Du har gått såpass i dybden at du ikke får uforutsette hendelser i forhold til bygget. Slike ting slipper du og risikoen for å bygge feil blir mindre. Det er grensesnittene du håndterer og det er der du kan hente mest, men det krever veldig mye i forhold til det du skal gjøre og det du må passe på.

## Vedlegg 6 – Referat, Anleggsleder Oslo

- *Hva er din bakgrunn?*

Jeg er utdannet bergingeniør i Oslo. Jeg har jobbet 7 år som landmåler, stort sett på boligprosjekter. Så kom jeg inn i Veidekkesystemet for omtrent 6 år siden, med et boligprosjekt på Rjukan. Det var et stort prosjekt som kombinerte bolig og næring. Så var jeg på Sørenga tre år etter det på et boligprosjekt med noe næring. Så satt jeg igjen der til sist og hadde en del jobb med kundeoppfølging for Veidekke Eiendom som var byggherre. Så satt jeg nesten ett år som anleggsleder for et prosjekt for Studentsamskipnaden i Oslo. Det ble stoppet av noen støtteordninger som frafalt. Etter det kom jeg inn på Ulven prosjektet og har sittet i det i et drøyt år.

- *Hvordan er møtestrukturen før og underveis i produksjonen i forbindelse med takt?*

Det gøyale er at jeg aldri har gjennomført et prosjekt med takt på den måten jeg ser på takt. Jeg har jobbet på prosjekter i Oslo der vi har hatt driftsledere på tømmer slik som Tore Sunde (driftsleder i Veidekke Oslo, ref.ann), som var på samlinga vi var på (Taktseminar med Veidekke 5. november, ref.ann). Der er det en takt-/syklusdrift der man deler inn i soner og jobber seg gjennom på samme måte som takt. (...) Driftsmøtet i Veidekke har ofte blitt for stort fordi man har en tidshorisont som blir for lang. Det handler om det som skjer i dag og det handler om det som skjer 5 til 8 uker frem i tid. Møte blir ofte langt og ender opp i små interne diskusjoner hvor man begynner å løse problemer man har i dag. Møtet blir slik fordi man ikke jobber skikkelig i takt. Jeg tror at når man snakker om takt så kan man ikke komme utenom IP i samme åndedrag. IP-malen vi har i Veidekke er veldig tydelig på hvordan møtestrukturen skal være. Så jeg mener at den må kunne tilpasses til størrelser på prosjekter. Man skal ha et driftsmøte hvor man skal diskutere 5 til 8 uker frem i tid og ikke det som skjer i dag. Det skal diskuteres om man har tegninger, mannskap, nødvendig materialer og hva vi skal bygge. Slike ting skal være avdekket i god tid. Så skal hvert punkt i fremdriftsplanen friskmeldes og sendes videre til neste møte der basene sitter og diskuterer saker som ligger 2 til 4 uker frem i tid. Der skal det diskuteres oppgaver som er friskmeldt fra driftsmøtet. Deretter sendes det ned til et lagsmøte for hvert enkelt lag. Der diskuteres hva som skal gjøres denne uken. Jeg tror med selvfungerende takt så vil driftsmøtet som jeg beskrev det nå, være ett møte i uken med tidshorisont på 5 til 8 uker. Basmøtet vil kuttes ned til annenhver uke og lagsmøtene vil kuttes ned til å etterhvert bare handle om folk har det bra på jobb. Det blir mer for å snakke med gutta om hvordan det går enn hvordan driften er fordi, slik som på Ulven, det er så repetitivt at det ikke er interessant å spørre folk hva de kan gjøre neste uke. De skal bare gjøre ferdig de neste 5 leilighetene i planen. Jeg tror møtestrukturen kan forenkles en del hvis man får til en velfungerende takt.

- *Så du kommer til å legge opp til vanlig IP-struktur i begynnelsen og så lette opp etter hvert?*

Ja, man legger opp til den møtestrukturen som er beskrevet på IP og så kutter man ned på antall møter etter hvert.

- *Hvordan tenker du når du skal sette takttiden?*

Det vi har hatt som fokus er å få med de riktige menneskene. Vi som sitter og styrer nå skal bare lage rammeverket rundt. Vi har noen milepæler som vi må nå og de har vi definert ganske

tidlig. Hvor vi har oppstart og overlevering. Det er på en måte skallet, det er tiden vi har å bygge. Det blir styrende milepæler og så må vi bryte ned i mindre milepæler som vi må forholde oss til for å nå den fristen vi har. Allerede nå har vi begynt å ha planleggingsmøter med underentreprenører på grunn. Da setter vi oss ned og jobber oss gjennom prosessen. Vi går gjennom hva som skal gjøres i denne prosessen og hvordan vi kan løse det best for alle. Så når vi begynner så står ingen og klager på at vi står i veien. Så vi prøver å dytte ansvaret av planlegginga ned på det nivået slik at de ikke kan stå og skylle på oss men faktisk har vært med å lage den planen selv. Dette høres kanskje litt flåsete ut, men det jeg mener er at håndverkerne er de om bør ha ansvaret for planleggingen og som ønsker å ha det.

- *Hvordan tenker du å kontrollere takten underveis?*

For innredningsfasen som kanskje har flest vogner på toget og er lettest å kontrollere. Det å kontrollere er jo enkelt, det er bare å se om de riktige vognene er i de riktige sonene når de skal. Så ukesjekk er veldig enkelt. Så snakket vi litt om den midtsjekken på samlingen (taktseminar, ref.anm.), og det tror jeg kan være fornuftig. Det at alle melder om hvordan status er på onsdag klokken 12. Da er du halvveis i syklusen og bør være omtrent halvveis i jobben. Det er det som er planen (for Ulven, ref.anm.) i hvert fall, vi har jo aldri kjørt et slikt taktprosjekt i Oslo før.

- *Det har ikke vært «skikkelige» taktprosjekt i Oslo før?*

Nei, det som ble konkludert på det seminaret er at vi gjør det ganske likt. Så vi har hatt mange taktprosjekt i Oslo hvis man ser det sånn. Jeg tror at den riktige måten å gjøre det på er måten det ble gjort på Moholt. Og da kan vi si at vi ikke har hatt taktprosjekt i Oslo. Det er den formen jeg har lyst til å få til på Ulven. En knallhard linje på at det er mandag til fredag som gjelder med overlevering på fredag. Og ikke drive å strekke det ut i 3 eller 7 dager, men at det er 5 dager og at man deler inn i soner ut ifra det.

- *Det viktigste er da å holde seg på planen?*

Ja, jeg tror det. Det sa vel tømmerformann etter å ha pratet med laget sitt at det som var bra var forutsigbarheten. Både i hva som skulle gjøres hver dag og det at man skulle være ferdig på fredag. De sa at de hadde en periode i mai med masse fri- og helligdager som forskjøv overleveringen fem ganger. Det hadde blitt kaos og det hadde rotet veldig til systemet til gutta. For de ble usikker på hvilken dag de skulle levere. Da mister du litt av den forutsigbarheten som jeg tror er kjempeviktig for de fleste.

- *Hva tenker du er den største forskjellen på det som gjøres med takt i Trondheim og Oslo?*

Hvis man ser på Moholt-prosjektet som Trondheim så tror jeg at den største forskjellen er at i Oslo har vi hatt et veldig personavhengig system. Det har vært noen veldig viktige folk som Tore Sunde (driftsleder i Veidekke Oslo) som igjen har med noen veldig dyktige baser og snekkere. Han har fått det til svært bra og levert flere av de beste resultatene vi har hatt i Veidekke Oslo. Mens det de fikk til på Moholt, selv om anleggsleder sa at de prosjektene han forlot hadde krasjet, så det er feil å si at de er helt systemavhengig, men jeg tror at metoden på Moholt er enklere, mer systembasert og ikke avhengig av enkeltindivider. Jeg tror også at hvis man skal lykkes med det i Oslo der det omsettes for svimlende summer hvert år og har mange prosjekter så kan ikke vår måte å drive fremdrift på være avhengig av nøkkelpersoner som kan systemet. Systemet må være enkelt å forstå og så må man ha nøkkelpersoner som brenner for



det. Det må være lettfattelig for alle. Om man har satt det til et tømmerfirma eller brukt egne. Om det er A-laget, B-laget eller C-laget så skal alle få det til. Det må ikke være slik at man må ha den basen som har det rette sertifikatet og som kan gjøre ting på kvelden. Jeg tror det er litt av forskjellen. Og så tror jeg vi i Oslo har vært litt styrt av de naturlige arealene enn det å regne på timeverk for hvordan arealene bør være. Vi tenker ofte at vi tar en oppgang i uken eller to etasjer per oppgang i uken fordi det er en fin «cut-off», men hvis man regner på den ideelle timeverksfordelingen så har man kanskje sett at det var én og en halv oppgang i uken som var mer ideelt. Der traff de godt på Moholt der de hadde én etasje per uke. Hadde Moholt hatt en større grunnflate hadde de kanskje ikke kunne gjort én etasje i uken. Litt av forskjellen er at i et lite bygg tar man én etasje i uken og har man stort bygg så tar man to uker på én etasje. Så har man kjørt to ukers sykluser på den etasjen og så har man startet med én ukers mellomrom. Det vil si at man ikke har hatt noen reel «sone cut-off», sonen har vært hele etasjen. Og det vil si, når parkett har jobba ei uke i plan to, så kommer kjøkkenet også i plan to. Men det har aldri blitt definert noe overleving av noe område mellom de to fagene. De er da i prinsippet i samme sone og jobber. Og da må man hele tiden ut og passe på at de har kommet langt nok. Vi har kanskje bestilt kjøkkenet i to deler, men vi har ikke formidlet det godt nok til parkett og da har man slike mulige misforståelser og problemområder. I stedet kunne man delt etasjen i to og sagt at de skulle være ferdig med hver sin del til en bestemt tid med påfølgende overleving til neste fag. Vi har ikke «rigidisert» så mye som vi bør i Oslo. Det er enkle ting og derfor kommer man frem til at man har gjort det samme. Men på Moholt har man vært enda tydeligere på en struktur.

- (...) *Hvordan tenker du når du deler inn i kontrollområder?*

Tanken min har vært litt preget av Oslo-metoden, at man har tenkt hva som er fornuftig. Men når man setter seg ned og ser på grunn så ser vi rett og slett på meter. Hvor mange meter kalkpæler bores hver dag. Finner erfaringstall på hvor mye som bores hver dag, hvor mange man er og hvor stort areal dette tilsvarer. Så trekkes det fra en buffer og så sier vi at det er første sone. I grunnarbeid er det ikke sikkert vi kjører 5-dagerssykluser ettersom at det er så få vogner i toget. Tanken hele veien å finne ut hvor lang tid hvert fag bruker på hver leilighet og ut ifra det sette sammen et taktområde og bemanning som best mulig passer inn i helhetsbildet. Vi må sette oss ned å beregne timeverk for å få det bra nok.

- *Er det du som setter kontrollområdene?*

Nei, det gjør vi sammen. Jeg ser for meg å ha en samling med baser fra alle fag som skal ha drift sammen. Type tømmer, parkett, kjøkken, rørlegger, elektriker, ventilasjon, maler, lås og beslag. På forhånd må alle kalkulere antall timeverk hver dag for hver leilighet og dele opp i forskjellige deler. For eksempel kan elektriker inn i leiligheten i to omganger så han må splitte arbeidet inn i to deler. Så setter vi oss sammen og da er det basene som skal bestemme størrelsen på de områdene ut ifra de timeverkene de har kalkulert. Min rolle i det blir da å veilede, og kanskje si til parkettleggeren at hvis han er den eneste som sier at han ikke greier seks leiligheter på en uke så må han kanskje bemanne opp med én mann til. (...) En av de viktigste ideene bak denne måten å tenke på er at det er de utførende selv som står for planleggingen. Det betyr også at de ikke kan komme til meg i ettertid og klage på at fremdriftsplanen ikke er mulig å følge. De har laget planen selv og signert den selv. Da har man eierskap og ansvar for å levere på tid. Det er tanken.

- (...) *Hvordan tenker du når du setter opp buffere?*

Hvis begynner med 5-dagersen så er det fine med den at man alltid har cut-offen på en fredag, slik at man eventuelt har en lørdag og søndag å hente seg inn. (...) Hvis det ikke er mulig å hente inn i løpet av helgen så er det som regel slik at alle starter i samme ende av sonen og jobbe seg igjennom. Det vil da si at hvis en vogn ikke er ferdig til fredag så er det i den siste leiligheten i sonen. Og de som kommer på mandag har mest sannsynlig arbeid i første leiligheten i sonen. Slik at man med stor sannsynlighet også har en buffer på plass. Med en 5-dagerssyklus så blir sonen så stor at man ikke kan arbeide overalt til enhver tid. Det er jo et av argumentene mot så store soner at man ikke prosentvis har så store deler av bygget i produksjon. For er det parkettleggere for eksempel som jobber i 5 leiligheter, så jobbes det kun i én leilighet av gangen, altså 20% av området. Hvis man bryter det enda mere ned så kan man si at man bare jobber i et område av leiligheten om gangen slik at prosenten blir enda mindre. Motargumentet er altså at du jobber i en liten del av bygget, men samtidig så har du en plassbuffer i enden eller starten av sonen. Det er også mulig om man ligger foran skjema å starte på neste sone uken før. Du gjør ikke det for å forsere. Det vil du aldri kunne gjøre fordi du skal levere neste fredag. En vogn kan ikke gå fortere enn de andre. Men de kan velge å jobbe onsdagen et annet sted om de ligger foran og på den måten tjene mer penger.

- *Avslutningsvis, er det noe du skulle ønske jeg spurte mer om eller noe du vil jeg skal vektlegge av det du har sagt?*

Nå holder vi på å skrive en veileder for taktplanlegging i Veidekke og det som er viktig for meg er at den blir enkel nok og det tror jeg blir viktig for deg også å formidle at vi ikke må tro at dette er oppskriften gjelder for alle. Det er en generell oppskrift som må kunne tilpasses med tanke på antall møter, størrelse på soner og så videre. Takt for meg begynner å bli mer og mer et styrende prinsipp for hvordan man skal planlegge, ikke nødvendigvis en detaljert oppskrift for hvordan man skal gjøre det. Blir veilederen for detaljert så vil de aldri bli brukt i de andre prosjektene i Norge. Klarer vi å lage den god og rund med klare hovedprinsipper, samt at vi klarer å vise fleksibiliteten og at hvis man følger det så vil man med stor sannsynlighet få en bedre drift så tror jeg vi kan lykkes god. (...) Det handler om å fortelle at dette er en kombinasjon av det vi allerede gjør veldig bra, men kanskje med noe som er lurere, kanskje noe de gjør ute fra før, men at man lager det litt i prinsipp. Enkle lettfattelige prinsipper, det tror jeg er viktig.

## Vedlegg 7 – Referat Anleggsleder Oslo

- *Hva er din bakgrunn i Veidekke?*

Jeg har vært ansatt i Veidekke i syv og et halvt år og har stort sett den tiden vært forsknings- og utviklingssjef der jeg hadde ansvaret for forskningen og utviklingsarbeidet som har foregått i virksomheten. Det hadde jeg inntil for et drøyt år siden og da valgte jeg å gå ut av den rollen og få en mer operativ rolle ute i prosjekt. Jeg prøver å bidra på alle måter jeg kan i forhold til produktplanlegging. Jeg serverer, analyserer og beskriver alt det jeg ser ute i prosjektet. Det blir på en måte litt forskning, utvikling og praktisk arbeid som det kommer, men nå er jeg ute i prosjekt.

- *Hvilket prosjekt er det?*

Det er et større boligprosjekt i syv trinn for OBOS. Nå er vi godt inne i andre byggetrinn og er snart ferdig med første.

- *Hvordan er møtestrukturen før og underveis i forbindelse med takt?*

Her i Oslo med de boligprosjektene vi har så har vi dyrket en taktplan. Den avhenger for det første av hvilken fase i byggeprosjektet man er i. Er man i råbyggfasen og driver med plasstøyping så er det veldig detaljert taktplan fra dag til dag for hvordan man gjennomfører råbyggfasen. Det gir seg neste selv hvorfor. Du skal ha betongbiler inn, du skal sette opp forskaling, du skal plattendekke mellom etasjene og i tillegg påstøp. Det krever en veldig detaljert planlegging og alt må treffe på logistikken noe som er utrolig viktig. Så på råbygget er det nest gitt at en taktplan går fra dag til dag. Vi kaller det en syklusplan her da (Oslo, ref.ann), men det er i prinsippet det samme. Så kommer innredningsfasen. Der er taktplaner mest brukt og omtalt i bygg og anlegg. Det som er med innredningsfasen er at det er veldig mange aktiviteter, grupper med aktiviteter og fag som er inne og utfører oppgaver og dette må koordineres. Samtidig er det slik at i boligproduksjon, akkurat som når du bygger hybler, så er det høy grad av repetisjon mellom leilighetene. Det gir grunn for å bruke takt. Det er fornuftig å gjøre det. Vi bruker en taktplan på innredning som vi har brukt på tidligere prosjekter i Oslo som vi har brukt mye tid på å dyrke frem. Det endrer vi ikke så mye på egentlig. Det viktige i grunn er at i de fleste boligprosjektene i Oslo så har vi en del egne folk på tømmer og de styrer på en måte takten ut i fra det. De er veldig drillert på det de skal gjøre og de har jobbet sammen på tvers av prosjekter over lang tid. Det er brukt lang tid på å trene opp folk. Så planen er en ting, men det er vel så viktig å trene opp folkene. Det er de flinke på her. Da bruker de ikke mye tid på å planlegg hva som skal skje neste uke, de fleste vet hva som skal skje neste uke. De er viktig her å bruke mye av de samme UEene på tvers av prosjekter. Det er ikke akkurat de samme hver gang, men de fleste vi bruker har vi hatt med i boligprosjekter tidligere sammen med oss. Elektrikere, rørlegger og ventilasjonsfolk. De kjenner taktplanen godt og vet hva det innebærer. Da styrer vi møtestrukturen. Vi har ikke like mange møter som det er oppe i Trondheim for eksempel av ulike grunner. Man er ikke så detaljert. Det har sine fordeler og ulemper vil jeg si.

- *Hvilke fordeler og ulemper tenker du på da?*

En fordel er at man har brukt tid på å dyrke frem denne planen og er bevist på å bruke de samme folkene på tvers av prosjekter slik at de blir samkjørte. Det gjør det overflødig med den typer møter som man ellers ville ha. Ulempen er at man kanskje ikke alltid er like

systematisk på ting som oppstår underveis, som man løser, men som kanskje tar lengre tid å lære av ettersom at man ikke hyppig går inn og sjekker status og legger plan for videre arbeid. Det er det som faller utenom når man ikke har ukentlig møter som gjør opp status på uken og legger en plan for neste uke. Jeg mener det er ideelt med ett statusmøte i uken.

- *Du er med på å utvikle en intern veileder for taktplanlegging i Veidekke, hvordan knyttes en slik opp til møtestruktur?*

Da er det viktig å beskrive alle disse tingene. Litt av utfordringen er at det finnes ulike måter å gjøre dette på. Det viktigste er at det tilpasses prosjektet. Taktplan på boliger er en ting mens taktplan på hybler er noe litt annet. En kan også tenke taktplanlegging i kontorbygg også da det er stor grad av repetisjon også der. Samtidig er det veldig annerledes med leietakere som kommer sent inn med ønske om endringer. Det viktigste er at man tenker på hvilken type produksjon er det man skal ha og se om taktplanlegging egner seg til det. (...)

- *Hvordan settes takten i dag i dine prosjekter?*

For innredningen settes den ut i fra bemanning og hvor lang tid hver aktivitet tar. Dette kommer ut fra erfaring. Så setter man ikke takten for hver leilighet, men for hver etasje. For større boligprosjekter kan man også dele inn etter trappeopp ganger. (...) For eksempel 6 dager på leilighetene i 5. etasje. Det er det et gitt antall dager som de skal gjøre seg ferdig på. Det som er viktig i forhold til det er slik man tenker i taktplanlegging, det skal være kun ett fag inne i området om gangen uten forstyrrelser av andre fag.

- *Så det brukes ikke «uketakter» slik det gjøres i Trondheim?*

Nei, det gjør det ikke. Og det er også en annen ting jeg ville prøvd å få til mer her, fordi da får man en avskjæring hver uke og det er selvfølgelig veldig heldig. For å få til dette må vi tenke hvordan vi får til den planen? Må vi ha flere folk, må vi ha færre folk? Ideelt sett så bør man ha en ukedagsavskjæring, det er mange grunner for det.

- *Hvilke grunner tenker du på da?*

Med en avskjæring hver uke så har du en takt som passer bedre med møtestrukturen som jeg pratet om tidligere. Med tydelige avkjøringer som for eksempel én etasje per uke så er det tydelige og klare mål som er lette å følge. Slik uketakt har vi ikke her.

- *Hvordan går dere frem når dere skal dele inn i kontrollområder?*

Vi deler helst per etasje. Det er veldig fornuftige grunner til det. Da har man hele etasjen for seg selv, rigger opp arbeidsstasjonen og slipper at andre fag. Da er på en måte det kontrollområdet. I et boligprosjekt så gir deg seg litt selv hvordan det skal være. Det er litt avhengig av prosjektet, man kan for eksempel være nødt til å gå over to trappeopp ganger og da kan det være nødvendig å benytte balkongen for å komme i mellom to oppganger. Da kan man ta større områder. Fordelen med dette er at man har arbeidsstasjonen sin i samme etasje over lengre tid og slipper å flytte den. (...) Man må alltid tenke på flyten og hvordan man skal holde den best mulig. Hele greia med takt er å få god flyt.

- *Har du noen erfaring med å kjøre flere tog i et prosjekt?*

(...) Dette øker jo nødvendig bemanning på prosjektet og produksjonshastigheten. Det er alltid en vurdering å balansere arbeidskraft, fremdrift og økonomi. Du vil med flere tog få en høyere fremdrift. Du vil bygge fortere men du vil øke bemanning, noe som ikke alltid er ønskelig. Vi har mange boligprosjekter i Oslo og vi deler folk mellom prosjektene. Så om vi plutselig vil binde opp mange ekstra fagarbeidere så er ikke det så enkelt. En ting er fremdrift i det ene prosjektet, men det er også andre hensyn som spiller inn.

- *Er det ofte problemer med å få tak i nok folk?*

Ja, det er det. På listing for eksempel så har vi veldig flinke folk hos oss. De vi har her (Ulven, ref.ann) har gått sammen i 15 år og det er ganske vanskelig å matche de i kvalitet, fremdrift og produktivitet. (...)

- *Så dere benytter taktplanlegging også i betongarbeidet?*

Ja, absolutt. I betongarbeidet er de enda mer detaljerte enn i innredningsarbeidet. Det er som jeg nevnte tidligere av naturlige årsaker at det må være slik.

- *Hvilke typer buffere benytter dere for å håndtere avvik i taktplanlegging?*

Det er veldig mye i et prosjekt som ikke naturlig faller inn i takt som da fungerer som bufferarbeid. Det er for eksempel alt som foregår nede i garasjen. Bygging av boder, buringer, bygging av betongrør, teglarbeid og mye mer. Slike oppgavebuffere vi har. Spesielt betonglagene er flinke til å finne disse oppgavene. (...) Vi har også innleid mannskap som tar seg av slike bufferoppgaver. Alt fra snømåking til håndverksoppgaver, så vil våre egne arbeidere ikke gjøre så mye av disse bufferoppgavene.

- *Hvor mye legger dere til rette for buffere i prosjektene deres?*

Jeg nevnte oppgavebuffere men det er også viktig å ha tidsbuffere. Fordi det vil alltid skje feil. Det er alltid uforutsette ting som dukker opp, så hvis det legges en veldig stram plan så vil du gå på trynet stort sett. Spørsmålet er hvor mye tidsbuffer skal du regne med før det begynner å bli slakt? Det er en balansegang. Da er det viktig å ha en plan som man har testet i mange prosjekter, du veit etter hvert hvor mye buffer man egentlig trenger. Tidsbuffer er veldig greie.

- *Hvordan tenker du på å bruke takt på mer kompliserte prosjekter enn leiligheter og kontorbygg?*

Det er sikkert mulig, men da må du tenke litt annerledes. Inndeling av kontrollområder blir veldig viktig tenker jeg. Vi har ikke prøvd det så mye egentlig. Adam Frandson har en god del meninger ute der.

- *Du er med å skrive en veileder, hvor langt er dere kommet med den?*

Vi har kommet et stykke på vei, så blir ikke den ferdig før vi får testet et prosjekt som starter i midten av februar. Den er nok mere klar i løpet av høsten.

## Vedlegg 8 – Referat, Anleggsleder Trondheim

- *Hva er din rolle i Veidekke?*

Siste 5 årene har jeg vært leder for næringsavdelingen i Veidekke der vi produserer og gjennomfører yrkesbygg, både offentlige og private. (...) Før det var det 12 år med prosjektledelse hvor Kunnskapssenteret var et av de siste prosjektene.

- *Hva er din utdanning?*

Jeg har gått Berg på NTNU med fordypning i anleggsteknikk så jeg startet først med 5 år i anleggsavdelingen til Veidekke. I ettertid har jeg fylt på med studier fra BI og den type programmer.

- *Du var prosjektleder på Kunnskapssenteret, har du først lyst til å fortelle litt om det prosjektet i forhold til taktplanlegging?*

Vi hadde en samspillfase som startet i juni 2010 og da var det en samhandlingsfase som holdt på til januar 2011. I fase to var det planlegging av jobben. Første del var konkretisering av hva som skulle bygges og så var andre del knyttet opp i mot planlegging. Så vidt jeg husker så var det i høsten 2010 at vi begynte å se på takt. Det var en person i Helsebygg som hadde vært borti i et prosjekt i Oslo der Statsbygg var byggherre og Hent var totalentreprenør hvor de tenkte å begynne med takt. Det var derfor første gangen det ble brukt. Det var en veldig utviklingsorientert gjeng som satt på prosjektet og vi brukte det første halve året i samspillfasen til å være veldig kreativ isteden for å finne ut hva vi egentlig skulle bygge. Vi forbedret bygget på flere områder. Det var et energiklasse C bygg, som den gangen var normalen, og vi gjorde det om til verdens første passivhussykehus. Det boblet over av kreativitet og innovasjon i den gruppa og sånn sett ble man veldig fasinert av taktbiten. Sykehusbygg, som var Helsebygg den gangen, Veidekke og Caverion (YIT da og frem til 2013, ref.anm) falt veldig for fristelsen for å finne mer ut av takt. Vi dro da til Tyskland og fant mer ut av takt gjennom Porsche Consulting. Vi ble ikke mindre gira av å være det og alle ble fulle av optimisme. Det var 10-15 som var nøkkelpersonellet som reiste ned dit og besluttet å prøve å gjennomføre takt i prosjektet. Det ble da et opplæringsprogram med Porsche Consulting som hjalp til med en del workshops. Over 100 stykker var på kurs, type én- eller to-dagerskurs delvis i Trondheim med prosjektet. Ikke alle var med på kurs men det ble gjort for å skap en forståelse blant de som skulle gjøre jobben.

- *Så det var helt ned på fagarbeidere som ble med på kurs?*

Jeg er litt usikker, men ut i fra antallet så høres det nesten slik ut. Ikke alle var på så lange kurs men nesten alle fikk en innføring så vi var kjempeoptimister. I tillegg hjalp Porsche med noen av sine rådgivere til å la oss komme i gang med taktbiten. Jeg husker at vi fikk laget gode planer sammen med og taktplanla de ulike områdene. Så har vi i ettertid at vi ikke fikk det til i den første delen av prosjektet. Vi hadde tilsynelatende gode planer og så at repeterbarheten i planen var ikke så gode og tydelig som vi planla. Vi detaljplanla en etasje ganske bra så brukte man mye av det for de resterende etasjene uten at arbeidsmengde og type rom nødvendigvis samsvarte. Det var flere spesielle forhold i de ulike etasjene så repeterbarhetene var ikke til stede. Det gjorde at man klarte ikke å få flyten. Innhold og arbeidstimer var ikke de samme mellom etasjene. Det var ikke slik at man kopierte en etasje

og innførte det for de andre, men det var litt forenklet og det var ikke grundig nok når man skulle finne nøyaktige timer på de ulike arealene. I tillegg slet vi med sene tegningsleveranser og betydelige forsinkelser på råbygget som var neste 6 måneder forsinket. Det var allerede da kritisk og det ble brukt mye ressurser på å komme seg på plan. Det var forsering så det holdt på råbyggsdelen, jeg husker ikke om det var 6 måneder men det var betydelig forsinkelse. (...) Det var enkelte områder der vi fikk det til nokså bra der det var gode overganger mellom vognene mellom togene. Man hadde ukentlig taktkontroller der Ole Morten (Skaret, ref.anm) var byggherrens mann i denne fasen. Han jobbet som taktkontrollør og var ute og kjøret kontroll og gjennomgang med de ulike vognene. Så det var faktisk mange av områdene, spesielt en av blokkene, der det gikk veldig bra i store perioder. Det ble tatt bilder der ting var linet opp og man så at det var god flyt. Ryddighetene var på topp og overgangen mellom vognene var gode. Stemninga der var bra. Der stoppet man toget da det gikk dårlig i oppstarten. Det er det som er utfordringen når toget setter i gang og man får stopp i produksjon så må man til slutt dra i nødbremsen og det var det vi ble nødt til å gjøre i enighet med byggherren. Det ble stoppet, replanlagt og kjørt i gang igjen og da gikk østfløyen etterhvert veldig bra. Så gjorde vi det samme i isolatområdene i sjettestasjonen. Noen områder gikk bra og noen var svært krevende. Ressursflyten var krevende. Vi hadde ikke en god nok plan for områder som var bufferområder. (...) Litt av utfordringen var at de områdene utenfor takten ble planlagt og gjennomført for dårlig, det var vell også erfaringen ved Moholt 50/50. Buffersonen hadde ikke noe plan for hvordan de skal planlegges og da blir det ineffektivt og dårlig.

(...) Det var et godt prosjekt. Vi fikk med heder og omtale. Blant annet et verdensomspennende arkitektannerkjennelse. Og ble kåret til verdens mest bærekraftige bygning så det var veldig heftig akkurat det. Det var smykke på hele St. Olavs – området så det var ekstra påkostet. Med et så komplisert bygg så burde vi brukt mer tid på å detaljplanlegg hvert område spesifikt slik at vi var tryggere på timeverkene som skulle inn på områdene. Auditoriet med en dobbeltkrummet limtrekonstruksjon som var gjort én gang tidligere i verden var lagt inn som et bufferområde. (...) VDC ble introdusert inn i prosjektet for første gang og så fikk vi det her samarbeidet med Porsche Academy. Vi hadde to kurs i Tyskland og to kurs i Trondheim. I tillegg dro vi til San Fransisco og hadde egentlig erfaringsutveksling med de største sykehusentreprenørene og byggherrene innenfor sykehus. Det var Boldt, Sutter Health og Stanford Berkeley. Vi hadde Glen Ballard, Lean-guruen, og Martin Fischer, guruen på VDC, var jo samlet der. Veldig spennende seanse vi fikk til der. Der fikk vi med Porsche. Det var litt motvekt i en periode. Var Porsche en motvekt til lean-tankegangen? Det var jo ikke det. Slik vi ønsket å få til det så var det jo viktig å forstå hverandre og dette var veldig spennende. (...). Det vi håpet å få til var jo enfaglighet i områdene, optimalisere logistikken, få til en bedre kvalitet ved å godkjenne foregående vogn. Og det gjorde man jo også. Når maleren for eksempel skulle overta et område etter tømreren så hadde han noen innspill på at noe ikke var bra nok så fikk man korrigert det til neste vogn. Det er jo veldig effektivt i det å klare å luke ut gjentakende feil. Man opplevde en større grad av ryddighet. Det at det var ryddet og klart når neste vogn kom. (...) Taktavlene hang jo i alle etasjene med å oppdatere daglige produksjonsplaner. Status på kontrollområdene. Både HMS og sjekklister lå inne for hvert område. Det fungerte faktisk ganske bra, i hvert fall i en del av områdene. Vi mente at vi hadde en detaljert fremdriftsplan og det gjorde at alle tenkte at nå var det detaljert godt slik at vi ikke trenger å planlegge mer. Det var en av de store problemene sett i ettertid. Veidekke som hadde jobbet i flere år med involverende planlegging der fagarbeideren er med å detaljplanlegge uken sin, det var det ingen som gjorde der. Der tenkte man at man var ferdig planlagt og tok det som god fisk, og så er det fortsatt en hel masse som må planlegges, selvfølgelig. Og det er rekkefølgen i hvert område. Du har 5 dager



i hvert område men man ble alt for «laid back» i forholdt til å gå inn og se på hvem som skulle gjøre hva hver uke. Det ble ikke gjort godt nok. Det fine med den løpende kontrollen var at man oppdaget forsinkelser og fikk gjort noe med det. (...) Et viktig punkt for at man ikke lyktes med takt var at entrepriseformen med to sidestilte totalentreprenører så var det ingen som var sjefen på byggeplassen. Veidekke er vant til å være sjefen alene og som da styrer underentreprenørene og som da styrer underentreprenørene. De har også kontraktuelt ansvar ovenfor de. Det var det ikke på Kunnskapssenteret. Da ble det slik at når vi og Caverion ikke var enig om hvem som var ansvarlig så pekte byggherre på oss og sa at dette måtte vi finne ut av. Så vi hadde en koordinering- og samordningsansvar, men kontraktuelt så førte dette til at det ble uavklart hvem som skulle ta konsekvensen av de ulike hendelsene. Det var en stor utfordring og en av de viktige læringsmomentene der vi ikke lengre ønsker å gå inn i kontrakter med sidestilt totalentreprenør. (...) Kunnskapssenteret var tidenes tettste bygg vi hadde fått til. (...) Ambisjonene var også at det skulle være verdens fremste på BIM, så det var nokså høye ambisjoner. (...) Positiv læring på takt var eksempelvis at det var krevende men at i rette prosjekttypen, slik som Moholt 50/50 som er ekstremvarianten på hvor bra det gikk, men da repeterte 49 etasjer som er helt like. På Kunnskapssenteret var nesten ingenting likt. Porsche gjør takt på store cruiseskip og båter der man har veldig mye ulike funksjoner og de bruker det med stor suksess sier de jo. Vi klarte det ikke her (Kunnskapssenteret, ref.anm) og det var nok fordi vi ikke var grundig nok i planleggingen vår. Avvik tidlig i fremdriften fant vi jo ved at statusoppdateringer ble gjort hver dag av Ole Morten Skaret på de ulike kontrollområdene. Det med milepæler var viktig å ta med seg i forhold til Porsche Takt fordi vi så jo det at det var så mye dagmulktbelagte milepæler at når det begynte å bli travelt på en milepæl så ble ressursene flyttet inn dit for å få mer trykk på de. Og da gikk det utover områdene du tok folk ut av. Dermed mistet man mye av flyten og balansen i det og hadde vi ikke hatt det samme dagmulktregimet, det var nokså store dagmulkt, så hadde vi kunnet fått til en mer optimal flyt har vi oppsummert med. Ikke dagmulkt på hver eneste fløy, det ble helt håpløst. Sluttmilepæler ja, men ikke underveis fordi da ødelegger man flyten i produksjon. Den optimale flyten er ikke nødvendigvis slik dagmulktmilepælene er satt. Så var det bedre kvalitet vi oppnådde. Kunnskapssenteret var det første bygget som fikk ferdigattest av St. Olavs, og det var det ingen andre bygg som hadde fått enda, og det var fem til sju år etter flere av byggene var ferdigstilt, så det var den høyeste kvaliteten de hadde oppnådd på et bygg nedpå der. Det er vi veldig fornøyd med, og det tror vi takt har vært en viktig bidragsyter til. Men vi tapte store penger på dette penger på dette prosjektet, det ble et nullprosjekt sånn sett i og for seg, men vi skulle ha tjent 40 millioner, men det gjorde vi ikke. Det skyldes mye at vi ble så forsinket i oppstarten og i råbyggfasen. (...) Kunden var veldig fornøyd og det er jo bra. Det har vært et viktig læringsprosjekt for oss, dyrt riktignok. (...) En etasje ble bestilt i ettertid, en femteetasje. Den ble gjort med takt, men kontraktsmodellen ble gjort annerledes. Det var egentlig et regningsarbeid slik at man fikk oppgjør for den jobben man gjorde. Det betydde at elektrikerer kunne hjelpe tømreren og vice versa uten at det gjorde noen ting. Var det behov for å støtte hverandre og hjelpe til for å få ting til å flyte så ble det gjort. Der fikk vi en veldig bra produksjon oppe i den femteetasjen og da så vi ut i fra erfaringer gjort tidligere at kontraktsmodellen har veldig mye å si. Det ble mye mer unisont og riktig. Alle satt i samme båt og produserte mer effektivt uten at noen skulle forsvare sine egne posisjoner og bedrev ansvarsfraskrivelse. Isteden hjalp de hverandre og holdt opp flyten. Det var en mindre jobb til rundt 20 millioner men uansett en viktig erfaring. Det var også mer repeterbart det som skjedde der opp. Det var lettere å se hvor langt hver vogn hadde kommet.

(...) Buffere var en mangelvare på Kunnskapssenteret. Det var ingen buffervogner som vi kunne gå på når det begynte å skjære seg, for det gjorde det jo. Så da det ble problemer endte

det opp med at hele toget sporet av. Det hopet seg opp. Man kommer inn i en krevende prosess.

- *Hva mente Porsche om bruk av buffere?*

De hadde jo med det. På Moholt 50/50 hadde de lagt inn buffervogner noe som var veldig nødvendig. (...) (Siterer fra Lars Andersen (2012) ref.anm) «Prosess: hvis en vogn i «Porsche-toget» sporer av, så skapes det raskt kjedereaksjoner gjennom hele prosessen: alle «smeller nesa» i setet foran – toget stopper opp». Det var litt av det som skjedde. «Tette koblinger mellom aktiviteter og fag i en byggeprosess er tette koblinger mellom kontrakter og bedrifter. Når toget stopper på grunn av avvik i ett ledd og alle rammes så kommer spørsmålet: hvem skal betale?» Det var litt av det som skjedde mellom Caverion og Veidekke. (...) «Sosialt: Økonomisk spenninger og konflikter vil true det sosiale samholdet i prosjektet. Samholdet og kollektiv atferd utgjør det sosiale limet som får byggeprosjektet til å fungere». Veidekke jobbet akkord mens andre firma hadde andre avlønninger. Det ble dermed ikke slik det ble da vi gjorde regningsarbeid for da hadde alle sin «suboptimalisering» for å lykkes. Det man ønsker, sett i ettertid er å øke robustheten. Flere buffervogner og senke farten. Vi var nok litt for optimistisk i prosessen.

(...)

- *Hvordan var møtestrukturen satt opp underveis i prosjektet?*

Dette var starten på VDC. Vi ble omforent om en arbeidsform som omhandlet VDC prinsippene samtidig som at vi hadde med Involverende Planlegging og møtestrukturen rundt det. Det er to prosesser: den ene er møtestrukturen rundt prosjektering og prosjektutvikling som var VDC prinsippene. (...) I flere av lagsmøtene underveis i byggingen der arbeid den kommende uken skulle planlegges så ble det ikke planlagt tilstrekkelig. Det ble et uforpliktende miljø. Man gikk med på avtaler i møtet men det ble skrinlagt når man forlot møtet fordi man da tenkte at man ikke kom til å klare å gjennomføre det som var avtalt i møtet. Tiden i møtene ble ikke brukt godt nok til å planlegge. Det var en feiloppfatning at planen var ferdigplanlagt gjennom Porsche-planen.

(...)

- *Du nevnte at det ble brukt en ukestakt på prosjektet?*

Ja, det var etter en klar anbefaling fra Porsche. Da ble kontrollområder tilpasset for å passe til det. Passe best mulig med ukestakt.

- *Var det Porsche som tok avgjørelsen for å ha ukestakt?*

Nei, det gjorde vi sammen. Det var mange aktører som var med på å bestemme det. Men vi så jo det at det kunne være fornuftig å ha en ukestakt. Jo kortere takten er desto enklere blir det å holde kontroll på takten. Hvis det blir for lange aktivitetsstrenger så blir det mye vanskeligere å gå inn og justere. Det var et av ankerpunktene deres (Porsche Consulting, ref.anm) å være tydelig på ukemilepælene.

- *Du nevnte at Ole Morten Skaret hadde jevnlig kontroll av vognene på vegne av byggherren, var det bare byggherre som gjennomførte kontroll eller hadde dere også egne kontrollører?*

Jeg er litt usikker på hvordan akkurat det var. Det var en lagfører, eller togfører, som hadde litt ekstra ansvar for hvert tog. Og så var det jo selvfølgelig en ansvarlig i hver vogn. Så i et

tog på omtrent 20 vogner så hadde Veidekke for eksempel rundt 7 av de. Da var en ansvarlig i hver av de vognene. Man drev med kontroll selv også, men Ole Morten Skaret var den som hadde overordnet kontroll og satte krav én gang i uken for alle togene.

- *Hvor mange tog hadde der på Kunnskapssenteret?*

Jeg tror det var rundt 4-5 tog med rundt 20 vogner per tog. Da var bygget ferdig i den 20. vognen.

- *Tror du det er fordelaktig å ha flere tog eller bare ha ett?*

Det var jo Porsche som hjalp oss til å finne ut av dette. Det var sammen med de at vi endt på det antallet tog vi til slutt gikk for. Det var et parallelt tog som var nødt til å gå, det var jo fem etasjer i tillegg til to etasjer kjeller. Det var ulike fløyer så det var naturlig å starte opp med flere tog.

- *Så dere delte opp ut i fra fløyene?*

Ja, vi hadde en vest-, en øst- og en sørfløy. Derfor var det i hvert fall tre tog ut i fra det. (...)

- *Hvem var med å dele inn i kontrollområdene slik det ble?*

Teori og praksis tilsa jo litt hva som skulle gjøres. (...) Vi i Veidekke, Caverion og Helsebygg hadde egne planleggere. Så vi satt hver for oss og planla områder og så prøvde vi å koble det sammen. Det startet med at man gikk inn og definerte ulike kontrollområder med en gitt størrelse som passet med takttiden. (...) (Ser på tegninger fra planleggingen) Ja, her ser det faktisk ut som at vi hadde seks tog i prosjektet. (...) Togene startet i de øverste etasjene og jobbet seg nedover. Så det var mye frem og tilbake med inndeling av kontrollområder men måtte bli enig. Etterhvert måtte man bli enige for så å begynne å regne timer ut i fra områdene. (...)

- *Det var dere tre (Veidekke, Caverion og Helsebygg, ref.anm) som definerte områdene?*

Ja, det ble gjort sammen. vi definerte vest, sør og østblokken der man startet opp og produserte seg nedover. Vi så på områder om de var repeterbare eller ikke og planla de repeterbare områdene i takt mens de ikke-repeterbare områdene ble bufferområder som var dårlig planlagt. Deretter ble bemanningen justert for hvert område og hvert fag for at det skulle tilsvare omtrent en arbeidsuke. Noen, typisk maleren hadde få timer, så de ville gjøre en liten jobb i et par dager hver uke.

- *Så de skulle da sendes til bufferområdene?*

Ja, det var jo konsekvensen. Når man bare har 22 timer med to man så har man ikke hel uke, da måtte de sendes til et annet område. Deretter ble rekkefølge bestemt for de ulike aktivitetene så ble det en plan etterpå.

- *Hvor mye var underentreprenørene med på å bestemme?*

Jeg tror de var med ganske mye. Det var maler og de tekniske som var med primært. Det var definert hvor mange timer de hadde i hvert område. Rekkefølge var de også med på å bestemme.

- *Var det etter anbefaling fra Porsche?*

Det tror jeg var mer involverende enn det Porsche var vant til å oppleve. Jeg tror også at de var fokusert på å involvere de viktigste underentreprenørene. (...)

- *Brukte dere noen andre typer buffere enn bufferområdene?*

Jeg tror ikke det.

- *Tro du noen andre typer buffere kunne hjulpet på prosjektet?*

Jo, men vi hadde ikke noen god buffer lagt inn. De såkalte ikke repeterbare områdene var jo buffere men de var i gjengjeld ikke veldig godt planlagt. Det ble ikke bra.

- *Hvordan typer prosjekter tror du passer best for taktplanlegging?*

Sykehus er det mest kompliserte vi bygger på landjorda i byggebransjen. Det er klart det er veldig komplekst, veldig ulikt. Vi hadde ikke erfaring med å bygge sykehus fra før. Byggherren hadde selvfølgelig det, men vi hadde ikke det. Vi hadde takket nei til alt som hadde blitt bygget nedpå der (St. Olavs, ref.anm). Dette var første gang de hadde en gjennomføringsmodell som vi var interessert i å være med på. Før det var det en helt annen kontraktsmodell som vi ikke var interessert i. Vi forsto kanskje ikke kompleksiteten til et sykehus samt en gjennomføringsmodell med takt som vi aldri hadde brukt før, så var det kanskje ikke det beste prosjektet å starte på.

- *Tror du takt kan fungere for sykehusbygg i fremtiden?*

Helt klart. Man har lært mye her, hadde jeg vært prosjektleder for et nytt sykehusbygg så hadde det ikke vært tvil om at jeg ville prøvd å bruke en annen form for takt. Man må ha med folk som kan litt om takt og som vil det, hvis ikke starter man på mange måter på nytt igjen. Man må ta med seg lærdommen og erfaringene. Så må man jo bruke mye tid på å evaluere og lære av andre prosjekt sammen slik at flere forstår hva som fungerer og ikke. Det er viktig med erfaring blant nøkkelpersonene i prosjektet.

- *Ble kontrollområdene eller takttid endre i løpet av prosjektet ut i fra ulike faser?*

Jeg husker ikke om kontrollområdene ble endret, men ut i fra rapporten så sporet toget av noen ganger og det fikk jo konsekvenser. Det ble replanlagt flere ganger. Det handlet om å få bedre oversikt over de ulike områdene og justert bemanning ut i fra nødvendige timeverk før man kjørte videre. I østfløyen stoppet man toget helt og ressursene dro man inn i andre vogner mens man replanla østfløyen. Dagmulker ble utsatt i samarbeid med byggherre for å få produksjon på plass igjen. Byggherren var veldig positiv til å få til ting. En veldig frempå og utviklingsorientert byggherre.

- *Hvordan fungerte egenarbeidere i Veidekke mot innleide underentreprenører?*

Jeg tror det gikk greit. Det var ingen konflikter knyttet til dette. Det kunne oppleves litt forvirring rundt ansvar for fremdriften. Men i sum så gikk det veldig bra. Det så vi spesielt i 5. etasjen med en annen kontraktsmodell, så var samarbeidet fantastisk bra. Det var ikke dårlig stemning i utgangspunktet, men det var perioder der man skylte på hverandre og man vart misfornøyd med samarbeidet med underentreprenøren eller sideentreprenørene.

(...)

- *Bel råbygget satt opp i takt?*

Nei, det var vanlig metode.

- *Helt til slutt har jeg laget en tabell (se nederst i referatet, ref.anm) med ulikhetene mellom metodene jeg har funnet så langt, kunne du kommet med noen tilbakemeldinger på det?*

(...) I forhold til prosjektering så hang ikke det vi tegnet så hang ikke byggeplanen helt sammen med det som var tenkt prosjektert. Vi planla litt annerledes i byggjennomføringen enn det de hadde tenkt i prosjekteringen. Slik at det ble behov for å snu om. Mens man tenkte mer enfaglig i prosjekteringen for ferdigstillelse så måtte det isteden områdeferdigstilles. De laget en ny plan som de kalte taktplanprosjektering etterhvert. Det var aldri noen stor suksess. (...) Boldt begynte med takt etter at vi besøkte de i California, de begynte tvert etterpå med takt. Så de startet etter oss. (...) Jeg synes ikke det blir helt riktig å sette Kunnskapssenteret under Porsche (under involvering i planlegging på tabellen, ref.anm) fordi vi satt mye sammen med de viktigste underentreprenørene, det var teknikk og maler. Det er de som er de viktigste i innredningsfasen. Så jeg vil absolutt si at den er grønn (kolonne under involvering i planlegging på tabellen for Porsche, ref.anm)

- *Var det noe dere tok inn fra Veidekke? Hva tenkte Porsche rundt det (involvering av underentreprenører i planlegging, ref.anm)*

Det var vår tilnærming med involvering, i mye større grad en det Porsche noen gang har vært borti. Hvis det er Porsche sin tenkning så er jeg delvis enig, men de er også opptatt at underentreprenører skal involveres i prosessen, men ikke ned på basnivået som vi kan gjøre. Vi går lavere ned i produksjonsleddet. (...) Poenget mitt er at de (Porsche Consulting, ref.anm) faktisk er med å planlegge for de er også med å måle egen takt gjennom de ulike kontrollområdene. (...) De har et mer overordnet nivå som de møtes på, mens vi ønsker å involvere på et lavere nivå som er nærmere produksjonsleddet.

(...)

- *Hva tenker du om kolonnen som sier at buffere er lite dokumentert i taktplanlegging?*

Hvis du ser på Porsches dokumenter så ser du at de egentlig er ganske tydelig på det, men det som var utfordringa for oss var at det var så travelt. Det var så kort byggetid. Det var litt av utfordringene. Vi hadde ikke tid til buffervognene tenkte vi. Vi burde skapt oss plass. Vi skulle sagt tidlig at om vi skulle få til dette så måtte vi ha slakk, vi må utsette fristen. Det erfarte vi underveis. Vi må flytte fristen. Det så også byggherre og da ble fristen flyttet. Det var fordi byggherren var med å starte en gjennomføringsmodell som ikke var teste før. De ønsket av vi skulle lykkes sammen om dette.

- *Bruker Porsche taktplanlegging i kompliserte prosjekter?*

Ja, de er åpenbart der. Veidekke har ikke hatt så mange så langt. Porsche bygger alt mulig med takt.

(...) I forhold til antall tog så er jeg enig i at det kan være fornuftig med ett tog på Moholt 50/50 der det var fem blokker med 49 like etasjer. Da har du bedre kontroll med ett tog, du kan ha stålkontroll på det og justere slik at det blir riktig på resten. Flere tog bli mer komplekst selvfølgelig. Jeg tror kompleksiteten bestemmer behovet. Jeg tror ikke vi kunne gjennomført Kunnskapssenteret med ett tog. Det hadde vi ikke hatt tid til. Det var en klar anbefaling fra Porsche å ha flere.

	Porsche Consulting	The Boldt Company	Veidekke Entreprenør
Involvering av underentreprenør i planlegging av:			
- Kontrollområder, aktivitetssekvens og hindringsanalyse	Nei	Ja	Ja
- Takttid og prosjektering	Nei	Ja	Nei
Involvering av underentreprenør under produksjon	Nei	Nei	Ja
Systematisk bruk av buffere	N/A	N/A	N/A
Egne fagarbeidere	Nei	Nei	Ja
Type prosjekt			
- Taktplanlegging i kompliserte prosjekter	N/A	Ja	N/A
- Varier takttid og kontrollområder gjennom prosjektet	Nei	Ja	Nei
- Flere tog i prosjektet	Ja	N/A	N/A

## Vedlegg 9 – Overordnet produksjonsleder The Boldt Company

- *What is your role in The Boldt Company and what is your experience with takt?*

I am a production manager for The Boldt Company, so I manage how we plan projects, how we plan and manage production. A lot of that is scheduling. Takt principals is a theory that we have imbedded into our own production system. (...) We have taken the last planner system and added a step between the phase scheduling and the look-ahead plan we have added a step called production strategy, and that's where we create production areas, trade sequences and then set our flow, which we refer to as takt. That's actually going to be an official part of the Last Planner System overall through my collaboration with Glen Ballard.

- *So takt is going to be a part of the Last Planner System?*

Yeah, there will be place. Not everyone is going to be able to use takt or set rhythm, but it's going to be a spot, or a level, in Last Planner where you identify production areas and your identifying sequence to the point where you can create a location-based system.

(...) I was visiting Veidekke and Kunnskapssenteret in Norway and the challenge they had was, were they were working with their German consultant (Porsche consulting), is that if you think takt itself will manage your project you have a challenge. It's important how you combine your approach for using takt. It's nothing more than a standard duration, right. It's a rhythm in your planning process. Into the planning process it can be very difficult to get people to buy into takt, take part in it and have the discipline to use it. I especially think Norwegians are very individual, do their own thing and don't be told what to do. While Germans just want to stand in line and be told exactly what to do. It's a different cultural thing there.

- *How is that compared to Americans?*

I think we have more intelligent involvement of takt into the overall production system. It's just a part of the system. We still work with everyone, we develop the plan together, we communicate them together, we status the work and we update it together. We don't have any bad jobs done because of it. Everyone, I believe, owns the plan. So, if thing don't go the way it should, then everyone knows the way we came from and we then can adjust it together. That's made us successful. (...) Our industry is very reactionary, so having a takt plan that outline the flow can help steady the production. (...) I started with takt in the US around 11-12 years ago, I was the only one that was interested in this and applying it in a significant scale. It's becoming more and more of a norm within Lean, and it's getting harder to talk about Lean without also talking about takt.

- *How many companies in the US are using takt today?*

There is a lot of companies that say they do, very few have figured out how to do it, unfortunately. There is something they just don't understand, and one of them is that they don't spend enough time upfront understanding the scope. So, what they do is that they look for things that look repetitive and then they make that the different areas. That's very dangerous because you haven't broken down the scope. A room may have the same size as another room, but you may have a lot of differences. (...) In Kunnskapssenteret, and every consultant driven projects, they are going to use simple repetitive methods, because that's

easier to teach people. The challenge is that they are not that educated, they are not understanding it, they are just doing it simple and quick. (...)

- *In some of your project you change the takt time and zoning dependent on the phase the construction is in. Can you talk a little bit about how and why you do it?*

We have to do it. What's important is that the different phases are somewhat naturally connected to each other. If you do overhead for example, the early work like mechanical work, you want a larger area for that because you want to cater to a large fabrication that are 20 to 30 feet long, e.g. pipes. When you want to finish floors, you look for hallways and things like that. There is a bit of strategy around each bit of the work.

- *What is the challenge by doing it this way?*

It takes a little bit more time. You have to look through each area and find the work for each phase. If you are doing overhead you got to sort your model and only look for stuff that will be going in. It takes more of a structure approach upfront.

- *How much do you involve your subcontractors in the planning?*

We involve them in all of it. They are involved in everything from the start. Sometimes we create an outline to help people understand it. As a production manager for a project I bring all the trades together and we then just do the planning together. It's usually our field leaders, the foremen for each of the groups and the site manager.

- *Does the subcontractor also participate in the design phase?*

Yes, absolutely. This helps us design for optimal production. They give us input on how to easier build the construction. They also get time to truly develop an optimal production plan instead of just receiving what they are given by others.

- *How do you control the progress during production?*

We have our weekly planning meetings where we look at the weekly work plan. Then we have a daily check-in to make sure that we reduce deviations and manage them to make sure we keep the takt. Also, the areas that are not produced in takt are controlled. You don't want to use takt for everything. I also used to have a production strategy meeting where we discuss how the plan is going overall. This is higher level strategy discussions that allow another type of coordination.

- *How do you decide what is going to be produced in takt and not?*

It's usually the trade sequence. So, for example an operating room or electrical room that are heavily influenced by one or few trades then I don't try to force them into the takt. If you involve them in the takt plan you make the whole plan more vulnerable.

- *Do you use other buffers as well as the backlog areas?*

(...) With takt we are basically asking every trade except one to go slower. So, you will have a little bit of buffer in each trade. I usually put buffer in between the spaces and give yourself



time to come back later and fix problems. I would for example have an empty wagon before the inner dry wall is put up because that's when the inspections are being done of the technical work in the wall.

- *Do you use overstaffing in the beginning of the project to overcome early problems in the project?*

I wouldn't use the word "overstaffing". What happens is that we put in the staffing they - the sub-contractors - would expect if it wasn't a takt plan and then after a while they start to realize that they can peel off people and put them consistently on workable backlogs and things like that. We are going to have enough staffing for the need, and as we are improving we will reduce the staffing accordingly.

(...)

- *Do the different trades control each other?*

A lot. So, what's cool with the system is that it is self-regulating. If one trade isn't done in an area but the next guy is scheduled to go in there, then he is going to "make a stink". The next trade is going to nag on the previous trade to finish and get out of the area. Traditionally you don't see that as clearly as you do in a takt plan. It is very transparent and easy to see what has to be done in what area to what time.

- *What measures are put in place in case one or more trades should deviate from the plan?*

Of course, you try to see if there is anything you can do differently. The first thing could be to see if they have the right management and the right staffing. We would also look at what they are installing and if they are implementing it in the most effective way. Then we will look into splitting, meaning adding another trade cart. That's pretty good, because you only lose one week overall, so they get another week in every area. So, with ten areas you get ten weeks extra work, but you only have to schedule one more week. It's often smart to use more prefabrication as well.

- *Do you often change sub-contractors during a project?*

I have changed, but it's very rare. We try to work with partners we have worked with before. It takes time to teach people to work in new ways, so when you do that you kind of want to maintain that relationship.

- *So, you try to use the same sub-contractors over multiple projects?*

Yes, there are for example a group of electricians we work with a lot that we feel are professional enough and share the same mentality.

- *Do you employ your own craftsmen?*

Yes, we do framing, concrete and steel with our own employees.

- *Have you considered employing other trades full time as your own craftsmen?*

We have considered it, and I think it's the future to have them closer. As the unions work now it's not possible, but I think vertical integration is what going to be vital for surviving in this industry. So, we have to be better when it comes to make all trades coming together and working under the same roof. The more vertically integrated you are the more effective you will be.

- *In what kind of projects do you use takt? Are some projects more suited for using takt?*

Schools, offices and hotels are very easy to build with takt. It's almost naturally takt, you don't have to do anything. Hospitals are more complex for example. We also use takt on power plants which are definitely harder, but it's possible if you have the understanding of it. The more you understand takt, the less strict you have to be. When you just have learned something, you have to do it exactly by the book, but the more you understand the more flexible you can be.

- *Do you use multiple trains in your project, or do you use one train throughout your projects?*

It depends on the project and how many areas they have to work in at the same time. The less trains the better. It makes it easier to control, so the goal should always be to have as few trains as possible, but not fewer than what is needed.

- *(...) Do you have any feedback on the table that I have made so far in my thesis (see table at the bottom of the minutes)?*

Involving subcontractors in planning during production I would defiantly change that to a "yes", we do re-planning with our subcontractors. (...) I would also say that I pay a lot of attention to the buffers in my projects, so I would change that one as well. Hire own craftsmen and multiple trains also have to be changed to yes under the Boldt Company.

- *Do you have any thoughts about the two other companies and their columns?*

I know Porsche Consulting very well. They are defiantly more German, so the structure is more top-down. We need to trick our self to be more German because it's a more efficient way in some regards. You can be very German in your approach, but the most important thing is to have the right culture. We have more people in the room when we do the planning. So, in the end the subcontractors are feel ownership to the plan. They took part in making the plan and they are going to make sure that it is completed on time. When they (Porsche Consulting) don't do that they make it harder for themselves. They have a very good understanding of what takt is though, they probably have the best understanding of all the consultants in the world. They truly understand it, but they have some issues in putting it all together. It's like they know all the words pretty well, but they don't understand the grammar.

	Porsche Consulting	The Boldt Company	Veidekke
<b>Involving sub-contractors in planning phase</b>			
- Zoning, sequencing activities and constraint analysis	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>
- Takt time and design phase	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>No</b>
<b>Involving sub-contractors in planning during production</b>	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b>
<b>Systematic use of buffers</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>
<b>Hired own craftsmen</b>	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b>
<b>Type of projects</b>			
- Using takt in complex projects	<b>Yes</b>	<b>Yes</b>	<b>No</b>
- Varying takt time and zoning throughout the project	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>No</b>
- Multiple trains	<b>Yes</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>



## Vedlegg 10 – Tømmerbas Trondheim

- *Hva er din erfaring og hva er din rolle i prosjektet?*

Jeg er én av tre tømmerbaser på prosjektet. Jeg har ansvar for utvendig yttervegg og fasade, i tillegg til litt overordnet koordinering på prosjektet totalt. Det er litt overoppsyn til de to andre basene, for de har ikke vært bas så lenge, men jeg må presisere at jeg lærer av de også, så vi lærer av hverandre.

- *Dere planla prosjektet og takten i forkant av prosjektet, har du lyst til å fortelle litt rundt det?*

Ja, der ble det satt opp rekkefølge på når fagene skulle inn gjennom et slikt lappeteknikkmøte. Da ble fagenes arbeidsoperasjoner ramset opp og plassert i den rekkefølgen de mente det skulle gå og når de skulle begynne. Det var flere møter så vi har gått gjennom de ulike vognene. Vi gikk gjennom arbeidsoperasjonene fra a til å. Fra bindingsverk til listverk.

- *Hvem var med på dette?*

Det var basene fra alle fagene, anleggsleder Vegard Hjelden og formennene for de ulike fagene.

- *Har du vært med på slik planlegging tidligere?*

Jeg har vært med på lappeteknikkmøter tidligere der vi setter rekkefølgen på fagene. Men jeg har ikke vært med på å sette opp hvem som skal jobbe hvor hver uke, det har ikke vært så konkret. Det har gått mer på datoer uten at man er låst til hva man skal gjøre hver uke. Jeg har ikke vært med på den ukestakt tidligere. Det har vært lengre strenger der man jobber mellom datoer som strekker seg langt over en uke. Med ukestakten så er det veldig greit og forutsigbart når du har spesifikt område eller etasje hver uke. Det er ikke noen tvil om hva du skal gjøre hver uke. Når det ikke er takt så er det lett for at det kommer inn flere fag i samme område og det blir forvirring og rot mellom de ulike fagene. De blir i veien for hverandre. Roller og tidspunkter blir mer definert med takt. Det tror jeg er en stor fordel.

- *Så du foretrekker den ekstra involveringen?*

Ja, det er helt topp det! Du får mer innblikk i andres fag og finner ut hva de avhenger av. Vanligvis er det lett å bare tenke på sitt eget fag, man tenker ikke over andres behov. Det er artig å se og lære hva de holder på med og du får mer innblikk i totalen.  
(...)

- *Planlegges utvendig arbeid utenfor takten?*

For det utvendige så har vi ikke noe reell ukestakt, men vi har satt oss som mål at vi prøver å gjøre en etasje i uken, for det er veldig oversiktlig. Nå er vi litt nærme betongen og den kommer vi ikke forbi så da låser det seg litt. Det går greit når vi har litt avstand til betongarbeidet men når vi kommer nær så stopper det litt opp.

- *Hvordan fungerer bemanning mellom de ulike gruppene tømrere på prosjektet?*

Det kan jo bli en utfordring hvis de går litt for fort, da må man prøve å plukke av og prøve å sette det på vogner som trenger det. Det kan jo oppstå sykdom og da må man omjustere litt for å holde takten. (...) butikken i 1. etasje er ikke planlagt i takt, den har egen fremdriftsplan.

- *Hvordan tenker dere rundt buffere?*

Vi prøver alltid å ha bufferoppgaver slik at vi har muligheten til å hente oss inn dersom vi skulle ligge foran. Der må vi komme med mer dersom vi fortsetter å ligge mye foran skjema.

- *Hva hvis det bikker motsatt vei, har dere lagt noen planer for å løse det?*

Vi har avtalt det at hvis vi ikke når takten så må vi jobbe overtid, eventuelt låne folk fra vogner som går bedre. Så vi har flere avtaler for hvordan vi skal nå målet. Nå holder vi på med de første vognene så da er det litt innkjøring så vi prøver å justere takten slik at den blir ideell. Vi håper at det skal gå bedre og bedre, at de skal finne rollene sine finne flyten. Det er alltid litt problemer i starten, selv om man har gjort det mange ganger før. Det skal være litt innkjøring på nytt med nye løsninger, men så går det seg fort til når man har jobbet litt med det.

- *Du har ikke satt av noe annen type slakk på prosjektet?*

Vi starter med én mann for mye så plukker vi heller av folk hvis vi ser at vi har kontroll senere i løpet av uken. Vi tar som regel status onsdag eller torsdag morgen og justerer deretter. Da får vi en fin avslutning frem mot helga, for da skal det være ryddet og støvsugd til neste vogn.

- *Hvordan kontrollerer dere fremdriften?*

Vi holder fokus gjennom hele uken. De som jobber har daglige mål for å komme i land med ukesmålet. Vi følger daglig opp hvor langt vi har kommet. På onsdag tar vi status om vi trenger mer folk eller om vi klarer det, da må vi gi et signal med den bemanningen vi har.

- *Hvordan gjør dere det med kvalitetskontroll?*

Vi (tømmerbasene) går rundt og passer på og følger med at alt blir som det vi er enige om. Vi går kontinuerlig rundt og kontrollerer og svarer på spørsmål som fagarbeiderne måtte ha. Både baser og formenn passer på, men det er nok basene som er mest ute.

- *Har dere tenkt på å justere takten underveis?*

Ja, men da må vi nok gjøre om en del på fremdriftsplanen som allerede er satt opp. Det er satt opp slik at det skal gå opp ganske bra, men det kan bli endringer om det viser seg at det går veldig bra.

- *Hvordan er møtestrukturen underveis i produksjon?*

Vi har lagsmøte på mandag. Der deler vi inn i ulikegrupper ut i fra hva de jobber med. Bindingsverk, butikkområdet og vindu er en egen gruppe som kommer inn klokken syv, så kommer fasade klokken åtte, og så har vi innvendig klokka ni. Når vi deler opp møte på denne måten unngår vi at det blir mye venting. Vi får mer ut av møte når vi har små grupper.

Vi har også basmøte på mandager klokken 12. I tillegg har vi ukesplanlegging på torsdagen der vi planlegger neste ukes arbeid. For innvendig arbeid så er det ganske selvskrevent, men vi planlegger litt konkrete oppgaver. Vi tenker gjennom om vi mangler noe på forhånd og kan ta det opp der.

- *Er det noen forskjell på Veidekkes egen baser og eksterne baser?*

Nei, det virker som en lojal gjeng. Lappeteknikkmøtene vi hadde før med de ga et godt inntrykk. De virket veldig motivert for å jobbe med takt og se hverandres behov. Det er jo en innkjøring for de også, men vi har veldig trua på at det skal gå veldig bra. Vi er i starten og vi skal fortsatt gjøre mye før vi er i mål.

- *Er dette ditt første taktprosjekt?*

Det er mitt første rene prosjekt med takt. Jeg har vært på prosjekt der vi har tenkt med ukestakt, der vi hadde en etasje per uke. Det er veldig ryddig når man klarer å gjøre ferdig en etasje på en uke. Da vet man at neste uke så skal man være ferdig med neste ukes takt. Det handler om å lage en god rutine på hvordan man jobber mest naturlig. Da ble det ofte takt uten at man kaller det takt.

- *Hvilke type prosjekt tror du takt kan fungere på?*

Jeg tror det fungerer bra på slike prosjekter som dette der det er flere gjentakende og like leiligheter. Jeg er litt mer usikker på takt når det er mye ulikt. Jeg tror man kan få til det meste med takt så lenge det ikke er kjempekompliserte oppgaver som skal gjennomføres.

## Vedlegg 11 – Tømmerbas Trondheim

- *Hva er din rolle i prosjektet?*

På prosjektet er jeg tømmerbas

- *Hvilken erfaring har du?*

Jeg har jobbet som tømmer i 13 år. Jeg har vært med på et par taktprosjekt tidligere, men det er første gangen jeg har vært med å planlegge takten.

- *Hvilke andre prosjekter har du vært med på?*

Moholt 50/50, og på et HENT-prosjekt der det var tilnærmet takt. Det var litt annerledes, men prinsippet var det samme.

- *Hvilket prosjekt var det?*

Det var nye kontorene deres på Tiller. Det var ganske taktlignende, de kalte det ikke takt men det var mye av det samme.

- *Du sa at du var med å planlegge produksjonen i prosjektet. Har du lyst å fortelle litt rundt det?*

Ja, det handlet jo om hvordan vi skulle bygge prosjektet, hvilken rekkefølge vi skulle ha. Det var mer taktplanlegging fra ferdig betong, via yttervegg og takt hele veien. Vi prøvde å få det ned i ukesbolker. Alle basene var samlet, noen formenn og noen fra ledelsen var også med. Vi satte opp det vi skulle produsere og begynte med lappeteknikk der vi satte opp rekkefølge for alle fagene sammen. Så ble det diskusjon oss baser i mellom om vi kunne justere sekvensen og om det var mulig at vi jobbet i samme vogn hvis et fag bare hadde én dags arbeid på en aktivitet. Vi samlet oss borte fra byggeplassen for å slippe forstyrrelser og få fullt fokus på planlegging. Det er viktig å få det riktig første gangen for da flyter hele prosjektet.

- *Hvordan er møtестrukturen nå når dere har begynt med produksjon?*

Vi har lagsmøte hver mandag fra 7 til 10 med forskjellige grupper. Vi har en gruppe som diskuterer utvendig arbeid, en gruppe som diskuterer innvendig arbeid og en som er fremfor disse. Da blir det mindre grupper og mer diskusjon på hver enkelt. Store møter er ofte lite effektivt fordi det er få som prater og det er sjeldent veldig relevant for de fleste. Så har vi basemøter på mandag også, det er også med betong, og vi går gjennom alt der. Så går vi fremover og hører om alt er klart, om alt vi trenger er på plass og om vi har noen problemer. Så har vi et vandrende basemøte på torsdag morgen. Da går vi gjennom takten innvendig. Da går vi fra de fremste vognene der det er ferdig støpt gulv og gjennom de påfølgende vognene. Da går vi gjennom for å fiske opp i det som eventuelt kan rettes på. Da går alle basene gjennom hver vogn. Dette gjøres for å kontrollere fremdriften og forsikre oss om at alt er som det skal være.

- *Har dere flere former for å kontrollere fremdrift?*



Det er jo egenkontroll i hvert fag. Vi har jo en planleggingsapp der fagarbeiderne svarer på telefonen om de tror de kommer til å bli ferdig eller ikke til fredag. Hvis det er tommel opp så fortsetter vognen som den har gjort. Hvis blir tommel ned så må vi se hva vi kan gjøre. Om vi må sette på mer folk eller jobbe overtid/helg. Vi (basene, ref.anm) følger med hver dag for å spørre om de har kontroll, om de trenger mer folk eller noe annet. Vi sjekker hele tiden. Det blir en del av det i starten, men når det begynner å sette seg så går det mye av seg selv. Da vet man hvor mange folk man behøver for å bli ferdig på en uke. Noe annet enn det har vi ikke. Det er ikke noe alternativ å ikke bli ferdig. Da rakner hele prosjektet. Vi har skrevet en taktavtale. Der har vi forpliktet oss til å jobbe overtid om vi ser at vi ikke blir ferdig, hvis vi ikke blir ferdig innen da så blir det helgearbeid, og om vi enda ikke er ferdig da så blir det bot. Da må vi planlegge med påfølgende vogn for hvordan vi skal løse det på best mulig måte, enten gjennom kveldsarbeid eller arbeid i hver sin del av kontrollområdet, for eksempel hver sin leilighet.

- *Det er samme avtale som det var på Moholt 50/50?*

Ja, den eneste forskjellen er at vi har det vandrende basmøtet, det er nytt og funker ganske bra syns jeg. Vi får høre hva som er best for de andre fagene. Det er ofte små ting slik som hvordan vi gipser, setter stenderne og spikerslagene. Da kan vi fikse det med en gang slik at det går raskere for alle.

- *Hvordan tenkte dere da dere delte prosjektet inn i kontrollområder?*

Det er mengde. Det skal være cirka lik mengde arbeid gjennom hele takten slik at vi slipper å oppbemanne og nedbemanne. Det er ganske likt over alt her, så vi er heldig med prosjektet her ettersom at det er ganske like leiligheter. Vi starter egentlig på den verste plassen der det er mest arbeid i de vognene. Når vi kommer forbi dette så går det lettere og vi har begynt å nedbemanne på neste blokk for der er det to leiligheter mindre.

- *Hvor sender dere fagarbeiderne når dere nedbemanner i en vogn?*

I oppstarten som vi er i nå så kommer det alltid nye vogner som starter lengre bak. Når vi for eksempel nedbemanner på stålmonasje så gikk de over på gipsing. Hvis det ikke er noen vogner som trenger bemanningen så er det alltid masse å gjøre på en byggeplass. Det er mye riggjobbing og slike ting. De legger til rette for annen produksjon der det er mulig.

- *Er det slik at hele bygget er planlagt i takt?*

Det er egentlig mest takt innvendig, mens utvendig er det mest vi (tømmer, ref.anm) som holder på. Det er få andre fag som jobber der og få som er avhengig av oss. Det er blikkenslageren da, men han kommer når vi ringer og sier at det er klart. Vi har fremdriftsplan for utvendig arbeid også. Så vi har prøvd å dele det opp slik at man har én uke å gjøre ferdig hver etasje. Vi ligger ganske tett opp mot betongarbeidet nå og vi kan jo ikke forsere forbi de. Vi må ha struktur på arbeidet og ikke jobbe overalt samtidig.

- *Hvordan har dere lagt opp buffere i prosjektet?*

Det blir litt riggarbeid når vi ligger foran skjema. Det er ikke noen plass vi kan sette ekstra folk når vi ligger så tett på betongen. Vi har ikke noen plass å forsere. Det blir mer tilrettelegging og rydding. Bære inn materialer og gjøre klart for arbeid.

- *Hva om dere skulle havne bak plan?*

Da må vi ta av folk fra andre vogner så får vi heller jobbe overtid på den andre plassen der vi ikke er avhengig av andre fag som kommer etter oss. Dette blir utvendig arbeid som bindingsverk, vindu eller fasade. Det er ganske lett slik det er lagt opp nå, det er vanskeligere å plassere folk når vi ligger foran. Frem til nå har det ikke vært nødvendig å ta av eller legge til mer bemanning.

- *Så det ble ikke brukt tid på å planlegge buffere og eventuell omstart av takt?*

Vi snakket om det, men det er litt skummelt å ha det når vi skal ha så kort byggetid. Det skal jo egentlig være ferdig så fort som mulig. Vi har ikke noen plass der vi skal sette igjen ekstra slakk. (...) butikken kunne vært en plass vi kunne satt ekstra folk på, men den skal være ferdig før leilighetene så det går heller ikke.

- *Har det vært snakk om å justere takten underveis?*

Den første uken under gipsing så måtte vi sette igjen en leilighet fordi det kom inn vann så vi kunne ikke begynne med gipsing der. Så det er en leilighet mindre i starten. Den må vi ta med senere. Det kan bli en buffer. Vi tenkte å ha den som en leilighet vi kunne ta i påsken fordi det er noen som skal jobbe da, men det er bløtt enda så det går kanskje ikke. Det kan være en buffer, men om vi ikke får til det så må vi ta den senere. Vi kan kanskje ta den når vi er i samme etasje i en av de andre blokkene slik at det ikke blir så langt å gå i mellom.

- *Er det noen forskjeller på holdning og bruk av takt mellom veidekkes egne baser og underentreprenørens baser?*

Nei, det er egentlig ikke det. Alle er veldig positiv til å få et eget område å jobbe alene i for det er jo veldig behagelig. Så det å få de over på takt-tankegangen gikk ganske fort. Det er jo noen som har vært med på det før fra Veidekke, og de er jo veldig for takt. De har jo fått med seg resten på at det er slik vi jobber og de virker fornøyde med det. De jobber mot å klare det og står igjen ekstra for å bli ferdig, og det funker veldig bra det.

(...) På Moholt 50/50 hadde vi førsteetasjene og kjellerne som bufferområder og det funket jo ikke så bra til slutt. Det er litt derfor at vi ikke har hatt så mye bufferområder utenfor takt i dette prosjektet og her. Vi prøver å få med alt i takten.

- *Tror du at takt kunne fungert i mer kompliserte bygg?*

Det er veldig mulig. Det er en fordel hvis det er ganske likt, da skal det mye til for at det ikke skal gå. Vi forsøkte å bruke det på Blussevoll Allé. Det var et leilighetskompleks der nesten alle leilighetene var forskjellige, men vi fikk det til på slutten da det begynte å sette seg med gipsen og slikt. Vi tok en etasje i gangen og de andre fagene fulgte tett på og da fungerte det ganske bra, men det var vanskeligere å få til enn der det var likt. Her er det litt forskjellig men har man fokus på det så går det veldig bra. Jeg tror takt kan brukes nesten over alt så lenge man har et ganske greit bygg å bygge.

- *Har vært på et prosjekt der det benyttes flere tog?*

Her har vi jo bare ett tog. Hadde betongen vært ferdig før vi begynte så kunne vi benyttet flere tog, men det krever jo bemanning deretter også. Det går jo fortere da.



## Vedlegg 12 – Tømmerbas Trondheim

- *Hva er din rolle i prosjektet og hvilken erfaring har du med takt?*

Jeg er tømmerbas på innvendig arbeid på prosjektet. Jeg var med på Moholt 50/50 der jeg styrte gipslaget. Vi forsøkte takt på Blussevoll også men det klarte vi ikke helt, bare til dels gipsingen som jeg styrte. Nå er det jeg som delegerer her på Nærbyen. Før sto jeg i produksjon, det gjør jeg ikke lengre.

- *I oppstarten hadde dere flere møter der dere planla taktplanleggingen, kan du fortelle litt rundt det?*

Det var bra å få diskutert tidsforbruk. Hvem skulle inn når og slikt var fint å få oversikt over. Lappeteknikken var også veldig grei, det var bra å få til det. Det er noe annet å faktisk følge det opp.

- *Hva la dere til grunn når dere delte prosjektet inn i kontrollområder?*

Vi delte inn etasjevis der vi skal være ferdig med hver etasje etter én uke. Det er slik vi har jobbet tidligere. Det er litt utfordrende med fem forskjellige blokker med fem ulike arealer. Topp etasjene er litt mindre arbeid for oss, så vi må justere litt bemanningen rundt det. Ulempen med takten nå er at vi har litt mye innleie på tømmer. Du vet ikke helt hva du får. De man har hatt med tidligere fra Veidekke vet jeg hva jeg får til og de er helt rå. (...) Vi får ikke våre egne fagarbeidere før etter påske så da blir det to runder på å få folk inn i tankegangen. Det er flest innleide nå, veldig få er Veidekkefolk. 90% av de jeg har med er veldig bra, de siste 10% er det litt mer utfordrende med, men da må jeg som bas prøve å gjøre de god. De blir ikke bedre av å sende de bort. (...) Jeg vet ikke alltid hva jeg får når det er innleid. På Moholt 50/50 startet vi med 3 mann på 10 dager og så var vi ned på 2 mann på 6 dager for samme jobb halvveis ut i prosjektet. Det handler med overlapping i produksjonsleddet. Én starter og en kommer etter. Det fikk vi til bra på Moholt 50/50 og Blussevoll. Her på Nærbyen har vi folk fra tre forskjellige firma, da har folk ulike måter å gjøre ting på. Jeg kan bare gi tips og veiledning. Vi sliter litt med den ene vognen. Jeg vil helst være ferdig på torsdags ettermiddag eller fredag morgen slik at vi kan begynne å rigge oss ut og rigge opp for neste uke. I tillegg er det fint å få planlagt litt for neste uke, få gjort ferdig sjekklistene og evaluert hva som gikk bra og ikke for så å luke ut forsinkelser. Stålvognen går veldig bra nå, den har gått fra 4 til 2 fagarbeidere og den går fortsatt veldig bra. Gipsen er litt mer utfordrende og der vil jeg helst bemanne opp fordi vi henger litt bak. Vi får se hva vi får til, overtid syns jeg ikke bør være et alternativ.

- *Hvordan kan man legge til rette for å optimalisere produksjon?*

På Moholt 50/50 hadde vi innleide fra Skanska. De hadde alle fraksjonene inne på samme hybel samtidig. De hadde gipsplater og isolasjonsballer uten noe system. Vi kjøret på med én og én fraksjon. Slik som å ta isolasjon først i alle hyblene for hele etasjen. Så ryddet vi ut og deretter startet noen med isolasjon i fellesarealene mens noen andre startet med gipsing på hyblene. Slik at når de var ferdig med gipsing så kunne de starte med gipsing i fellesarealene der man var ferdig med å isolere. På slutten var det konkurranse for hvem som produserte mest i løpet av en dag med forbehold om at det ikke skulle gå utover kvaliteten. Skanska greide én hybel mens vår beste man greide fem på syv og en halv time. Veidekke lå jevnt på tre eller 4 hybler om dagen. (...)

- *Hvordan kan takt legge til rette for kontinuerlig forbedring av produksjon?*

Takt med mandag til fredag handler om å gjøre det samme fortere og fortere, men her må vi justere oss hver uke fordi hver etasje ikke er lik slik det var på Moholt 50/50. Vi må derfor justere oss inn på bemanning slik at vi kan ha jevn flyt og kruse inn hver vogn hver uke og unngå rykk og napp i produksjon. Det er ikke heldig. Slik det er her så kjørte vi inn to etasjer på en uke. Da skulle jeg heller tatt av folk og nedbemannet fordi UEene kom etter og det ble krasj ved at det ble mye dødtid. Vi tok for mye og havnet en uke ekstra. Vi gikk fra å ha 6 små leiligheter den ene uken og gå ned til 2 store den neste. Da skulle jeg tatt av folk og sendt de en annen plass. Vi ble ferdig med de store på tirsdag og måtte derfor sende alle ned i de mindre leilighetene slik at de også ble tidlig ferdig. Vi tok to etasjer på en uke så da UEene så dette så ville de også gjøre det og da ble det litt krasj. Vi har nedbemannet etter det og har holdt takten bedre etter det. (...)

- *Tror du takt kan fungere på mer kompliserte prosjekt?*

Det er litt vanskelig å si. Det kommer veldig an på hvor komplisert det er og om man ser at prosjektet kan planlegges i takt. Dette må man se på i planleggingen av prosjektet. Hvis man ser at det kan bli vanskelig å gjennomføre prosjektet i takt så bør man heller bruke andre metoder.

- *Hvilke buffere bruker dere på prosjektet?*

Vi kan melde folk av og på prosjektet ut i fra behov. Jeg liker ikke å ha så mye buffere. Om man holder på å sette opp isolasjon så er det demotiverende og dårlig for flyten å bli flyttet til en annen del av prosjektet, men vi må jo ha det. Som for eksempel at vi tar av en person fra stålvognene og sender de over på gipsvognen som ligger lengre bak. Vi vet at stålvognen blir ferdig med én man mindre fordi de ligger såpass langt foran. Vi tar ikke sjanser på slikt.

- *Har dere ekstra områder som dere kan sende folk om dere ligger foran?*

Det er lagt inn til formennene som vi kan starte med som er satt litt på vent. Når vi har kapasitet på folk så kan vi sende folk dit.

- *Har dere vurdert å justere takten underveis?*

Nei, det er ikke aktuelt. Jeg har foreslått det men det ble ikke gjort fordi det kan være u hensiktsmessig for andre aktiviteter. Det kunne ha lønnet seg for oss å gjøre ferdig alt av stål i blokken på en gang og dermed spart masse tid, men da har alle andre fag også vært nødt til å justere seg og det hadde de ikke mulighet til. (...) Det er som Vegard Hjelden sier; takt handler om å holde vognen og ukene på plan slik at man kan kruse gjennom alle ukene istedenfor å kjøre i et jag hele tiden. Det er kjempegodt å ha takt fordi man får jobbe alene. Man slipper rotet med at andre fag er i veien.

- *Hvordan gjennomføres kontroll av fremdrift og hvem gjennomfører dette?*

Det er jeg sammen med hovedbasen som gjør det. På stålet er det lederen i toget som melder inn avvik. Der gjør jeg lite, og på gips har vi ikke klart å få til noe system på det. Vi må klare å bli ferdig på torsdager for å få et system på det. Jeg vil helst at vi skal være ferdig med

sjekklistene på fredag, men de siste to ukene har det vært et jag. Det kommer Veidekkefolk etter påske som jeg vet er stabilt gode på takt. Det er ikke for å kjeppjage folk, men det er noen som passer til takt og det er noen som ikke gjør det. De beste tar to og en halv leilighet i uken og så er det noen som ikke klarer én. Da kan man ikke regne med de.

- *Hva tenker du rundt antall tog i prosjektet?*

Det har ikke så mye å si for meg. Blokken jeg jobber på er for seg selv, rekkehusene er for seg selv. Det er et annet selskap som har de med en bas fra Veidekke. Så det har ikke så mye å si for meg.





## Vedlegg 13 – Anleggsleder Trondheim

- *Hvilke rolle har du i prosjektet?*

Jeg er anleggsleder her på Nærbyen. Det er min første jobb som anleggsleder. Jeg valgte takt fordi jeg var med på Moholt 50/50 som trainee. Da vi begynte å jobbe med prosjektet så var det et prosjekt som var programmert til å kunne optimaliseres for takt. Det er lite variasjon mellom leilighetene i forhold til størrelse og utforming. I hvert fall mindre enn et typisk prosjekt. Tanken var å gjenta det vi gjorde på Moholt 50/50. (...) Jeg gikk rett fra Moholt og hit til Nærbyen, med en liten snartur innom Tillerlandet. Jeg har jobbet med Nærbyen i nokså nøyaktig 2 år. Vi jobbet med det i ett år før vi begynte å bygge. Det var ikke så mye planlegging av takt. Vi så mer på hvordan vi kunne gjør det med takt. Takttanken har ligget til grunn helt siden vi startet prosjektet.

- *Hvilke tilpasninger har dere gjort?*

Tanken var at det skulle være minimal variasjon mellom leilighetene men at det fortsatt skulle være salgbart. Hele tanken bak Nærbyen var industriell bygging. Prosjektet er siktet inn mot studenter og unge førstegangskjøpere. Da går man ikke for store leiligheter, med unntak av de to toppleilighetene. De fleste er mellom 35 og 75 kvadrat. Det er inndelt i flere blokker og de er relativt likt i areal og antall leiligheter. Du vil sjeldent ha et Moholt-prosjekt der alle etasjer er helt kliss like, men likevel så er det lite variasjon. I forhold til mengde og antall leiligheter så skulle det være ganske likt. Den variasjonen som er mellom blokkene skal tas med justering av bemanning ut ifra hvor du er. Mange etasjer er copy paste av etasjen under, gjerne i bolker på to til tre etasjer før man får en variasjon. Det var Sigbjørn Faanes som satt i prosjektutviklingen på prosjektet som var primus motor for det. Han var også prosjektutvikler på Moholt. Han så suksessen vi hadde der og tok med noen tanker fra det om å gjøre det mest mulig likt. Det er en vanskeligere jobb jo mer ulikt det er, det krever mer tilpasning av timeverker.

- *Kan du fortelle litt rundt planleggingsmøtene med underentreprenørene før oppstarten av innvendig arbeid?*

Hele taktbiten begynte allerede under innkjøpsfasen. Da vi tok inn underentreprenører til avklaringsmøter i tidligfasen så hadde jeg en presentasjon av produksjonsstrategi på Nærbyen og hva takt gikk ut på. Jeg fortalte litt om suksessen vi hadde på Moholt og hvorfor vi ønsket å jobbe slik. Da vi kom til kontrakt var det viktig å få med takt i kontrakten. Det var litt av problemet i Blussevoll at takt var noe som kom inn etter at produksjonsleddet var kommet inn i prosjektet. Takt var ikke ivaretatt i kontraktskjeden. På Nærbyen har vi taktboken som del av kontrakten slik at alle var forpliktet til å forholde seg til takt. Vi ventet så lenge som mulig med å begynne planleggingen av takt. Vi viste ikke når vi skulle komme i gang på grunn av store forsinkelser i betongarbeidet. Vi har flyttet oppstart på tømmer med to måneder. Planleggingsprosessen for betong var or dårlig, vi undervurderte prosjektet og brukte for lite tid på å planlegge. Vi så mye på når vi kunne starte den første tømmervognen. Det vi måtte unngå var å krasje i betongen. Det hadde vært krise. Så vi utsatte lenge. Vi laget en egen taktplan før møte med basene der vi hadde flere vogner enn det vi endte opp med for å ha god plass. Etterhvert som betongen begynte å bruke tid det som var satt av til innredning så måtte man se på hva som måtte gjøres for å løse det. Da endret vi rekkefølgen på blokkene. Vi endret i innholdet i hver vogn så vi klarte å trimme det til å passe innenfor byggetiden. Dette lå litt i bunn da vi satte oss ned med basene, men var ikke noe de fikk innsyn i. I november

følte vi at vi hadde nok kontroll på betongarbeidet til å starte taktplanleggingen med basene. Vi måtte starte da. Så vi hadde møter i desember. Basene, sammen med saksbehandlere, minus bas på kjøkken. Kjøkkenmontørene har enda ikke vært med i planleggingen på basnivå, kun prosjektledelsesnivå. Vi skal i gang med det et par uker etter påske så det blir spennende å se om vi får med de på samme måte som vi har fått med resten. På møtet hadde vi med Ole Morten Skaret, det er han som er mest dreven på takt i Trondheim og han kjørte en introduksjon på takt. Vi kjørte i gang med tegningsgjennomgang, inndeling av områder og lappeteknikk. Jeg hadde et utkast til taktplan som jeg satt med selv som jeg sammenlignet opp mot. Den takten de kom opp med var en del annerledes enn den vi kom med, men jeg prøvde å ikke styre det inn på min plan for alle endringene i forhold til min plan var fornuftig. Jeg følte mer at min planlegging var dårligere enn deres fordi prosessen de hadde var såpass god og gjennomtenkt. Så var det en del som dukket opp underveis som vi måtte informere om underveis og ta hensyn til. Etter møtet laget vi planen basert på hva basene planla. Etter møtet så vi at betongen ble mer forsinket og vi så et behov for å utsette oppstart og dermed kutte ned på antall vogner for å komme i mål. Så vi hadde en nye samling der vi greide å kutte ned antall vogner fra 17 til 15 vogner. Toppleilighetene ble tatt ut av taktplanen for å hente mer tid på taktplanen. De blir derfor tatt ut av planen og satt på egen parallell streng. Det var nok lurt fordi de skilte seg såpass fra de andre leilighetene med plassbygde bad. Jeg tror det hadde blitt veldig varierende mengde arbeid for de ulike vognene. Så isteden for å justere bemanningen så blir den tatt ut. Toppleilighetene har også senere overleveringsdato enn de andre leilighetene så det passer bra. Til sammen kjørte vi 5 samlinger. En hel dag, den første, så hadde vi fire eller fem halvdagssamlinger. Vi spisset fremdriftsplanen, logistikk, rigg, toppleiligheten, HMS og risiko ble gjennomgått med alle fag og vi fikk knadd planen til et resultat som vi synes var veldig godt. Det er litt tight fra siste leilighet skal være ferdigstilt til overlevering, det er vel omtrent tre uker, men det skal vi klare å håndtere. Basene har gjort mesteparten av jobben så har prosjektlederne sittet bak og fulgt med.

- *Hvilke endringer var det fra din plan til basenes plan?*

Det var mest på rekkefølge på aktivitetene. Jeg er ganske uerfaren, dette er mitt første prosjekt som anleggsleder og med bygging av boliger. Så jeg overvurderte tiden på en del fag. Jeg la inn to vogner på gips, men basene på tømmer var veldig klare på at de ønsket en uke på hele gipsvognen. Vanligvis er det delt opp med tekniske fag imellom, men på Blusevoll hadde de gjort det på en uke og hadde da spart mye tid på rigging og mente derfor at det skulle gå. Det var litt skepsis til å slå sammen gipsvognen til én uke ettersom at gips ofte har gitt forsinkelser på flere prosjekter fordi det er en såpass arbeidskrevende vogn. Så vi har fulgt opp den vognen ekstra mye i de siste ukene.

- *Hvordan er møtestrukturen underveis opp imot kontrollering av fremdriften?*

Basene har et ukentlig basmøte ute på plassen der de går gjennom vognene og tar status og gjør tilpasninger. Jeg har ikke vært med på de møtene selv fordi jeg ønsker å ha litt avstand til det og at det skal være deres møte. De skal føle autonomi. Er det saker så blir det meldt videre til meg. Bas-gjengen virker veldig løsningsorientert og de forhandler seg imellom og finner løsninger selv. Nye fag som kommer inn tar del i basmøtet etterhvert som de tar del i prosjektet. Vi har et ukeslutt-møte med baser og formenn der vi diskuterer hva som har vært og hva som kommer. utfordringer, løsninger og bemanning diskuteres på disse møtene. Det er ikke så mye kontroll utenom det. Jeg har ikke kontroll over den forutsatte takten. Jeg går litt ute på plass og ser at fagene er omtrent der de skal. Problemet så langt har vært at noen er ferdig før de skal og er utålmodige med å gå videre. Jeg holder på å sende ut en mail nå der

jeg oppfordrer til å heller plukke av folk enn å forsere. Det er ikke vits at en vogn forserer når ikke de andre gjør det. Det er den siste vognen som er ferdig til slutt uansett. Maleren som starter etter påske trenger de ti dagene han har uansett. Da stopper forseringen der. Det er ikke noe vits at de fem fremste vognene stikker av og krasjer med tynnavrettingen etter to uker. Det er viktig å holde den femdageren som er satt.

- *Er det noen buffere eller tiltak som er forberedt i tilfelle man skulle komme bak planen.*

Vi har satt inn en tidsbuffer og det er uke 22. Den er hvit hele uken på grunn av helligdagene i mai slik at det blir fem helligdager frem til uke 22. Da blir takten ikke lengre fra mandag til fredag men forskjellig fra uke til uke med totalt 5 røddager frem til uke 22. I tillegg er det planlagt 4 uker ferie i sommer der det er full stopp i byggingen.

- *Vurderte dere å sette inn tomme vogner som buffere?*

Vi vurderte det, og burde kanskje hatt én vogn som buffer, men på grunn av forsinkelsene i betongen så har vi ikke hatt tid. Så vi er tvunget til å gjennomføre 15 vogner uten buffer. Vi har begynt på den syvende vognen denne ukene og det har så langt gått veldig smooth. Gipsen er mest arbeidskrevende og den ble akkurat ferdig den første uken og litt bedre den neste. Den vognen jeg er mest spent på er kjøkkenet. Det er litt fordi det er arbeidskrevende og litt fordi basene ikke har vært med å planlegge og at eierskapet til prosjektet kanskje ikke er der. (...) Jeg har et oppstartsmøte hver torsdag med hver vogn som skal begynne den påfølgende uken. Der prøver jeg å få med de som skal jobbe i vognen. Det gjorde jeg fordi det er vanskelig å sette fagarbeideren inn i tanken og planen som er lagt. Basen vet det men vet fagarbeideren det? Det følte jeg var et svakt ledd med planen. På Nidarøhallen var det noen som ønsket å ha et oppstartsmøte for hver vogn og det var noe jeg hadde tenkt på. Samtidig snakker jeg mye med Guro som jobber med HMS som følte at hun ikke hadde helt oversikt over hva som skulle skje og risikovurderingen for hver vogn. På grunn av dette ble det et oppstartsmøte med hver vogn hvor vi fokuserer på HMS og KS. Vi kjører to deler. Først en runde på HMS og risiko. Deretter forteller jeg om takt, hva det er og taktavtalen som ligger i bunnen av prosjektet slik at de vet nivået. Så det er 15 møter jeg skal ha. Dette tar tid men jeg føler det er verdt investeringen. Hvis man ser på alle møtene hvor mye tid vi har brukt på planlegging i dette prosjektet så er det sikkert mer enn et vanlig prosjekt, men jeg tenker at det er det vi driver med fremdrift er økonomi og det må vi bruke tid på. Det var en forutsetning for planleggingen at det skulle ta den tiden det tok for å bli ferdig med en god plan. Vi skal holde på til vi er trygge på planen. Vi er ikke ferdig med planen. Snart skal vi ha et møte med aktørene som skal være med på fellesarealene i bygget. Der skal vi finne ut hvordan vi skal legge inn de på en måte som er minst mulig smertefyllt for takttoget.

- *Så fellesområde planlegges utenfor takt?*

Nei, når vognen går gjennom en etasje så tar de med seg fellesarealet også. Når for eksempel ventilasjon tar en etasje med leiligheter så tar de også ventilasjonen i fellesområdet. Det samme med maleren. Men på et punkt kommer heis-, himling- og rekkverksmontører som ikke jobber i den vanlige takten så vi må definere når de skal komme inn. Det legger føring for hvordan resten av bygget kan jobbe. For når gulv og rekkverk skal monteres så kommer trapperommet til å være stengt eller begrenset mulighet til å gjøre enkelte oppgaver. Så vi må finne ut når det er minst smertefullt å gjennomføre dette. Er det før, underveis eller etter toget?

- *Har dere tenkt noe på å justere takten underveis?*

Jeg har tenkt på det, jeg er litt usikker på rørleggeren. Han har en vogn før og etter gipsen. Jeg tror han kunne klart begge, men jeg tror vi kommer til å holde oss til planen for nå. Vi må komme i gang og klare å holde takten som er satt før vi kan justere den. Vi har vært nødt til å gjøre endringer underveis da det ble vannlekkasjer i tre av leilighetene. Det er snakk om 3 leiligheter plassert rett over hverandre. En i hver av de tre første vognene. Vi har ikke gjort gipsen eller himlingene i den leiligheten. Vi skal bruke litt av tiden vi har i påsken til å ferdigstille den leiligheten. Det er snakk om tre leiligheter så planen er at vi skal kunne være ferdig med de til etter påske slik at maleren kan begynne på alle seks etter påske. Hvis vi støter på et problem så isolerer vi leiligheten så hopper vi over den og tar den utenfor takt senere. Hvis vi tar igjen betongen og aktivitetene foran så stopper hele toget. (...) Vi har også hatt flere runder med risikovurdering, hva kan skje og hva gjør vi hvis det skjer? Vi tok en slik runde med alle fag for å finne løsninger på slike mulige scenarioer. Hva gjør de hvis man plutselig har tre syke på en mandag? Da gjelder det å alltid ha ekstra folk i back-up og hele tiden ha flere registrerte på prosjektet enn det som faktisk er der slik at man kan skaffe reserver kjapt. Vi i Veidekke har mange folk på prosjektet så vi kan omjustere mellom vognene og aktivitetene på prosjektet. Takten vil alltid ha førsteprioritering. Vi vil ha mest mulig flyt og kontinuitet og helst ikke flytte mye på folk.

- *Er det noen forskjell mellom egenarbeidere og innleide underentreprenører når det kommer til takt?*

Forskjellen er at noen har hørt om takt og noen har ikke det. Det er som Betonmast som har drevet med lignende, de kaller det «å kjøre tog». Backe har ikke vært med på det før, men alle skjønner konseptet. I oppstartsmøte så går vi gjennom det og forklarer hvorfor forutsigbarhet er viktig. Jeg føler at de kjøper det, men i forhold til produksjon så er det ikke så stor forskjell.

- *I innkjøpsfasen, la dere ekstra vekt på tidligere erfaring med takt?*

Vi hadde lyst til å ha med underentreprenører på rør og elektro fra Moholt 50/50, men de nådde ikke opp på pris. Vi har den holdningen at vi tror såpass på systemet at vi ikke er avhengig av å ha med de samme entreprenørene hver gang, det var bare bonus hvis det ble slik. På rør hadde vi tilbud om samme prosjektleder og bas som på Moholt 50/50 men det ble for dyrt. Det er en vurdering om erfaring med takt kommer til å være mer lønnsomt enn det avviket opp til beste pris.

- *Hva tror du må ligge til grunn for at takt skal bli suksessfylt på et mer komplisert prosjekt?*

Jeg tror det handler om tiden du bruker. Det er en tidsinvestering. Hvor mye greier du å involvere basene i planen og tankene som er lagt. Jeg tror det er viktig at fagarbeiderne vet hvorfor det er viktig å holde seg til sitt område og ikke forsere når de ligger foran planen. Jeg tror det går på tid.

- *Dere benytter kun ett tog i dette prosjektet?*

Nei, det blir snart ett til. Prosjektet er veldig stort. Det er høyblokk, lavblokk og næring. For takten som er satt i gang nå så setter vi kun i gang med høyblokk. Vi starter med en egen streng for lavblokkene som går motsatt vei, den starter i nord og går mot sør. Næringsarealet

kommer til å ha tradisjonell fremdrift. Det er litt fordi bruken av næringsarealene kan endre seg plutselig og at vi derfor må gjøre endringer i området underveis ettersom leietakere kommer inn. Det er for mange ukjente faktorer her. Så det blir to separate takttog og en del separate produksjonslinjer.

- *Hva tror du er fordelene og ulempene med å ha flere tog i motsetning til ett?*

Jeg tror det handler mye om fokuset. Jeg tror det blir vanskeligere å holde det riktige fokuset når begge togene går samtidig. Så jeg tror det er viktig å ha tilstrekkelig baskapasitet. Det at man har definerte ledere som tar ansvar for de ulike vognene. Det er jeg mest skeptisk med når det neste toget skal starte er at basene til underentreprenørene blir overbelastet. Vi har egne baser. Vi har tre og skal opp på fire når takttog to starter, men jeg er usikker på om underentreprenørene får for mye på en gang og at vi sprenger begge togene på grunn av dette.

(...) Vi har bevist valgt å ikke ha noen bufferområder i dette prosjektet, men vi skal lage en backlog på tømmer men vi har ikke kommet så langt enda. Vi kommer til å få variasjon i takten fremover så da er det viktig å ha områder som man kan sende overskuddspersonell til.



## Vedlegg 14 – Produksjonsingeniør DPR

- *What is your role in your company?*

At DPR, I'm a production engineer and I help plan and schedule projects in San Diego. DPR is one of the largest commercial contractors in the US. We do business for around 12 billion US dollars every year, so we are a pretty big company. DPR have been working very advanced with Lean Construction the last 12 years. Takt time is newer for them, but it's new for everyone in general. I started 2 and a half years ago and helped them with planning and scheduling in takt. Before that I was working at Boldt, doing takt time there and initially started researching takt time back in 2012. There was no literature or discussion on takt back then. I started to talk to Boldt and see what they were doing. I published the first paper in 2013 and shortly after representatives from Veidekke, including Sigmund Aslesen, came over. We worked together for a little bit and I showed him what we were doing.

- *What is your education?*

I am 1 signature away from a PHD from Berkeley. I was the main researcher at Berkeley for it and was the person to kick start research for Takt time in construction. My whole dissertation is trying to figure out how takt looks like in construction. Because there is nothing out there now. My dissertation talks about what takt looks like in manufacturing, what similarities are there with other planning methods. What differentiates takt? This hasn't been asked before. I tried to test and work with case studies to figure this out.

- *How is the meeting structure in takt projects before and during production?*

During construction you may need more triage type of meetings. Other than that, you're always planning work out in the future, so they are similar.

- *What do you mean by triage type of meetings?*

Before construction you are planning a lot of work. So I use takt time planning method where we start with data collection, then you find what zones and takt time makes sense and so on. Early on it's a lot of planning, but when production starts you have a lot of problems in the moment and meetings to solve this. What kind of problems are there? How are you going to change the plan? These meetings look one or two weeks ahead, and then you have the long-term meetings that look more on the phases as a whole. You need to have these two types of meetings.

- *Who participate in these meetings?*

You are going to want to have the superintendents and general contractor there, as well as foremen from all the trades. And also anyone else that is needed to supplement the meeting. So if you need architects to solve problems you bring them in. If you need project engineers or specialized engineers they are in the meeting.

- *How do you decide the takt time? Who is part of deciding the takt time?*

Takt time is mainly dictated by the demand rate; if that is not too limiting, then it's up to the comfort of the team and what makes sense mathematically. Takt time is based on demand, you want to have a cycle time that is faster than the demand to satisfy the customer. Not too fast because you are just overproducing. So the demand rate first and foremost dictate things. So if you are going to build 10 000 square foot and you are going to have ten 1 000 square foot zones then there is this certain mathematics on how fast you can really go. There are some kind of limit there on how you are going to build out the plan there. As well you have to see how comfortable the team is with the task given. If you use two or four-day takt time then tend to be a bit uneasy about it. So sometimes you have to go bigger with zoning and takt time to facilitate for the team. It's all design. It's about what is feasible mathematically and what is the team comfortable with. So early on I help set up an overall strategy to work through a plan. I just make the guidelines. If I were to build a lab with four floors and 20 000 square foot footprint, maybe I use ten or twenty thousand square foot areas. I make some assumptions with how we need to work in different areas through rough construction and finishes. Then I go together with the team to make a more detailed plan.

- *How much planning do you do before you involve the team?*

This can be anywhere from 3 months to a year in advance. I need to give the owner a schedule, we need to get people on board before we get the foremen onboard. So you need to have a rough idea what you can use and work with. Instead of inheriting a schedule that is not right I can do my own work from the beginning and implement takt right away. I try to be conservative as well and not constrain the problem. We are planning out two years in advance so I know early what the takt plan will look like.

- *Does the plan change a lot when you involve the foremen?*

Honestly it doesn't really change that much anymore. If we are meeting, and the project is similar to a project I have built before the plan doesn't change that much. I have built a lot of life science buildings and hospitals. I have a lot of different recipes now. So if I get pictures from the architect and I know what the different areas are going to be, I'm getting really good at coming up with a pretty decent plan from that and just take it from there. (...) Obviously getting people involved in the plan is incredibly important. You need a simple plan and a plan that everyone agrees upon or else it's not going to work.

- *How can you involve the foremen and subcontractors if you have made much of the plan in advance?*

At a high level there is a strategy for how I think we should build it, and two months before the project starts I bring them all together where we start with a conversation around process where we say how we want to do it.

- *What criteria are used to divide the zones?*

Primarily work density, constructability, and system design drives the division, comfort of the foremen drives it as well. What I mean by work density is that there is an idea of the



amount of work distributed around the floor. So some areas are going to be denser with work than others. The next thing we are talking about is installation work on the floor. So you could have an area with a ton of work, but it's all prefabricated somewhere else, so you just need five minutes to install it on site. Work density is work the workers need to do on each floor that takes up space. The next thing is constructability. There we look at what makes sense for how we decide zones. So we are not going to make zones that you can't build. The next thing is overall system design. Depending on the plan the way the zones are designed mechanically, you may not be able to commission the space efficiently. You have diagram for your mechanical system that is breaking up the building in part for each level. That can be more restraining for the overall scheduling problem depending on how commissioning looks like. Last criteria are what kind of areas the foremen want and what they are comfortable with. (...)

- *Do you ever use empty wagons in your project?*

It all depends on the projects. Some of the schedules are incredibly fast. I'm building for Sony right now where they do all their sounds for their video games. It's a 120 000 square feet building that they needed to be complete in 23 weeks. So I can't put an empty wagon in there. I'm building an office building 5 minutes away from here where I have time so there I will put in an empty wagon. It usually depends on the owner and what I can get away with. If I can I will have an empty wagon as a buffer.

- *What other kinds of buffer do you use?*

Capacity is one of them. In theory if you have a are that the trades are going to finish in five days, then they should be able to get that done in four days. It's a certain trust in the team, and you don't want to micro manage them too much, but you want to have some capacity buffer. Usually there is one bottleneck trade, there is in theory only one trade that needs the five days, everyone else will finish in in less than time than the takt time. I'm working with a PhD research in Stanford to try to quantify this problem and try to see what are the trades-off and how much time you are really losing. We create models and try to create mathematically correct takt time It's all theoretical, none of this is well understood. The other kind will be a space buffer, which almost looks like a time buffer too. You can design your areas so that more space is opened up in between the trades. We are basically putting more work in process when you do that.

- *How do you decide the size of the buffers?*

It's project dependent. I really don't like to line up a bunch of wagons and say this is how it's going to flow, and it must be perfect the whole way. We know it's not going to work. If there is a delay the team can say that they will fight it out there and then and come back on the plan. You can't plan that in, you can't be proactive there.

- *What do you do if you have to deviate from the plan?*

There is a lot you can do. First and foremost you need to understand why the plan is deviating. Understand what your problem is. Then you have to quantifying, what is the magnitude of the problem. From there you can change the sequence of the trades. For example switch electrical and plumbing. You can also add another wagon. If inspections take a long time maybe you have to add a separate wagon for this. There are many activities in one

wagon, so you can take some of them out of the wagon. First you look at the sequence and then you look at the tasks within the wagons. The next thing is that you can change the size of the zones or you can change the sequence of the zones too. (...) It's like any engineering problem. First quantify why, understand the magnitude of it and find the tools you can use to improve on the plan.

- *How much do you involve the subcontractors when the plan deviates?*

That's where we have the triage meetings. I have done that sometimes already this week for the Sony-project.

- *Do you employ your own craftsmen?*

Yes, we do! We self-perform concrete, dry wall, door-frames, ceilings, case-work and furniture. So we control a lot of the overall flow work. Throughout construction we control a lot of the trades. It works great early on with our internal estimators and foremen to build a plan. When I decide the zoning in my plans I usually talk to some crucial people for input on the plan. This estimators and foremen helping. Our foremen are in the project as early as two years in advance so I can talk to them all the time when I make the plan.

- *What are the benefits of having your own craftsmen compared to using subcontractors?*

As we talked about the collaboration early on is very nice. Also the level of transparency is high since we are in the same company. If I mess up on the plan they let me know since it affects all of us financially. Sometimes a trade from the outside can hide their problems for a long time, and you don't find out before late in the project. So transparency is pretty big. Lastly, if it comes down to it, we are able to keep a plan on takt that might hurt some of our own trade on the local level, but it will help the job overall. Sometimes you won't get that if you are not self-performing the job.

- *Do you involve external foremen in the planning?*

If I can early on then we will. The rule of thumb is that the earliest I can get their input I will get their input, but the nature of the industry is that I can't talk to them on an early stage. They can build it better than me, why won't I listen to them?

- *Have you considered to employ other trades as plumbers, electricians and so on?*

No, it gets really tough with construction as a business. The industry goes in cycles and the margin is already really tight, so that sometimes the risk of having that many people is just too much. So you can diversify the portfolio a lot more if you don't do your own work and instead spread out on a lot of different projects. If you have electricians and plumbers all under one roof it can be tough. In an economic downturn you could potentially have to lay off hundreds of people. Also for the cash flow of the business it's really hard to handle that. So I don't know if it makes business sense to do it unless it can be mitigated somehow.

- *Are there any limits for what takt can be used on?*

Any kind of building can use takt time planning. Going through the method won't hurt anyone, you might not get the same flow in all projects, but the method works on any job. I use the method on all my projects. I use it most on higher education buildings, data centers, health care and life science projects. I use it in foundation, building the super structure, the interior, the exterior and commissioning. Everything is done in takt. You make everything flow.

- *Boldt use different zoning and takt time for different phases, do you do that as well in DPR?*

A lot of what Boldt did was a result of what type of project they were doing. They don't have to do that for simpler projects, but for hospitals you need to plan like that because of how inspections drive the work. Inspections drive the zone size and then if you go in to the finishes you usually have an own zone structure. If it is because of inspection, type of work or the structural constraints that makes it inefficient to only use one set of zoning then you should adjust it to different zoning through different phases.

- *Do you use multiple trains in your projects?*

Yes, my record is five! We built a life science project that was supposed to be finished in 36 months, but we built it in 29 months with 5 trains to do that. We were building twice as fast as Boldt was building their hospital buildings. When you are working like that you really need to look at the system design and design everything as efficient as possible. You need a simple plan because you need so many people aligned on it very fast because if someone isn't then you will have huge issues. You need a simple plan and you need people involved. In a system design perspective you almost have to make algorithms to make sure everything you do scales very well.

- *How will takt improve in the upcoming years?*

The biggest thing is that right now is deciding takt time with robotics. Right now we just assume a three or four-day takt without, and it can be very costly to not choose the optimal solution. It's hard and expensive to measure how much time it will take so automatization will decrease the cost greatly. There already cool programs out there that are getting better and better as they get more data. How we build will be a lot more scientific. The next thing is that we are automation a lot of things. I spend a lot less time on site and instead focus on design, commissioning and coordination.

