

Kristoffer Hestetræet

# Hva skal til for å lykkes med Taktproduksjon

Metoder, barrierer og suksessfaktorer

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk, prosjektledelse  
Veileder: Olav Torp

Juni 2022



Kristoffer Hestetræet

# Hva skal til for å lykkes med Taktproduksjon

Metoder, barrierer og suksessfaktorer

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk, prosjektledelse  
Veileder: Olav Torp  
Juni 2022

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



Kunnskap for en bedre verden





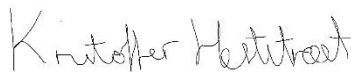
# Forord

Denne masteroppgaven er det avsluttende arbeidet på den femårige sivilingeniørgraden i Bygg- og Miljøteknikk med fordypning i prosjektledelse. Oppgaven er skrevet ved Institutt for Bygg og -miljøteknikk, Fakultet for ingeniørvitenskap, Norges Tekniske og Naturvitenskapelige Universitet i Trondheim. Oppgaven skrives våren 2022 og bygger videre på arbeidet med prosjektoppgave i emnet TBA4531 prosjektledelse, fordypningsprosjekt høsten 2021.

Temaet for oppgaven er hva som er viktig for å lykkes med Taktproduksjon på byggeprosjekt. Oppgaven ble valgt med bakgrunn i sommerjobb og deltidsstilling i Consto Midt-Norge AS Kontor Molde fra og med sommeren 2021. Her ble jeg introdusert for Taktproduksjon i praksis, noe som skapte en stor interesse. Taktproduksjon har også vært en del av utdannelsen ved NTNU. Jeg tenkte umiddelbart at jeg ønsket å videreutvikle min kunnskap på temaet og at jeg ville bidra til å utvikle Consto Midt-Norge AS Kontor Molde sin praksis.

Jeg ønsker å rette en stor takk til veileder Førsteamanuensis Olav Torp ved NTNU Gløshaugen for god veiledning og gode diskusjoner ved både prosjekt- og masteroppgave. I tillegg vil jeg rette en stor takk til Prosjektsjef i Consto Midt-Norge AS Kontor Molde Bjørnar Gundersen, samt andre ansatte i bedriften for gode diskusjoner og deres bidrag inn i masteroppgaven.

Trondheim, juni 2022



---

Kristoffer Hestetræet



# Sammendrag

Taktproduksjon innebærer Taktplanlegging og oppfølging av taktet produksjon. Det siste tiåret har det vært rettet stort fokus mot dette i lean construction-miljøet. Det har resultert i utviklingen av metoder for Taktproduksjon og en stadig økende bruk av disse på byggeprosjekt, også i Norge. Casestudier viser at Taktproduksjon har et betydelig potensial for å redusere gjennomføringstid og kostnader på prosjekt. Samtidig er det også utfordringer med denne måten å strukturere arbeid på. Dette danner grunnlaget for problemstillingen for oppgaven:

Hva skal til for å lykkes med Taktproduksjon?

For å belyse problemstillingen er det også utarbeidet tre forskningsspørsmål.

FS 1: Hvordan gjennomføres Taktproduksjon?

FS 2: Hvilke barrierer og suksessfaktorer er sentrale ved Taktproduksjon?

FS 3: Hvordan kan barrierer håndteres og suksessfaktorer ivaretas?

For å besvare problemstilling og forskningsspørsmål ble det gjennomført litteraturstudie, samt casestudie av Consto Midt-Norge AS Kontor Molde. Casestudiet ble gjennomført ved kvalitative intervjuer av tre representanter i bedriften og aktivt deltagende observasjon. Hensikten med dette var å sammenligne teori og praksis for å besvare problemstillingen.

Det finnes i hovedsak to etablerte metoder for Taktplanlegging i lean construction-miljøet, nemlig Takt Time Planning (TTP) og Takt Planning and Takt Control (TPTC). Sistnevnte tar også for seg Taktkontroll. I tillegg til disse har denne oppgaven studert praksisen Consto Midt-Norge AS Kontor Molde har på Taktproduksjon og Last Planner System (LPS) som er et system for produksjonsoppfølging. Studien viser at det ikke er noe fasitsvar på hvordan Taktproduksjon gjennomføres. Det er flere metoder og valget mellom dem vil være avhengig av forutsetninger ved både prosjekt og prosjektorganisasjon.

Både blant litteraturen studert i denne oppgaven og i intervju fremkommer mange av de samme barrierene og suksessfaktorene. Barrierene dreier seg i stor grad om faktorer som ikke er en del av metodene for Taktproduksjon. Utfordringer rundt identifisering av kritiske oppgaver, detaljering i planleggingsfasen, planlegging av logistikk og mangel på helhetlig planlegging seg som viktige. I produksjon er barrierene mer rettet mot forpliktelse til plan, oppstart av produksjon, kommunikasjon og kontroll av arbeid.

For å håndtere barrierer og bidra til vellykket Taktproduksjon viser tidlig involvering av sentrale aktører seg som spesielt viktig. Det samme gjelder opplæring i plan og system. Mye handler om å utnytte kunnskapen som allerede eksisterer i prosjektorganisasjonen.



# Abstract

Takt production involves Takt planning and follow-up of Takt production. In the last decade, great focus has been placed on this in the lean construction community. This has resulted in the development of methods for Takt production and an ever-increasing use of these at construction projects, also in Norway. Case studies show that Takt production has a significant potential to reduce throughput time and costs. At the same time, there are also challenges with this way of structuring work. This forms the basis for the research problem for the thesis:

What does it take to succeed with Takt production?

To shed light on the problem, three research questions have also been prepared.

RQ 1: How is Takt production carried out?

RQ 2: What barriers and success factors are central to Takt production?

RQ 3: How can barriers be handled and success factors taken care of?

To answer the research problem and research questions, a literature study was conducted, as well as a case study by Consto Midt-Norge AS Kontor Molde. The case study was conducted through qualitative interviews of three representatives in the company and active participatory observation. The purpose of this was to compare theory and practice to answer the research problem.

There are mainly two established methods for Takt planning in the lean construction community, namely Takt Time Planning (TTP) and Takt Planning and Tact Control (TPTC). The latter also deals with Takt Control. In addition to these, this thesis has studied the practice of Consto Midt-Norge AS Kontor Molde has on Takt production and Last Planner System (LPS) which is a system for production follow-up. The study shows that there is no definitive answer on how Takt production is carried out. There are several methods and the choice between them will depend on the prerequisites of both the project and the project organization.

Both among the literature studied in this thesis and in the interview, many of the same barriers and success factors emerge. The barriers are largely about factors that are not part of the methods for Takt production. Challenges around the identification of critical tasks, detailing in the planning phase, planning of logistics and lack of comprehensive planning are important. In production, the barriers are more aimed at commitment to planning, start-up of production, communication and control of work.

In order to deal with barriers and contribute to successful Takt production, early involvement of key players proves to be particularly important. The same applies to training in plan and system. It is about utilizing the knowledge that already exists in the project organization.



# Innhold

Forord .....	i
Sammendrag .....	iii
Abstract .....	v
Figurer .....	ix
Tabeller .....	x
1 Introduksjon .....	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven .....	1
1.2 Formål og problemstilling .....	2
1.3 Avgrensninger .....	2
1.4 Oppgavens oppbygging .....	2
2 Metode .....	4
2.1 Forskningsmetoder .....	4
2.1.1 Kvalitative og kvantitative metoder .....	4
2.2 Utvalgte forskningsmetoder .....	4
2.3 Litteraturstudie .....	5
2.3.1 Tilført litteratur etter litteraturstudie .....	6
2.4 Casestudie .....	7
2.4.1 Kvalitative intervju .....	7
2.4.2 Observasjon .....	9
2.4.3 Dataanalyse .....	9
2.5 Evaluering av forskningsmetode .....	10
2.6 Gjenbruk av materiale fra prosjektoppgave .....	10
3 Teori .....	12
3.1 Utviklingen av lean production .....	12
3.2 Lean production og Toyota Production System (TPS) .....	13
3.3 Lean Construction .....	15
3.4 Relevante begrep, metoder og verktøy .....	16
3.4.1 Pull-planlegging .....	16
3.4.2 Sløsing .....	17
3.4.3 Variabilitet og buffere .....	17
3.4.4 Last Planner System (LPS) .....	20
3.5 Taktproduksjon .....	23
3.5.1 Taktproduksjon i praksis .....	24
3.5.2 Takt Time Planning (TTP) .....	27
3.5.3 Takt Planning and Takt Control (TPTC) .....	29

3.5.4	Taktmodenhet .....	37
3.5.5	Sentrale barrierer og suksessfaktorer ved Taktproduksjon.....	38
4	Resultat.....	40
4.1	Consto Midt-Norge AS kontor Molde.....	40
4.1.1	Thon Hotel Kristiansund (THK).....	40
4.1.2	Lillekollen Barnehage (LBHG).....	40
4.2	Hvordan gjennomføres Taktproduksjon? .....	41
4.2.1	Prosjektering og kontrahering .....	41
4.2.2	Taktplanlegging .....	41
4.2.3	Utførelse .....	43
4.3	Hvilke barrierer og suksessfaktorer er sentrale ved Taktproduksjon? .....	45
4.3.1	Prosjektering og kontrahering .....	45
4.3.2	Taktplanlegging .....	46
4.3.3	Utførelse .....	46
4.4	Hvordan kan barrierer håndteres og suksessfaktorer ivaretas?.....	47
4.4.1	Prosjektering og kontrahering .....	47
4.4.2	Taktplanlegging .....	48
4.4.3	Utførelse .....	48
5	Diskusjon.....	50
5.1	Taktmodenhet Consto Midt-Norge AS Kontor Molde .....	50
5.2	Hvordan gjennomføres Taktproduksjon? .....	53
5.2.1	Taktplanlegging .....	54
5.2.2	Produksjonsoppfølging .....	56
5.3	Hvilke barrierer og suksessfaktorer er sentrale ved Taktproduksjon? .....	58
5.3.1	Prosjektering og kontrahering .....	58
5.3.2	Taktplanlegging .....	59
5.3.3	Utførelse .....	59
5.4	Hvordan kan barrierer håndteres og suksessfaktorer ivaretas?.....	60
5.4.1	Prosjektering og kontrahering .....	60
5.4.2	Taktplanlegging .....	61
5.4.3	Utførelse .....	62
6	Konklusjon .....	63
	Referanseliste .....	65
	Vedlegg .....	71



# Figurer

Figur 1: 4 P model of The Toyota Way (Liker, 2004, s. 6) .....	14
Figur 2: Five-step process of lean implementation (Lean Enterprise Institute, 2000) .....	15
Figur 3: Type buffere i en Taktplan (Dlouhy et al., 2019).....	19
Figur 4: The Last Planner System (Ballard, 2000, s. 3–15) .....	21
Figur 5: Plannivå Last Planner System (basert på Ballard, 2000; Ballard & Tommelein, 2016) .....	21
Figur 6: Soneinndeling (egenprodusert) .....	25
Figur 7: Parade of Trades .....	25
Figur 8: (egenprodusert) .....	26
Figur 9: Taktplan (Egenprodusert basert på: Binninger et al., 2017) .....	27
Figur 10: Eksempel på Color-ups (Frandsen et al., 2013) .....	28
Figur 11: Funksjonelle områder og prioriteringer (Egenprodusert basert på: Binninger et al., 2017) .....	30
Figur 12: Funksjonelt område (Egenprodusert basert på: Binninger et al., 2017).....	31
Figur 13: Funksjonelt område delt inn i SSU .....	31
Figur 14: Eksempel arbeidspakke (Binninger et al., 2017) .....	32
Figur 15: Eksempel på harmoniseringstabell (Dlouhy et al., 2016).....	32
Figur 16: Teoretisk eksempel reduksjon størrelse Taktzone (Binninger et al., 2018) .....	33
Figur 17: Metoder for å jevne ut arbeidspakker (Haghsheno et al., 2016) .....	34
Figur 18: Double packaging and double sequencing (Dlouhy et al., 2018).....	34
Figur 19: Eksempel Taktplan (Haghsheno et al., 2016) .....	35
Figur 20: The Three-level model (Dlouhy et al., 2018) .....	37
Figur 21: Beregning av sonestørrelse og Takttid .....	43

# Tabeller

Tabell 1: søkelogg .....	6
Tabell 2: TONE-prinsippet (NTNU, n.d) .....	6
Tabell 3: Gjenbruk av materiale fra prosjektoppgave og grad av bearbeiding .....	11
Tabell 4: Metoder for analyse av plan (Egenprodusert, basert på Ballard & Tommelein, 2016) .....	22
Tabell 5: Taktmodenhetsmodell (Lehtovaara et al., 2020) .....	38
Tabell 6: Taktmodenhetsvurdering av Consto Midt-Norge AS Kontor Molde .....	52
Tabell 7: Taktmodenhetsvurdering av Consto Midt-Norge AS Kontor Molde .....	53
Tabell 8: Mest sentrale barrierer og suksessfaktorer .....	64

# 1 Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn for oppgaven

Takt er en metode innenfor lean. Begrepet Takt referer helt grunnleggende til betydningen av ordet, nemlig rytme (Haghsheno et al., 2016). I produksjon setter Takt rytmen for produksjon ved at en arbeidsoppgave fullføres innenfor tidsrommet mellom to takter, nemlig takttid. Taktproduksjon er enkelt forklart en metode for planlegging og kontroll av produksjon basert på Takt. Dette er begrep som må ligge til grunn for å forstå metoden. Disse vil også forklares senere i denne oppgaven.

Takt, samt andre lean-prinsipp og -metoder stammer fra Toyota på 1950-tallet (Koskela, 1992). Produksjonsfilosofien lean revolusjonerte industriell produksjon etter den ble kjent og adoptert i flere store industrier verden over (Haghsheno et al., 2016; Moore, 2007). I 1992 ble også applikasjonen av den «nye» produksjonsfilosofien vurdert for byggebransjen (Koskela, 1992). Dette resulterte i grunnleggelsen av forskermiljøet International Group for Lean Construction (IGLC) i 1993 og utviklingen fra lean production til lean construction (LC) (Koskela et al., 2002).

De siste tiårene har LC-miljøet investert store mengder tid og innsats i å utvikle metoder for implementering av Takt i byggebransjen (Lehtovaara et al., 2019). Dette har resultert i to metoder: Takt Time Planning (TTP) av Frandson et al. (2013; 2016) og Takt Planning and Takt Control (TPTC) av Dlouhy et al. (2017; 2016). Disse metodene adresserer produksjonsplanlegging og -kontroll, som er vesentlige nøkkelfaktorer for vellykkede byggeprosjekt. Metodene har til hensikt å strukturere arbeid etter en fast Takt for å oppnå stabilitet og kontinuerlig flyt (Tommelein, 2017).

TTP og TPTC har i mange tilfeller vist seg som effektive metoder både når det gjelder reduksjon i gjennomføringstid og kostnader. Resultatet av implementering varierer, men Frandson et al. (2013) viser til en reduksjon i gjennomføringstid på 55% og Binninger et al. (2018) 70%. Førstnevnte ved bruk av TTP og sistnevnte ved TPTC. Mye tyder altså på at Taktproduksjon kan bidra til en stor forbedring. Stor grad av repeterende arbeidsoppgaver styrker effekten av metodene, men de har også vist seg effektive ved prosjekter med større variasjon (Lehtovaara et al., 2019). Med fokus på bedre flyt, struktureres produksjonen for å redusere sløsing og utnytte ressurser maksimalt (Frandson et al., 2013; Haghsheno et al., 2016).

Taktproduksjon blir også i økende grad tatt i bruk i Norge (e.g. Vatne & Drevland, 2016). Consto Midt-Norge AS Kontor Molde er en bedrift som det siste året har hatt et stort fokus på å gjennomføre sine prosjekt ved Taktproduksjon. Dog med en tilnærming som er ulik TTP og TPTC. Det lanseres altså her en tredje metode for Taktproduksjon. Selv om prinsippene er de samme ser det ut til at Taktproduksjon gjennomføres ulikt på forskjellige prosjekt, i forskjellige land (Lehtovaara et al., 2021). Likevel viser det seg at mange av barrierene og suksessfaktorene ved utførelse de samme (Binninger et al., 2018; Lehtovaara et al., 2019, 2020; Vatne & Drevland, 2016). Det synes altså her å være kritiske forhold ved prosjekt som ikke metodene for Taktproduksjon tar høyde for.

## 1.2 Formål og problemstilling

Metoder for Taktproduksjon, samt barrierer og suksessfaktorer knyttet til gjennomføring er godt dokumentert i litteraturen (Dlouhy et al., 2016; Frandson et al., 2013; Keskiniva et al., 2020; Lehtovaara et al., 2019). Dog er det ikke funnet litteratur som setter barrierer, suksessfaktorer og metoder sammen og ser på hvordan metodene håndterer barrierer og ivaretar suksessfaktorer.

Formålet med oppgaven er identifisere hvilke faktorer ved utførelse på prosjekt som er viktige for vellykket Taktproduksjon. Det skal gjøres ved å svare på problemstillingen:

*Hva skal til for å lykkes med Taktproduksjon?*

Dette er en bred problemstilling. Den er derfor utformet tre forskningsspørsmål (FS) som til sammen skal svare ut problemstillingen:

FS1: Hvordan gjennomføres Taktproduksjon?

FS2: Hvilke barrierer og suksessfaktorer er sentrale ved Taktproduksjon?

FS3: Hvordan kan barrierer håndteres og suksessfaktorer ivaretas?

Denne oppgaven har også et sekundært formål. Det er å bidra til Consto Midt-Norge AS sin utvikling innen Taktproduksjon. Det vil derfor være deler av oppgaven som er forklart mer i detalj enn nødvendig for en masteroppgave. Dette for å skape en bredere forståelse blant lesere som ikke nødvendigvis har forkunnskap om lean generelt og Taktproduksjon spesielt. På denne måten ønsker oppgaveforfatter å kunne bruke denne masteroppgaven som et middel for opplæring innen- og forståelse for Taktproduksjon i bedriften.

## 1.3 Avgrensninger

Grunnet det brede omfanget av masteroppgaven er det nødvendig å foreta noen avgrensninger. Det er ikke mulig å gi en total beskrivelse av hva som skal til for å lykkes med Taktproduksjon innen rammene til en masteroppgave. Taktproduksjon vil derfor her være avgrenset til Taktplanlegging og oppfølging av taktet produksjon. Det vil nevnes suksessfaktorer og barrierer knyttet til prosjektering og kontrahering, men teori på disse temaene vil ikke studeres. Årsaken til at barrierer og suksessfaktorer på dette tas med er at de har stor innvirkning på forutsetningene for vellykket Taktproduksjon. Derfor vil også disse temaene være en del av spørsmål på intervju, noe som gir et visst grunnlag for diskusjon, men ikke for en konklusjon. Kontinuerlig forbedring og erfaringsoverføring vil heller ikke tas med i denne oppgaven.

## 1.4 Oppgavens oppbygging

Masteroppgaven består av sju hovedkapitler i tillegg til referanseliste og vedlegg.

**Kapittel 1** introduserer oppgavens bakgrunn, formålet med den, problemstilling og forskningsspørsmål, avgrensninger og oppgavens oppbygging

**Kapittel 2** beskriver den metodologiske tilnærmingen til oppgaven, hvilke metoder som er benyttet i forskningen, før metoden til slutt evalueres

**Kapittel 3** utgjør det teoretiske grunnlaget for oppgaven. Her forklares utviklingen av lean production og Toyota Production System som et grunnlag for den videre forklaringen av lean construction. Deretter går det videre inn på relevante begrep, metoder og

verktøy for Taktproduksjon før Taktproduksjon forklares. Taktproduksjon utdypes ved metodene TTP og TPTC før sentrale barrierer og suksessfaktorer beskrives.

**Kapittel 4** presenterer resultatet av casestudiet. Dette kapitlet er delt inn etter forskningsspørsmålene for oppgaven og tar dermed først for seg hvordan Consto Midt-Norge AS Kontor Molde gjennomfører Taktproduksjon. Deretter presenteres hvilke barrierer og suksessfaktorer de anser som sentrale. Til slutt i resultatet presenteres hvordan barrierer kan håndteres og suksessfaktorer ivaretas.

**Kapittel 5** er diskusjonen i oppgaven. Her sammenstilles presentert teori og resultat strukturert etter forskningsspørsmålene.

**Kapittel 6** presenterer konklusjonen på oppgaven.

## 2 Metode

Dette kapitlet beskriver hvilke metoder som er brukt for å besvare problemstilling og forskningsspørsmål. Hensikten med kapitlet er å gi leseren informasjon om hvordan funn i teori- og resultatkapitlet er tilegnet, styrke etterprøvbareheten til oppgaven, samt gi evt. videre arbeid mulighet til å basere seg på funn i denne oppgaven. Kapitlet vil først ta for seg sentrale begrep innen forskningsmetodikk. Videre vil metoder brukt i oppgaven beskrives før forskningsdesignet til slutt vil evalueres.

### 2.1 Forskningsmetoder

For å besvare problemstilling og forskningsspørsmål er det viktig å bruke den metoden som er mest hensiktsmessig. På generell basis vil ikke en metode være bedre enn en annen, men alle metoder har sine styrker og svakheter. Det viktigste er å benytte seg av de metodene som er mest hensiktsmessige for å besvare problemstilling og forskningsspørsmål.

#### 2.1.1 Kvalitative og kvantitative metoder

Kvalitativ og kvantitativ forskning fremstår som to forskjellige paradigmer innenfor samfunnsforskning (Kuhn, 1962, sitert i Tjora, 2017, s. 24). Det har tidvis vært uenighet blant forskere i de to «leirene» om hva som er den beste tilnærmingen, men de fleste erkjenner at begge metoder er nødvendig for en bredt sammenstilt forskning (Tjora, 2017, s. 24). Forskjellige forskningsspørsmål krever forskjellige metodologiske tilnærminger.

Forskjellen på kvalitativ og kvantitativ forskning ligger i hvordan informasjon den søker og måten det gjøres på (Tjora, 2017, s. 24). Kvalitativ forskning vektlegger forståelse, studerer data i form av tekst og har en åpen interaksjon mellom forsker og informant. Kvantitativ forskning vektlegger heller forklaring, studerer data i form av tall og har avstand til sine respondenter.

### 2.2 Utvalgte forskningsmetoder

Overordnet søker denne oppgaven å finne svar på hva som skal til for å lykkes med Taktproduksjon. Problemstillingen i seg selv krever forståelse av både Taktproduksjon som system og hvordan metoden påvirker prosjektdeltagere i hele prosjektorganisasjonen. Videre skal også oppgaven besvare tre forskningsspørsmål (FS). For å forstå hvordan man lykkes med Taktproduksjon må man også forstå hvordan det gjennomføres (FS1), hvilke barrierer og suksessfaktorer som er sentrale (FS2) og hvordan suksessfaktorer kan ivaretas og barrierer håndteres (FS3). For å besvare disse er det nødvendig å innhente erfaringer og beskrivelser fra informanter på representative prosjekt, samt studere litteratur på temaet. Dette er en problemstilling og forskningsspørsmål som krever forståelse fremfor forklaring, informasjon i form av tekst og en åpen interaksjon mellom forsker og informanter. Med bakgrunn i dette er det valgt en kvalitativ tilnærming.

Den kvalitative tilnærmingen gjennomføres ved et litteraturstudie beskrevet i kapittel 2.3 og et kvalitativt casestudie beskrevet i kapittel 2.4

## 2.3 Litteraturstudie

Denne oppgaven har samme tema som prosjektoppgaven som ble skrevet høsten 2021. En del av arbeidet i emnene TBA 4128 Prosjektledelse Videregående Kurs og TBA4151 Anleggsteknikk Videregående Kurs var å gjennomføre et litteraturstudium for prosjektoppgaven. Litteraturstudiet ble videreutviklet i arbeidet med prosjektoppgaven. Ettersom prosjektoppgave og masteroppgave omhandler samme tema har litteraturen blitt videreført. Videre vil det følge en beskrivelse av litteraturstudiet som ble gjennomført i arbeidet med prosjektoppgaven. Tilført litteratur i forbindelse med masteroppgaven er beskrevet i neste delkapittel

For å finne relevant litteratur er det gjennomført en systematisk litteraturgjennomgang (Xiao & Watson, 2019). En systematisk litteraturgjennomgang går ut på å identifisere, velge ut og kritisk vurdere litteratur for å svare ut et definert spørsmål.

Før litteraturgjennomgangen begynte ble problemstilling formulert. Dette ble gjennomført i samarbeid med veileder, Førsteamanuensis Olav Torp og Prosjektsjef i Consto Midt-Norge AS Kontor Molde (Heretter omtalt som Consto Molde), Bjørnar Gundersen. Denne litteraturgjennomgangen ble rettet inn mot det teoretiske grunnlaget for Taktproduksjon og søker å finne svar på hvordan Taktproduksjon gjennomføres, hvilke suksessfaktorer og barrierer litteraturen anser som sentrale og hvordan barrierer kan håndteres og suksessfaktorer ivaretas. I tillegg var formålet her å opparbeide en god forståelse for temaet for senere å kunne gjennomføre gode intervju.

Videre ble relevante nøkkel- og indeksord vurdert, og silingsmetode ble bestemt. Scopus ble vurdert til mest hensiktsmessige database å begynne søket i. Dette grunnet stor bredde og høy kvalitet på akademiske publikasjoner. Her var det viktig å vurdere hvordan litteratur som faktisk var nødvendig for oppgaven. Ettersom problemstilling, forskningsspørsmål og selve grunnlaget for oppgaven skal baseres på teori på Taktproduksjon var det viktig med pålitelig litteratur. Akademiske paper og -journaler ble vurdert til mest hensiktsmessig. For å ikke utelate relevant litteratur ble også søk i andre databaser vurdert nødvendig. Søk, søketerm, silingsmetode og treff er vist i *Tabell 1*.

Etter forhåndskriteriene var satt ble søk gjennomført i Scopus. Søk ble gjennomført som vist i *Tabell 1*. Søk 1 og 2 ga i stor grad samme resultat. Etter hvert som litteraturen fra søk 1 og 2 ble vurdert og lest ble også metoden *Backward Snowballing* benyttet. Dette er en metode hvor man benytter referanselisten til å identifisere ny litteratur (Wohlin, 2014). I dette litteraturstudiet ble *Backward Snowballing* brukt til å finne originalkilden til referert informasjon i litteratur som ble funnet i søk 1 og 2. Søk 4 ble gjennomført som et kontrolløk for å kontrollere at relevant litteratur ikke hadde blitt utelatt ved søk 1, 2 og 3. Her ble ingen valgt grunnet at søk 4 resulterte i stor overlapp med de andre søkene på det som ble ansett som relevant litteratur.

Litteratur ble valgt basert på relevansen til tittel, abstrakt, nøkkelord og type litteratur.

Søk nr.	Database	Søketerm/metode	Antall treff	Silingsmetode
1	Scopus	«Takt planning»	34	
		«Takt planning» AND «construction»	28	Tittel, abstrakt, nøkkelord
2	Scopus	«Takt control» AND «construction»	18	Tittel, abstrakt, nøkkelord
3	Div	Backward snowballing		Ref.liste -> abstract, keywords
4	Google Scholar	«Takt planning» AND «construction»	251	Tittel

Tabell 1: søkelogg

Etter relevant litteratur var valgt ut ble kvaliteten på litteraturen vurdert etter TONE-prinsippet. TONE-prinsippet er en metode for å vurdere kvaliteten til artikler kritisk (NTNU, u.å.). Dette prinsippet er beskrevet i *Tabell 2*. Store deler av valgt litteratur dateres kun få år tilbake. På grunn av dette var ikke antall siteringer en viktig del av vurderingen. Samtlige funn ble vurdert til å ha god kvalitet. Ingen ble derfor filtrert ut etter TONE-vurderingen.

TONE	Beskrivelse
Troverdighet	Dreier seg blant annet om hvem som er ansvarlig for artikkelen. Her er forfatterens utdanning, institusjonstilknytning og om det er oppgitt kontaktinformasjon relevant. Hvor artikkelen er funnet, hvilken tidsskrift den er publisert i og om tidsskriften er fagfellevurdert er også viktig.
Objektivitet	Dreier seg om hvordan dataene i artikkelen er presentert. Herunder om dataene er i samsvar eller brudd med tidligere forskning, om flere sider av saken presenteres og om forfatteren ønsker å informere eller overtale.
Nøyaktighet	Dreier seg om forskningsmetodikken og dataene som presenteres. Herunder om dataene er oppdaterte, om forskningsmetodikken er godt forklart om informasjonen kan bekreftes i andre kilder og hvor nye og oppdaterte data er, vurdert ut fra når paperet/artikkelen ble utgitt.
Egnethet	Dreier seg om hvor godt artikkelen passer mine behov. Her om dataene er relevante for oppgaven og hvorfor.

Tabell 2: TONE-prinsippet (NTNU, n.d)

### 2.3.1 Tilført litteratur etter litteraturstudie

Litteraturstudiet gjennomført i forbindelse med prosjektoppgave høsten 2021 viste seg å være dekkende for store deler av teorikapittelet i masteroppgaven. Dog var det behov for en del mer dyptgående litteratur som forklarte metoder og prinsipp mer i detalj. Her ble metoden Backward Snowballing benyttet. Dette ledet til videre til relevante bøker som ble lånt på bibliotek, samt annen relevant litteratur i akademiske databaser. Årsaken til at nye søk ikke ble gjennomført var at den allerede opparbeidede litteraturen i stor grad var dekkende for masteroppgaven. Det som krevde videre studier ble funnet ved metoden Backward Snowballing. Disse funnene ble i likhet med litteratur funnet høsten 2021 vurdert etter TONE-prinsippet (NTNU, u.å.).



## 2.4 Casestudie

Overordnet kan casestudier defineres som intensive undersøkelser av et fåtall enheter, med formål om å oppnå rikholdig informasjon om de casene studien fokuserer på (Thagaard, 2013).

Problemstilling og intensjon om å gjennomføre casestudie ble i denne oppgaven utviklet parallelt. Begge har sine utspring i oppgaveforfatteres sommerjobb i Consto Molde sommeren 2021. Sommerjobben bestod av arbeid som prosjektingeniør og byggeplassleder. Etter sommeren ble arbeidet forlenget med en deltidsstilling, som innebar arbeid for bedriften parallelt med både prosjekt- og masteroppgave. Gjennom sommeren ble oppgaveforfatter oppmerksom på Consto Molde sine ambisjoner innen Taktproduksjon. Fra høsten 2021 skulle alle prosjekter bedriften gjennomførte, utføres ved Taktproduksjon. Dette skulle starte med prosjektet Thon Hotel Kristiansund.

Videre fra dette utviklet det seg en fasinasjon for Taktproduksjon og et ønske om å bidra til den videre utviklingen hos bedriften. Muligheten for prosjekt- og masteroppgave i samarbeid med Consto Molde ble diskutert med Prosjektleder Bjørnar Gundersen. Dette ble senere diskutert videre med veileder Olav Torp ved NTNU. Resultatet av disse diskusjonene ble problemstillingen og forskningsspørsmålene beskrevet i kapittel 1.2, samt beslutning om casestudie av Consto Molde sine relevante prosjekt. Disse presenteres i kapittel 4.1.1 og 4.1.2.

For å studere prosjektene til Consto Molde ble det bestemt at dette skulle gjøres ved kvalitative intervju. I tillegg kan stillingen oppgaveforfatter har i bedriften karakteriseres som en aktivt deltakende observasjon. Dette vil beskrives videre i de to kommende kapitlene

Casestudiet er altså valgt ut fra det Tjora (2017, s. 42) kaller bekvemmelighet. Det vil si at man får tilgang til caser ved et relativt åpent forskningstema, i dette tilfellet Taktproduksjon, og kommer frem til problemstilling og forskningsspørsmål som er spesielt relevante for den casen. Utfordringen med caser valgt på denne måten er at de ikke nødvendigvis er optimale for størst mulig generaliserbarhet.

### 2.4.1 Kvalitative intervju

For å innhente informasjon på hvordan Consto Molde gjennomfører Taktproduksjon på byggeprosjekt ble det gjennomført kvalitative intervjuer. Formålet med denne typen intervjuer er å innhente muntlig uttrykt kvalitativ informasjon om relevante tema informantene har kunnskap om (Dalland, 2007, s. 130). Med kvalitativ menes det her at man søker å få nyanserte beskrivelser av et tema. Det er ofte nødvendig å stille utfyllende spørsmål for at beskrivelsen skal bli dekkende.

For å velge ut informanter ble det tatt utgangspunkt i de prosjektene Consto Molde hadde under utførelse som ble ansett som relevante. Dette var Thon Hotel Kristiansund (THK) og Lillekollen Barnehage (LBHG). Mest relevant var THK ettersom dette skulle overleveres innen masteroppgaven var ferdigstilt. Innenfor disse prosjektene var det tre personer som pekte seg ut som relevante å gjennomføre intervjuer med. Dette var Prosjektleder og Anleggsleder på THK og prosjektleder på LBHG. Sistnevnte er også Prosjektleder i Consto Molde og vil dermed også ha et overordnet syn på utviklingen innen Taktproduksjon i bedriften. Det ble ansett som hensiktsmessig å gjennomføre intervju med personer i forskjellige roller i bedriften for å få et helhetlig bilde.

For å stille godt faglige fundamenterte og relevante spørsmål ble intervjuguiden (Vedlegg A) utarbeidet med bakgrunn i teorikapittelet og deltakende observasjon (beskrevet i kapittel 2.4.2). Oppgaveforfatter hadde dermed et godt bilde på hva som var relevant å stille spørsmål ved. Kravene i Takt Maturity Model (Kapittel 3.5.4) ble også benyttet for å ha tilstrekkelig informasjon til å senere kunne vurdere Taktmodenheten til Consto Molde. Spørsmål som er knyttet til Taktmodenheter er markert med nummerering fra R1 til R15 i intervjuguiden. Videre ble intervjuguiden delt inn i tre hoveddeler: Bakgrunnsinformasjon, Taktproduksjon på aktuelt prosjekt og Generelt. I den første delen er det spørsmål om bakgrunnsinformasjon på informanten, prosjektet (eller prosjektene) informanten for tiden jobber med og om bruk av Takt i organisasjonen. Videre inneholder den neste delen av intervjuguiden spørsmål direkte knyttet til Taktproduksjon. Her ble spørsmålene delt inn etter relevante faser eller prosesser på et byggeprosjekt, fra prosjektering til erfaring/kontinuerlig forbedring. Den siste delen består av noen generelle spørsmål som dreier seg om prosjektet og Takt generelt. Her fikk også informantene muligheten til å tilføye noe hvis de ønsket. Spørsmålene i intervjuguiden ble nummerert slik at transkriberingen i etterkant skulle bli mer systematisk og svar på spørsmål kunne sammenlignes strukturert. Under flere av spørsmålene ble det satt opp en rekke punkter som fungerte som en form for sjekkliste med oppfølgingsspørsmål for intervjueren. Disse ble benyttet hvis informantene ga manglende eller utydelige svar.

Intervjuene ble gjennomført med en delvis strukturert tilnærming. Bakgrunnen for dette var at informanten skulle kunne lede inn på relevant informasjon som ikke var del av intervjuet eller tema intervjuer eventuelt ikke hadde tatt med blant spørsmålene. Det var dermed også viktig med åpne spørsmål slik at informanten kunne besvare spørsmålene slik den selv ønsket (Thagaard, 2013). Rekkefølgen på spørsmålene var fleksibel slik at informantene kunne ta opp tema i den rekkefølgen de ønsket eller spørsmål kunne stilles i den rekkefølgen det falt naturlig. På denne måten kan man følge informantens fortelling, samtidig som alle temaene relevant for problemstillingen ble diskutert. I forkant av intervju ble informantene informert om at intervjuet ble tatt opp. Behov for opptak ble begrunnet med at intervjuer kunne rette all oppmerksomhet mot informanten og samtalen ved å slippe å ta notater undervegs.

To av intervjuene ble gjennomført fysisk og ett ble gjennomført som videomøte. Fysisk møte er en fordel grunnet at samtalen flyter mer naturlig og man har mulighet til å lese kroppsspråk, som også er en naturlig del av samtalen. Min erfaring er at møter også blir mindre formelle og mer naturlige når man sitter ovenfor hverandre og snakker sammen. Dog førte min kjennskap til informantene gjennom min stilling i Consto til at samtalerne fløt svært naturlig, også den på video. Ettersom intervjuene var delvis strukturerte, var de også fleksible. Det ble forsøkt å tilpasse spørsmålene som en respons på informantens fortellinger, noe som bidrar til å skape tillit og gi informanten en form for kontroll (Thagaard, 2013). I intervjuene ble det forsøkt å oppfordre informantene til å fortelle deres synsvinkler og gi spontane svar. Intervjuene varte alle mellom 60-80 minutter.

Etter intervjuene var gjennomført ble de transkribert. Hvordan informasjon videre ble behandlet vil beskrives i kapittel 2.4.3. Etter transkriberingen ble det avdekket enkelte hull i forklaringene. Dette ledet til behov for to oppfølgingsintervju. Spørsmålene som ble stilt i disse oppfølgingsintervjuene var ikke strukturerte. Det var da en samtale om de spesifikke tingene det manglet informasjon eller forklaring på.

## 2.4.2 Observasjon

Sommeren 2021 hadde oppgaveforfatter sommerjobb som prosjektingeniør og byggeplassleder hos Consto Molde. Etter sommeren ble stillingen forlenget ved en deltidsstilling som skulle gå parallelt med prosjekt- og masteroppgave. Oppgaveforfatter har ved sitt arbeid i Consto Molde tatt del i det daglige arbeidet i bedriften på prosjektnivå. Deler av dette arbeidet har vært indirekte relevant for denne oppgaven.

Relevant informasjon som har vært erfart gjennom arbeidet i Consto Molde har ikke blitt benyttet direkte i denne oppgaven. Årsaken til dette er at personlige erfaringer som ikke har blitt loggført underveis mangler kredibilitet og etterprøvbarhet. Erfaringene har derfor heller blitt brukt som grunnlag for spørsmålene i intervju. Ettersom oppgaveforfatter i stor grad vet hvordan Consto Molde arbeider og har personlig kjennskap til informantene har dette gitt mulighet for mer detaljerte beskrivelser i intervjuene.

Denne formen for observasjon kan karakteriseres som en aktivt deltakende kvalitativ observasjon. En slik observasjon forutsetter fullstendig deltagelse (Brottveit, 2018, s. 100). Fullstendig deltagelse vil si at forskeren opplever seg som en fullverdig deltager i miljøet som studeres. Det er ved en slik observasjon viktig at forskeren ikke påvirker samspillet mellom deltagerne i miljøet. Målet med en kvalitativ observasjon generelt er å få en helhetsforståelse av det som observeres (Dalland, 2007, s. 184).

## 2.4.3 Dataanalyse

Etter intervjuene var gjennomført ble de transkribert. Utfordringen med transkribering er at det ikke finnes noen objektiv oversettelse fra muntlig til skriftlig form (Kvale, 1997 sitert i Tjora, 2017, s. 173). Grunnet at man ikke nødvendigvis vet hvilke tema og informasjon som er relevant før etter informasjonen fra intervjuene er behandlet anbefales det å transkribere detaljert. Det ble derfor transkribert tilnærmet ordrett. Tjora (2017, s. 175) påpeker videre at det viktigste tapet ved transkripsjon er visuelle ledetråder og informasjon om stemningen i intervjuet. Ettersom intervjuer gjennomførte både intervju, transkribering og senere behandling av informasjon ble all nødvendig informasjon videreført. Den personlige kjennskapen mellom intervjuer og informanter bidro også til at dialektord og andre personlige trekk ved informantenes måte å kommunisere på ble forstått.

Spørsmålene i intervjuene ble gjennomført delvis usystematisk. Rekkefølgen på spørsmålene ble dermed ikke stilt i samme rekkefølge som intervjuguiden. I transkriberingen ble disse spørsmålene sortert tilbake i opprinnelig rekkefølge slik at informasjonen ble plassert i tiltenkt rekkefølge. Videre ble den transkriberte informasjonen fra de tre informantene sammenstilt etter tema uten å trekke svarene ut av sammenheng. På denne måten ble all tilegnet informasjon fra intervju gjort oversiktlig slik at den lot seg presentere i resultatkapittelet for oppgaven og senere diskutert opp mot teori i diskusjonen.

Senere ble Consto Molde sin Taktmodenhets enhet vurdert etter Lehtovaara et al. (2020) sin Takt Maturity Model. Årsaken til at denne vurderingen ble gjort var for å validere informasjonen i intervjuene. Denne modenhetsmodellen har til hensikt å vurdere en praksis opp mot suksessfaktorer, flaskehalser for videre utvikling og kriterier for å dra nytte av Taktproduksjon på lang sikt. Ved å vurdere praksisen til Consto Molde etter denne modenhetsmodellen får man dermed oversikt over hvilke aspekt de må utvikle seg

på. Samtidig kan denne vurdering brukes til å validere praksisen til Consto Molde og gi funn i intervju kredibilitet hvis modenheten er høy.

## 2.5 Evaluering av forskningsmetode

I forskningssammenheng er det viktig å vurdere begrepene validitet og reliabilitet (Dalland, 2007, s. 48). Disse begrepene brukes til å vurdere forskningens legitimitet eller troverdighet. Validitet står for relevans og gyldighet. Det som måles må ha relevans og være gyldig for problemet som undersøkes. Reliabilitet betyr pålitelighet, og handler om at målinger må utføres korrekt, og at eventuelle feilmarginer angis.

Det er i denne oppgaven gjennomført et casestudie av Consto Molde. Fordelen med et slikt avgrenset casestudie er at man kan studere en avgrenset enhet i dybden (Tjora, 2017, s. 40). Man får da detaljerte og inngående beskrivelser. Innenfor rammene til en masteroppgave anses dette som hensiktsmessig. Det gir mulighet til dyptgående studier av hvilke organisatoriske og mellommenneskelige faktorer som må være på plass for at man skal lykkes med Taktproduksjon. Bakdelen med et slikt casestudie er at de ikke nødvendigvis er optimale for størst mulig generaliserbarhet (Tjora, 2017, s. 42). Det vil si at de funnene som er gjort ved et så «smalt» casestudie ikke nødvendigvis er representative for et større utvalg. Dog var funnene i stor grad i overenstemmelse med funn i litteratur. Litteraturen er igjen basert på et langt større, internasjonalt, utvalg. Dette gjør funn i intervju til en viss grad generaliserbare, men det kunne ikke vært sagt før intervju var gjennomført. I dette tilfellet har altså kombinasjonen av casestudie og litteraturstudie, på den måten det ble gjennomført, vært hensiktsmessig, men i et annet tilfelle kunne det vært en svært sårbar forskningsmetode. Hvis funn i intervju ikke hadde vært i overenstemmelse med funn i litteratur ville ikke valgt forskningsmetode gitt noe grunnlag for å si noe om denne manglende overenstemmelsen gjaldt kun Consto Molde eller for et større utvalg.

Grunnet det smale utvalget i casestudien kan man også stille spørsmål ved studiens validitet, eller gyldighet. Resultat fra intervju er ikke nødvendigvis gyldige for å besvare problemstillingen. Consto Molde sin begrensede erfaring med Taktproduksjon kan påvirke svarene de gir på intervju og dermed om svarene i det hele tatt er gyldige for å vurdere hva som skal til for å lykkes med Taktproduksjon. For å vurdere nettopp validiteten til funn i intervju ble det gjennomført en modenhetsvurdering av Consto Molde sin Taktproduksjon. Dette ansees som hensiktsmessig for oppgaven.

Når det gjelder litteraturstudiet som ble gjennomført i forbindelse med prosjektoppgave høsten 2021 kan det stilles spørsmål ved om dette er tilstrekkelig for en masteroppgave. Det ble som tidligere nevnt ikke gjennomført nye søk i forbindelse med arbeidet i masteroppgaven. Årsaken til dette var at det tidligere gjennomførte litteraturstudiet henviste videre til annen pålitelig litteratur, som igjen henviste til annen litteratur. Ettersom den allerede studerte litteraturen var pålitelig og informasjonen presentert der i stor grad var dekkende for masteroppgaven ble det ikke ansett som nødvendig med nye søk. Litteratur fra høsten 2021 kombinert med kildene de igjen henviste til var mer enn dekkende for masteroppgaven.

## 2.6 Gjenbruk av materiale fra prosjektoppgave

Slik det er beskrevet i kapittel 2.3 ble litteraturstudiet gjennomført høsten 2021 videreført til denne masteroppgaven. Det har også deler av teorikapittelet og resultatet

på prosjektoppgaven. I Tabell 3 er det beskrevet hvilke deler av prosjektoppgaven som er gjenbrukt og i hvilken grad det er bearbeidet.

<b>Kapittel</b>	<b>Grad av bearbeiding</b>
2.3 Litteraturstudie	Er i sin helhet hentet fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer
3.5.1 Taktproduksjon i praksis	Delvis basert på prosjektoppgaven, men forklaringer er utvidet
3.5.2 Takt Time Planning (TTP)	Er i sin helhet hentet fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer
3.5.3 Takt Planning and Takt Control (TPTC)	Er i sin helhet hentet fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer
3.5.5 Sentrale barrierer og suksessfaktorer ved Taktproduksjon	Er i sin helhet hentet fra prosjektoppgaven med mindre redaksjonelle endringer
5.1.1 Taktplanlegging	Noen avsnitt i dette kapitlet er basert på funn i prosjektoppgave, men er betydelig utvidet og endret

*Tabell 3: Gjenbruk av materiale fra prosjektoppgave og grad av bearbeiding*

## 3 Teori

Takt er en sentral del av lean (Haghsheno et al., 2016). Det er allikevel grunnleggende element ved lean som må ligge til grunn før man implementerer elementer av produksjonsfilosofien, som Takt (Moore, 2007, s. 148). Det vil derfor her gis en forklaring av produksjonsfilosofien lean og utviklingen av den før lean construction forklares. Videre vil relevante begrep, metoder og verktøy forklares før Taktproduksjon og metoder for Taktproduksjon forklares til slutt.

### 3.1 Utviklingen av lean production

Lean Production slik vi kjenner det i dag stammer fra Toyota i Japan og Taichii Ohno, sjefsingeniør og utvikler av Toyota Production System, etter 2. verdenskrig (G. A. Howell, 1999). Toyota hentet imidlertid inspirasjon fra spesielt Henry Ford i USA (J. P. Womack et al., 2007, s. 48). For å forklare hva lean er og tilhørende hovedprinsipper er det derfor hensiktsmessig å forklare hvordan mye av lean-tankegangen oppstod.

Bilpioneren Henry Ford er kjent for blant annet å revolusjonere produksjonsindustrien. I 1903 startet Ford produksjonen av den originale Model A (J. P. Womack et al., 2007, s. 24–25). Denne bilen ble produsert ved at en eller kun noen få arbeidere gjennomførte hele arbeidet. Dette var ressurskrevende og skapte stor variasjon i hver enkelt produserte bil. En slik produksjon ga heller ikke økonomisk gevinst ved masseproduksjon. Produksjonskostnaden var tilnærmet lik pr bil uavhengig av antall produserte biler. Dette ønsket Ford å gjøre noe med. I 1908 introduserte dermed Ford Model T. Dette var en modell som var bedre egnet for masseproduksjon samtidig som den var brukervennlig. Ford så på standardiserte utskiftbare deler, med et design som gjorde at disse enkelt kunne monteres sammen, som nøkkelen til masseproduksjon. Det ble her også brukt flere arbeidere per produserte bil. En arbeider hadde tidlig i produksjonen av Model T en gjennomsnittlig arbeidssyklus på 514 minutt, hvor den monterte en stor del av bilen, før den beveget seg videre til neste bil på produksjonslinjen. Arbeiderne fikk standardiserte arbeidsoppgaver på hver bil. Ford var altså her i gang med å standardisere og effektivisere produksjonen av Model T. Han så også at arbeiderne brukte mye tid på å hente deler. For å effektivisere dette ble delene hver arbeider skulle bruke plassert på arbeidsstasjonene. Delene ble videre standardisert for å gjøre behovet for filing og tilpasning av hver enkelt del mindre. Ved videre oppdeling og standardisering av arbeidsoppgaver oppnådde Ford en gjennomsnittlig syklustid pr arbeider pr produserte bil på 2.3min i 1913 (J. P. Womack et al., 2007, s. 26). Syklustiden hadde dermed blitt redusert fra 514 min til 2.3 min. Dette skapte en stor økning i produktivitet både på grunn av at arbeidsoppgavene var korte og gjentakende og på grunn av at ulikhet mellom deler til produksjon var eliminert. Dette ga arbeiderne muligheten til å bli svært effektive på oppgavene de utførte.

Det var imidlertid et forhold ved produksjonen Ford så på som ineffektivt. Hver arbeider måtte selv forflytte seg mellom arbeidsoperasjoner på forskjellige biler (J. P. Womack et al., 2007, s. 26). Selv om dette kun var noen få skritt, tok det tid, som kunne spares. Han introduserte dermed samlebåndet i 1914. Samlebåndet forflyttet produktene mellom arbeiderne i stedet for at arbeiderne skulle forflytte seg mellom produktene. Det var dette som virkelig revolusjonerte produksjonsindustrien og syklustiden ble redusert til 1.19min. Ford hadde med dette gått fra en prosess hvor monteringen ble gjennomført av

et fåtall arbeidere og kostnaden ved hver produserte bil var nesten lik uavhengig av antall produsert, til et produksjonssystem hvor arbeiderne hadde små effektive arbeidsoppgaver og produksjonen ble billigere jo flere biler som ble produsert. De forholdsvis enkle arbeidsoppgavene gjorde også at Ford kunne bruke ufaglærte arbeidere (Haghsheno et al., 2016; J. P. Womack et al., 2007, s. 31). Ved økt produktivitet og billig arbeidskraft gjorde Ford dermed produksjonen av Model T langt billigere og mer effektiv enn konkurrentene. Tidlig på 1920-tallet hadde Ford redusert den reelle kostnaden for kjøperen med 2/3.

Henry Fords metoder for masseproduksjon spredte seg videre til andre store bilprodusenter i USA, deretter videre til Europa (J. P. Womack et al., 2007, s. 44). Innen 1955 hadde masseproduksjonen spredt seg til store deler av verden og de store Amerikanske bilprodusentene begynte å miste konkurransefortrinnet. I Europa ble masseproduksjonen adoptert. I Japan derimot ble den videreutviklet (J. P. Womack et al., 2007, s. 46).

Før 2. verdenskrig gikk Toyota fra å være en produsent av maskiner til tekstilproduksjon til å produsere motoriserte kjøretøy på oppfordring av Japanske myndigheter (J. P. Womack et al., 2007, s. 48). Tidlig på 1950-tallet besøkte Eiji Toyoda Fords, og verdens største produksjonsfasilitet, Rouge (J. P. Womack et al., 2007, s. 48). Produksjonsmetodene ble tatt med tilbake til Japan og Toyotas produksjonsgeni Taiichi Ohno. Japan var på denne tiden krigsherjet med et helt annet marked og andre forutsetninger enn de hadde i USA og Europa på denne tiden. Ohno mente derfor at metodene for masseproduksjon ikke ville fungere i Japan. Han så også annerledes på masseproduksjon enn de gjorde i USA. I prosessene hvor amerikanerne så effektivitet så Ohno sløsing (muda). Dette ledet til en rekke metoder og holdninger som i dag er styrende for produksjon over hele verden (Haghsheno et al., 2016). Systemet Toyota og Ohno utviklet kalles Toyota Production System.

### 3.2 Lean production og Toyota Production System (TPS)

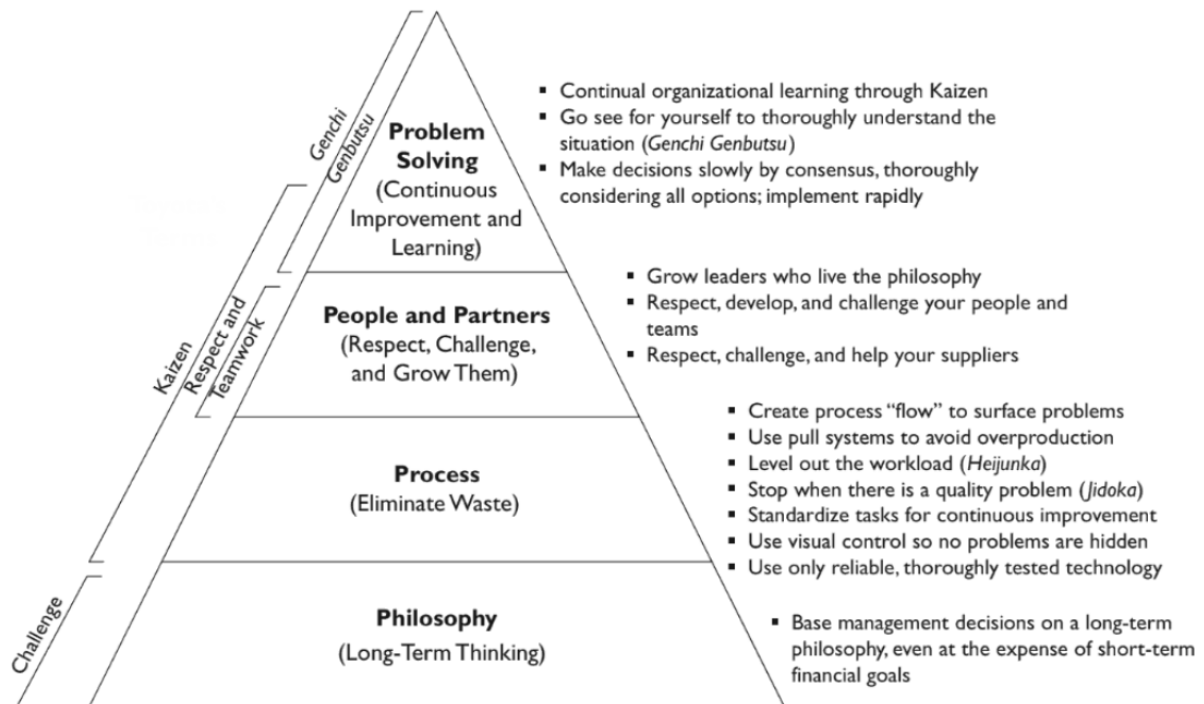
*“Lean is a way to design production systems to minimum waste of materials, time, and effort in order to generate the maximum amount of value”* (Koskela et al., 2002)

TPS er Toyotas unike tilnærming til produksjon, og har blitt utviklet over nesten et århundre (Modig & Ahlström, 2013, s. 75). Mot slutten av 1980-tallet ble dette produksjonssystemet studert og kalt «lean». Selv om lean hadde TPS som utgangspunkt er de i dag to forskjellige konsept, dog med mange likheter. Lean og TPS vil derfor her forklares parallelt. Dette for å gi en god forståelse av konseptet lean og hva det innebærer.

Overordnet kan man si at lean handler om produktivetsforbedring i den bredeste betydningen av konseptet (Moore, 2007, s. 135–137). Reduksjon i kostnader er ikke det direkte målet med lean på kort sikt. Målet er å forbedre praksiser, systemer og prosesser, som over tid vil gi reduksjon i kostnader. Produktivetsforbedring oppnås ved å redusere variabilitet, redusere syklustider og viktigst av alt eliminere sløsing i hele prosessen, fra ordre mottas til produktet leveres.

Lean og TPS er helhetlige systemer som må implementeres i hele organisasjonen (Liker, 2004, s. 44). Det er mulig å bruke verktøyene uten å fullstendig akseptere tankegangen. Resultatet av en slik delvis implementering er små økninger i ytelse som ikke er bærekraftige på sikt. For å skissere Toyotas helhetlige tilnærming til produksjon har Liker (2004) utformet en velfundamentert modell bestående av 14 prinsipper. Denne modellen tar for seg hovedprinsippene i TPS og er vist i Figur 1. For å implementere TPS og dra

nytten av fordelene ved systemet kan man ikke gå direkte på problemløsningen, slik mange bedrifter gjør (Moore, 2007, s. 148). Hele systemet bygger på en filosofi om langsiktig tenkning. Det neste nivået dreier seg om selve prosessene og sløsingen i dem. Flyt i produksjon må jevnes ut og arbeidsoppgaver skal utføres basert på behov enten nedstrøms i produksjonsprosessen eller hos kunde. På denne måten kommer problemer til syne og prosessen kan standardiseres. Tredje nivå relaterer til medarbeidere og partnere. Disse skal behandles med respekt, utfordres og utvikles. Først som siste nivå og toppunktet i modellen kommer selve problemløsningen. Dette viser behovet for å ha nettopp denne helhetlige tilnærmingen.



Figur 1: 4 P model of The Toyota Way (Liker, 2004, s. 6)

4 P modellen består av 14 prinsipper fordelt på disse fire nivåene (Liker, 2004, s. 37):

- I. Filosofi: Langsiktig filosofi
  1. Baser ledelsens avgjørelser på en langsiktig filosofi, selv på bekostning av kortsiktige finansielle mål.
- II. Prosess: Den rette prosessen vil gi de rette resultatene
  2. Skap en kontinuerlig prosessflyt for å bringe problemer til overflaten
  3. Bruk pull-systemer for å forhindre overproduksjon
  4. Jevn ut arbeidsmengden
  5. Stopp prosessen hvis nødvendig for å fikse problemer, slik at kvaliteten blir riktig første gang
  6. Standardiser oppgaver og prosesser for kontinuerlig forbedring og myndiggjøring av ansatte
  7. Bruk visuell kontroll slik at ingen problemer forblir skjult
  8. Bruk kun pålitelige, grundig testet teknologi, som tjener dine medarbeidere og prosesser
- III. Medarbeidere og partnere: Utvikle dine medarbeidere og partnere
  9. Utvikle ledere som forstår arbeidet fullt ut, lever filosofien, og lærer den til andre
  10. Utvikle eksepsjonelle medarbeidere og team som følger firmaets filosofi



11. Respekter dine partnere og leverandører ved å utfordre dem og hjelpe dem med å bli bedre
- IV. Problemløsning: Løs rotproblemer kontinuerlig for å fremme organisasjonell læring
12. Gå og se med dine egne øyne for å forstå situasjonen fullt ut
  13. Ta gjennomførte beslutninger ved konsensus, og implementer beslutningene raskt
  14. Bli en lærende organisasjon gjennom grundig refleksjon og kontinuerlig forbedring

Ved å implementere TPS og dermed disse 14 prinsippene i alle nivåer av organisasjonen oppnår man å bli «lean». Det finnes også en rekke andre tolkninger av lean. Womack og Jones (2003) definerer lean manufacturing ved fem steg, hvor de trekker frem kjerneprinsippene, disse er vist i Figur 2. Her går det første steget ut på å identifisere verdi for kunden. Dette skal være styrende for utviklingen og produksjonen av produktet. Kundens behov og krav står i fokus. Neste steg er rettet mot verdistrømmen i produksjonsprosessen. Dette er alle handlingene som kreves for å gi kunden produktet den ønsker. Sløsing må kategoriseres og fjernes. Steg tre handler om å skape flyt i de verdiskapende aktivitetene. Fjern barrierer og skap en produktfokusert organisasjon. Videre skal produksjon foregå basert på etterspørsel, såkalt pull-produksjon. Selg en, produser en. Det siste steget går ut på å hele tiden søke perfektion. Prosessen for å redusere ressursbruk stopper aldri. Ta med erfaringer fra forrige produksjon inn i neste og produser et produkt som er enda nærmere det kunden ønsker.



Figur 2: Five-step process of lean implementation (Lean Enterprise Institute, 2000)

### 3.3 Lean Construction

I 1992 ble "Application of the new production philosophy to construction" publisert av Lauri Koskela. Dette er den første utdypende publikasjonen på anvendelsen av lean i byggebransjen og anses som begynnelsen på lean construction (F. Drevland, 2016). I 1993 ble også The International Group for Lean Construction (IGLC) grunnlagt (Koskela et al., 2002). IGLC er et nettverk av forskere med mål om å forbedre prosessene i byggebransjen for å bedre møte kundenes behov (IGLC, 2015). Dette har ledet videre mot lean construction slik vi kjenner det i dag

Byggebransjen skiller seg utvilsomt fra produksjonsindustrien. Byggeprosjekter er unike, komplekse og produksjonen foregår på byggeplass, ikke fabrikk (Salem et al., 2006). Der produksjonsindustrien stadig kan forbedre prosessene og standardisere produksjon av de samme produktene, må byggebransjen hele tiden tilpasse produksjonen etter forutsetningene ved unike prosjekt. Samtidig er prosjektene presset på både tid og kostnad (G. A. Howell, 1999). Den kombinerte effekten av dette er usikkerhet, og usikkerhet leder til sløsing. Josephson & Björkman (2011, s. 23) peker på at minst 30-35% av total prosjektkostnad er sløsing. Sløsing representerte halvparten av ressurs- og tidsbruk uansett hvilken aktivitet de studerte.

Tradisjonelt brytes et prosjekt ned i deler eller aktiviteter, før de estimeres og plasseres i en logisk rekkefølge og ansvar fordeles (Koskela et al., 2002). Prosjektledelsen bruker planen til å estimere når en aktivitet skal starte og «tvinger» arbeidet til å starte så tidlig som mulig. Hvis fremdriften forsinkes hentes det enten inn mer bemanning eller bemanning flyttes på, for å fullføre kritiske aktiviteter og ta igjen tapt fremdrift, noe som igjen reduserer produktiviteten. Ved denne aktivitetsorienterte tankegangen forsømmes både maksimering av verdi, minimering av sløsing og flyt mellom aktiviteter. Lean construction søker på den annen side å optimalisere flyt, minimere sløsing og maksimere verdi for kunden.

Lean construction og lean manufacturing er to forskjellige konsept, men kjernen er den samme: minimere sløsing av materialer, tid og innsats for å skape mest mulig verdi for kunden (Koskela et al., 2002). Lean construction aksepterer lean manufacturing som en standard for perfektjon eller inspirasjonskilde (G. A. Howell, 1999; Koskela et al., 2002). De to konseptene deler de samme målene: reduksjon av syklustid, eliminering av sløsing og variabilitetskontroll. Kontinuerlig forbedring, pull-produksjon og kontinuerlig flyt har vært fokuset for implementeringen av lean construction (Paez et al., 2005). Disse metodene har videre blitt utviklet til teknikker som er overførbare til byggeprosjekt.

## 3.4 Relevante begrep, metoder og verktøy

Innenfor lean construction finnes det mange begrep, metoder og verktøy. Dette kapitlet vil presentere de mest sentrale relatert til Taktproduksjon. Kapitlet vil også bare ta for seg de delene av metoder og verktøy som ansees relevante for Taktproduksjon.

### 3.4.1 Pull-planlegging

I både Taktplanlegging og Last Planner System (kap. 3.4.4) benyttes planleggingsteknikken Pull-planlegging (Ballard & Tommelein, 2016; Frandson & Tommelein, 2016). Denne formen for planlegging legger grunnlaget for Pull-produksjon, som står sentralt i lean. Pull-produksjon går ut på å produsere basert på behov hos kunde eller nedstrøms produksjon slik at man unngår overproduksjon, altså sløsing (Frandson, 2019, s. 33).

Pull-planlegging går enkelt forklart ut på at man planlegger seg bakover fra sluttproduktet (Frandson, 2019, s. xvi). På et byggeprosjekt kan sluttproduktet være ferdig prosjekt hvis man jobber med en overordnet plan eller en milepæl hvis man planlegger mer i detalj. Målet med dette er å identifisere viktige overleveringer og avhengigheter mellom oppgaver, slik at oppgaver iverksettes og ferdigstilles i henhold til disse avhengighetene. Dette sikrer at arbeid frigis når det er behov for det, ikke før og heller ikke etter.

Ved detaljert produksjonsplanlegging gjennomføres denne planleggingen gjerne i møter med alle som er ansvarlige for å ferdigstille det aktuelle arbeidet, i tillegg til de som kan gi nødvendig informasjon (Ballard & Tommelein, 2016). Man starter da med en milepæl for perioden som skal planlegges og planlegger seg bakover fra denne. Hver aktør spesifiserer hvordan de skal utføre sitt arbeid, samt sine betingelser for tilfredshet fra oppstrøms produksjon. Foregående aktør i arbeidssekvensen gjør deretter det samme. Dette starter ved milepælen og fortsetter oppstrøms i produksjonen helt til alle aktører har tilført sitt arbeid og betingelser til planen. Denne formen for kollektiv planlegging krever stor grad av visualisering slik at alle i møtet forstår sekvensen på arbeidet og kan komme med innspill ved behov. Det er derfor vanlig å gjennomføre dette ved å bruke post-it lapper (fysiske eller virtuelle) hvor man spesifiserer arbeidsoperasjonene. Hver aktør har sin egen farge på lapp og lappene flyttes rundt inntil arbeidssekvensen er optimalisert. Gjennom disse planleggingsmøtene får alle aktører en dyp forståelse og forpliktelse til planen de har bidratt til å utvikle.

### 3.4.2 Sløsing

Fjerning av alle former for sløsing (waste) står sentralt i lean (Moore, 2007, s. 7). Dette kan vi se fra Likers modell (*Figur 1*), hvor eliminering av sløsing står på nivå to og danner mye av grunnlaget for lean-tankegangen. Sløsing defineres som alt som bruker ressurser, men ikke tilfører verdi (Moore, 2007, s. 144).

I lean defineres det 8 typer sløsing (Koskela, 2000, s. 57; Liker, 2004, s. 28). Målet er å fjerne disse.

1. **Overproduksjon:** Produksjon over behov hos kunde eller nedstrøms produksjon generer sløsing ved høyere bemanning enn nødvendig, lagring og transport.
2. **Venting (tid til overs):** Arbeidere som venter på materialer, informasjon, utstyr eller står ovenfor andre hindringer og dermed ikke gjør verdiskapende aktiviteter.
3. **Unødvendig transport:** Lange avstander, flytting av material, ineffektiv transport, flytting av varer inn og ut av lager eller mellom prosesser.
4. **Overprosessering eller feilprosessering:** Ta unødvendige steg for å fullføre en prosess. Ineffektiv prosessering på grunn av dårlig verktøy og design, som gir unødvendig bevegelse og feil på produkt. Sløsing genereres også når det produseres med høyere kvalitet enn nødvendig.
5. **Overskuddinventar:** Oppbevaring av unødvendig material, utstyr e.l. før det er behov.
6. **Unødvendig bevegelse:** All unødvendig bevegelse en arbeider gjennomfører, som se etter, løfting, flytting av gjenstander osv.
7. **Defekter/feil:** Feil i produksjon som fører til omarbeid, reparasjoner, skroting, erstatning eller inspeksjoner
8. **Uutnyttet kreativitet hos ansatte:** Miste tid, ideer, ferdigheter, forbedringer og muligheter for læring ved å ikke høre på eller engasjere dine arbeidere.

### 3.4.3 Variabilitet og buffere

På byggeprosjekt planlegges fremdrift etter gjennomsnittlig, normal produksjon. Tidsbruk kan variere grunnet påvirkning fra eksempelvis kompetanse hos arbeidere, vær, andre ytre forhold, uforutsette hindringer i produksjonen osv (Tommelein et al., 1999). Avviket i tidsbruk fra normal produksjon kalles variabilitet. Generelt kan variabilitet beskrives som tendensen noe har til å endre seg eller variere (F. O. Drevland, 2019). De negative sidene ved variabilitet er velkjent. Arbeidsflyten påvirkes negativt og svingninger gjør

systemet ustabil (Poshdar et al., 2015). Dette gir igjen negativ utvikling i produksjonsrater, produktivitet, kontroll på plan, kostnadskontroll osv. (González et al., 2010). Variabilitet representerer dermed en risiko ved planen og må håndteres for å ikke forstyrre produksjonen. Dette reflekteres i Lean, hvor begrensning av variabilitet i et produksjonssystem beskrives som essensielt (Moore, 2007, s. 138).

Det vil alltid være en risiko for at planlagt tidsbruk overskrides. Denne risikoen minimeres ved å begrense variabiliteten i systemet (Frandsen et al., 2015). For å håndtere resterende variabilitet implementeres buffere. Dette for å sørge for at oppgaver blir ferdigstilt innen rett tid og dermed forhindre forsinkelser. Buffere tar altså opp usikkerheten ved faktorer det er vanskelig å forutse. Jo bedre planlagt et prosjekt er og jo mindre usikkerhet det er ved en arbeidsoperasjon, jo mindre buffere trenger man. Dog kan ikke all usikkerhet fjernes. Buffere må derfor plasseres strategisk for å unngå at forsinkelser forstyrrer flyten i produksjon (Poshdar et al., 2015). Ved å ta opp risiko fungerer buffere som en sikkerhet for budsjetterte kostnader, tidsplan, materialer, bemanning osv. (Sakamoto et al., 2002).

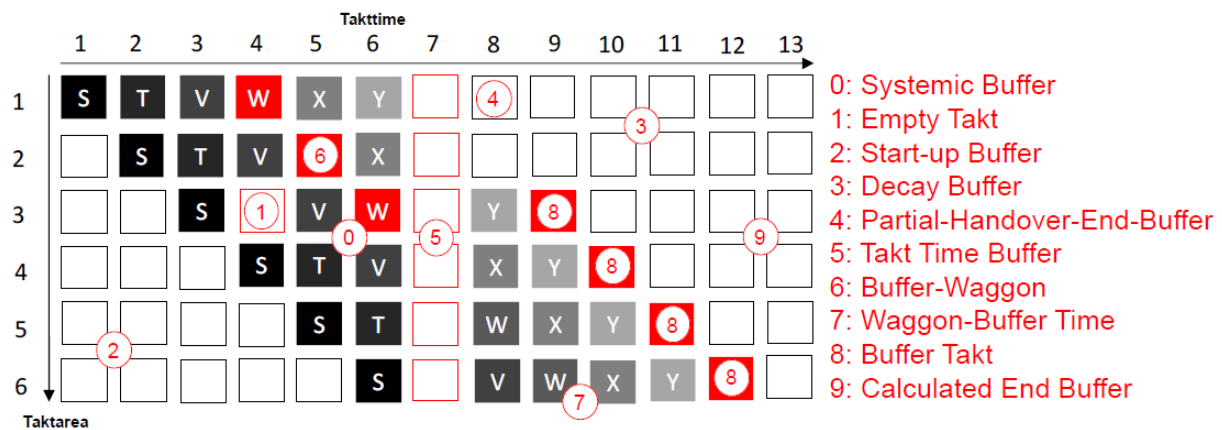
Her vil det også være relevant å trekke inn Hopp og Spearman (2011, fra Drevland, 2019, s. 161) bufferlov. Loven sier at et system alltid vil være bufret av en kombinasjon av kapasitet, inventar og tid. Bufferloven refereres også til som «pay-me-now-or-pay-me-later» loven, som beskriver at en proaktiv holdning til buffere også er fordelaktig. Ved å ikke implementere buffere vil selv den minste hindring eller forstyrrelse påvirke leveransen til systemet, og dermed skape en utilsiktet buffer nedstrøms i produksjonen.

I en stabil, pålitelig prosess uten variabilitet vil buffere representere sløsing (Dlouhy et al., 2019). Buffere i seg selv tilfører ikke verdi til et prosjekt. Samtidig vil også variabilitet føre til sløsing. Hvis Hopp og Spearman Pay-me-now-or-pay-me-later er gjeldende ligger forskjellen her i om denne sløsingen er planlagt eller ikke. Buffere vil gi forutsigbarhet og kan dermed ses på som en form for nødvendig sløsing.

Frandsen et al. (2015) beskriver fire typer buffere relevante for fremdriftsplanlegging av byggeprosjekt:

1. Tidsbuffer: Ekstra tid i forhold til hva som er nødvendig til en oppgave.
2. Kapasitetsbuffer: Underlasting av produksjonseenheter, altså at man tildeler en produksjonseenhet eksempelvis 80% av arbeidet de har mulighet til å utføre innen en gitt tid. Kan også være mulighet for ekstra bemanning eller overtidsarbeid.
3. Lokasjonsbuffer: Soner på byggeplassen som ikke okkuperes av arbeid under gitt Takt kan brukes som buffer.
4. Planbuffer: Kalles også Workable backlog. Dette er områder med mindre grad av repetisjon som ikke inkluderes i Takt. Disse områdene kan da ta opp variasjonen på byggeplass. Ved ekstra kapasitet kan disse oppgavene gjennomføres. På denne måten hindres sløsing av kapasitet.

Blant disse fire typene er det 2, 3 og 4 som brukes i Taktplanlegging (Frandsen et al., 2015). Tidsbuffere ses på som sløsing og bør derfor unngås. Videre er kapasitetsbuffer den mest foretrukne. Når det gjelder buffere i en Taktplan og plasseringen av disse har Dlouhy et al. (2019) identifisert 10 ulike buffere. Hvor disse plasseres, og hvilken funksjon disse har vil videre forklares. Se Figur 3.



Figur 3: Type buffere i en Taktplan (Dlouhy et al., 2019)

0. Systemic Buffer: Dette er eksempelvis helg på slutten av en uke og dermed en mulighet til å inn tapt fremdrift uten at det går ut over påfølgende Takt. Dette er en buffer som ikke planlegges inn i systemet, men heller er et resultat av systemet.
1. Empty Takt: Dette er en tom Taktvogn med lengde en Takttid hvor det ikke planlegges noe arbeid. En tom vogn kan forekomme utilsiktet ved dårlig harmoniserte fag eller andre begrensninger eller planlegges inn som en del av fagparaden.
2. Start-up Buffer: Denne bufferen er et resultat av at fagparaden flytter seg videre gjennom Taktsoner og ikke kan jobbe to steder samtidig. Det forekommer da et tidsrom før fagparaden beveger seg inn i et område som er fritt for verdiskapende aktiviteter. Dette tidsrommet vil øke etter hvert som fagparaden beveger seg gjennom sonene.
3. Decay Buffer: Dette er motsetningen Start-up Buffer og forekommer av samme årsak. Et arbeidslag kan ikke jobbe i to Taktsoner samtidig og ferdigstilling av et område forskyver seg dermed langs tidsaksen med en Takttid pr. Taktzone. Buffertype 2 og 3 representerer de største enkelttypene av buffere ved et prosjekt. Reduksjon av disse vil dermed ha stor påvirkning for tidsbruken på prosjektet som helhet. Disse planlegges ikke, men er et resultat av systemet.
4. Partial-Handover-End-Buffer (PHEB): Når et Taktzone er ferdigstilt kan det overleveres hvis dette er ønskelig fra kunden sin side. Det oppstår da et behov for en buffer. Denne bufferen erstatter da buffertype 3 og korter drastisk ned på tidsbruken mellom oppstart og overlevering i en sone.
5. Takt-Time Buffer: Dette er en horisontal forskyvning av hele Taktplanen og påvirker dermed dato for ferdigstilling. Dette kan være forutsett (ferier e.l) eller uforutsett (vær eller andre ytre påvirkninger).
6. Buffer Wagon: Dette er en tom vogn uten verdiskapende aktiviteter med varighet lik en Takttid. Denne kan planlegges inn for å ivareta eksempelvis tørketid eller som en buffer hvor uferdig arbeid kan ferdigstilles. Buffervognen plasseres på en fast plass i fagparadens sekvens og forekommer da i hvert Taktzone.
7. Wagon-buffer time: Dette er bufferen internt i hver vog. Etter harmonisering vil det være differansen mellom Takttiden og planlagt tid til arbeid.
8. Buffer Takt: Denne bufferen er lik *Buffer Wagon* i funksjon, men har annerledes plassering. Denne plasseres på enden av fagekvensen og er dermed ikke en del av «toget». Denne typen buffer plasseres gjerne mellom to «tog» i samme Taktzone.

9. Calculated End Buffer: Dette er den totale kumulative tiden spart ved optimalisering av prosessflyt. Denne bufferen kan være unødvendig, men den symboliserer inntjent tid og kan benyttes hvis nødvendig. Ved å transformere de andre bufferne i planen til Calculated End Buffers kan prosjektet tjene inn tid til bygging eller tidligere overlevering etter behov. Denne transformasjonen bør derfor være et mål i Taktplanleggingen.

#### 3.4.4 Last Planner System (LPS)

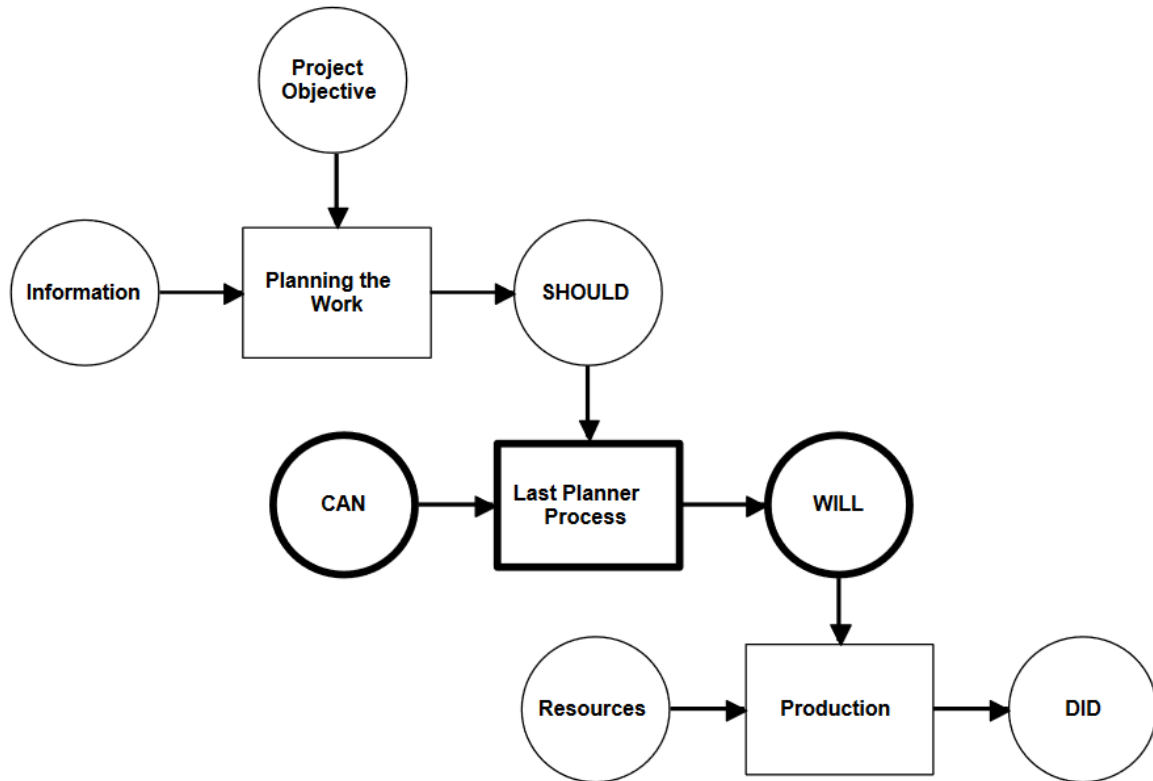
Last Planner System (LPS) er en av de best kjente lean Construction-teknikkene og ble utviklet tidlig på 90-tallet som et system for produksjonskontroll (Aziz & Hafez, 2013; Ballard & Tommelein, 2016). Last Planners (siste planleggere) er personene som klargjør arbeidsoppgaver for personene som gjennomfører arbeidet (G. Howell, 2002). LPS gir verktøy for planlegging og kontroll av arbeid og fokuserer på å forbedre produktivitet ved å kun ta inn oppgaver som har blitt gjort klare for utførelse inn i ukentlige arbeidsplaner (G. Howell, 2002; Seppänen et al., 2010). Ved å bidra til å forutse utfordringer, begrense variabilitet i arbeidsflyt og redusere usikkerheter har LPS vist seg som svært effektivt ved ledelse av byggeprosjekter (Aziz & Hafez, 2013). Økt forutsigbarhet og stabilitet i prosjekter oppnås ved å redusere avhengigheter og variabilitet, og dermed redusere sløsing.

I følge Ballard & Tommelein (2016) har LPS åtte funksjoner, eller hensikter:

1. Spesifisere hvilke arbeidsoppgaver som burde gjøres når og av hvem, fra milepæler til faser mellom milepæler, til prosesser innenfor faser, til operasjoner innenfor prosesser, til steg innenfor operasjoner. Dette punktet referer til den økende graden av spesifisering vist i Figur 4
2. Gjøre planlagte oppgaver klare til å utføres. Dette gjøres i utkikksmøtene
3. Replanlegging/planlegging for å nå prosjektmål. Planlegging og replanlegging er kontinuerlige prosesser gjennom et prosjekt (Aziz & Hafez, 2013). Replanlegging utløses av kontroll av utførelse. Hvis faktisk gjennomført arbeid ikke stemmer overens med planlagt arbeid iverksettes replanlegging.
4. Velge ut oppgaver for daglige og ukentlige arbeidsplaner. Bestemme hvilke arbeidsoppgaver som skal utføres videre.
5. Gjøre frigivelse av arbeidsoppgaver mellom spesialister pålitelig
6. Gjøre nåværende og fremtidig status på prosjektet synlig
7. Måle prestasjonen til plansystemet
8. Lære fra feil i plan. Uoverenstemmelse mellom utført arbeid og plan kan stamme fra både forhold direkte knyttet til arbeidet som utføres og forhold utenfor kontroll til de utførende. Ved å analysere rotårsakene til disse uoverenstemmelsene kan man avdekke behov for forbedring i systemet som helhet.

Disse funksjonene oppnås ved en rekke metoder. Hovedtrekkene vil videre forklares. For en mer detaljert beskrivelse se (Ballard & Tommelein, 2016, s. 13–21). LPS er et system av planer med økende detaljeringsnivå (G. Howell, 2002). Gjennom den økende graden av detaljering på hvert plannivå reduseres usikkerheter. Systemet som helhet kan ses i *Figur 4*. LPS tar inn prosjektmål og informasjon og strukturerer dette i hovedfremdriftsplan og faseplan. Disse planene viser hva som BURDE (SHOULD) gjøres, samt informasjon om når og av hvem (Ballard, 2000, s. 3–14; Ballard & Tommelein, 2016). Ved utkikkplanlegging ser Last Planners typisk 3-12 uker frem i tid og klargjør oppgaver som BURDE gjøres slik at de KAN (CAN) gjennomføres. Her fjernes hindringer og oppgaver brytes ned fra prosesser til operasjoner. Ved enden av utkikksvinduet er

oppgavene klare for utførelse. Ukesplan eller forpliktende plan med det som VIL (WILL) gjøres utarbeides fra dette klargjorte arbeidet. En oversikt over de forskjellige plannivåene og karakteristisk informasjon er vist i Figur 5.



Figur 4: The Last Planner System (Ballard, 2000, s. 3–15)



Figur 5: Plannivå Last Planner System (basert på Ballard, 2000; Ballard & Tommelein, 2016)

GJORDE (DID) er det som ble gjennomført foregående uke (Ballard & Tommelein, 2016). Ved å sammenligne de forskjellige plannivåene med hverandre og analysere, kan feil i plan oppdages og tiltak iverksettes for å hindre gjentakelse. Rotårsaksanalyse benyttes

for å identifisere treffende tiltak. Metodene for analyse er Percent Plan Complete, Tasks Anticipated og Tasks Made Ready. Disse er forklart i *Tabell 4*

Metode	Forklaring	Beregning	Resultat
Percent Plan Complete (PPC)	Måler hvor stor andel av planlagte oppgaver i en forpliktende plan som faktisk ble gjennomført	$= \frac{GJORDE}{VIL}$	Altså gjennomførte oppgaver delt på planlagte oppgaver i forpliktende plan. Viser hvor pålitelig planen for en uke er. Jo høyere PPC jo mer pålitelig er planen.
Tasks Anticipated (TA)	Måler prosentandel oppgaver i en spesifikk uke som var forventet i den spesifikke uken i utkvikksplanleggingen.	$= \frac{VIL}{KAN}$	Altså planlagte oppgaver i forpliktende plan delt på utkvikksplan for samme uke. Viser i hvor stor grad Last Planners, i utkvikksperioden, klarer å forutse hvilke oppgaver som må gjennomføres i hvilken uke. Viktig at denne er høy for å sikre at oppgaver faller inn i ukesplanen først når de er klargjort og ikke når andre avhengigheter krever det.
Tasks Made Ready (TMR)	Måler hvor bra utkvikksplanleggingen identifiserer og fjerner hindringer for produksjon.	$= \frac{GJORDE}{KAN}$	Altså gjennomførte oppgaver delt på utkvikksplan for samme uke. Viser prosentandelen av oppgaver hvor hindringer har blitt fjernet. Jo høyere denne er jo flere oppgaver er klare for utførelse når de faktisk skal utføres.

*Tabell 4: Metoder for analyse av plan (Egenprodusert, basert på Ballard & Tommelein, 2016)*

Daily Huddle Meetings er en viktig komponent i LPS (Ballard & Tommelein, 2016). Dette er daglige møter mellom de aktørene på prosjekt som har pågående arbeid. Disse møtene gjennomføres gjerne stående ute på byggeplass og varer gjerne rundt 15 min. Her diskuteres den daglige gjennomføringen av oppgaver. Hva ble ferdig i går, hva skal gjøres i dag, hvilke avhengigheter er problematiske og om det er det noen oppgaver som ikke kan gjennomføres er typiske tema på disse møtene.

Når det gjelder Taktplanlegging kombinert med LPS er dette to system som komplimenterer hverandre på mange måter (Frandsen et al., 2014). Takt gir flyt og standardisert arbeid, noe LPS er godt egnet for å kontrollere. LPS eger seg også godt til å kontrollere og tilpasse arbeidet hvor kontinuerlig flyt ikke er mulig. Det standardiserte arbeidet og den faste rytmen gjør utkvikksprosessen enklere for Last Planners. Arbeidspakkene er i stor grad standardiserte og gjentakende innen hver fase. Dette gjør utkvikksprosessen mer gjentakende og kvaliteten på prosessen øker. Viktigheten av klargjøring av oppgaver vil øke ved kombinasjon av Takt og LPS. Grunnen til dette er at oppgaver som ikke er klargjorte vil påvirke en hel fagparade, ikke bare en enkelt oppgave (Tommelein et al., 1999). De to systemene sammen øker altså både viktigheten og kvaliteten på utkvikksprosessen.



Deler av et prosjekt som har lav grad av gjentakelse vil i taktet produksjon gjennomføres som Workable Backlog. Selv om dette arbeidet utføres utenom Takt må det planlegges. LPS egner seg svært godt for å fjerne hindringer og sørge for at dette arbeidet gjennomføres etter plan (Frandsen et al., 2014). LPS er også godt egnet til å ta opp variabilitet, samt analysere årsaken til variabiliteten og iverksette tiltak.

Kanskje den viktigste årsaken til å kombinere Taktplanlegging med LPS er at LPS gir nødvendige verktøy og metoder til å kontrollere produksjonen og lære av den (Frandsen et al., 2014). En metode for å kontrollere produksjon er også en forutsetning ved TTP (Amerikansk metode for Taktplanlegging, se 3.5.2) da produksjonskontroll ikke er en del av denne metoden.

### 3.5 Taktproduksjon

Dette kapitlet tar for seg teorien som kreves for å forstå Taktproduksjon. Det gir også grunnlag for videre sammenligning med funn presentert i resultatkapitlet. Taktproduksjon referer her til Taktplanlegging, samt utførelse og oppfølging av taktet produksjon.

Helt grunnleggende betyr ordet takt rytme på tysk (Liker, 2004, s. 94). I produksjonssammenheng representerer takt rytmen på noe som produseres. Denne rytmen settes etter etterspørselen for produktet. Hvis markedet etterspør 10 produkt i timen, må det produseres et produkt pr 6 min. 6 min er da takttiden. I en prosess med kontinuerlig flyt vil det si at alle arbeidsoperasjoner på produktet skal ta 6 min. Takt spiller i dag en viktig rolle i produksjonssystemer basert på lean (Haghsheno et al., 2016). Prosche, BMW, Daimler og Toyota er eksempler fra bilindustri som benytter Takt i produksjon.

Den tidligste registrerte bruken av takt i produksjon er ved skipsproduksjon i Venezia på 1600-tallet (Haghsheno et al., 2016). Takt har også røtter tilbake til 1930-tallet, der det ble brukt i tysk flyproduksjon (J. Womack, 2004). Det finnes også en rekke andre eksempler på bruk av takt i produksjon langt tilbake i tid, men Takt slik vi kjenner det i dag stammer fra Toyota og TPS på 1950-tallet.

Takt er en av hjørnesteinene i lean og TPS (Moore, 2007, s. 352). Toyota bruker Takt til å jevne ut-, og skape flyt i produksjonen (Frandsen, 2019, s. 33). En jevn takt som tilsvarer kapasiteten til de ulike arbeidsstasjonene i et produksjonssystem, er kritisk for å skape flyt. Utfordringer ved taktet produksjon oppstår hvis kapasiteten til arbeidsstasjonene og takttiden ikke samsvarer, spesielt hvis individuelle arbeidsstasjoner jobber raskere enn andre (Moore, 2007, s. 352). Hvis individuelle arbeidsstasjoner fullfører arbeidet raskere enn takttiden vil lageret av varer i arbeid eller ferdige varer bygge seg opp og den gitte arbeidsstasjonen vil gå tom for arbeid. Dette er definert som en av de store bidragsytterne til sløsing i TPS. Variasjoner i produksjon og etterspørsel internt i produksjonen gjør balanseringen av takttiden vanskeligere (Frandsen, 2019, s. 33).

I produksjonssystemer må man skille på pull- og push-produksjon. Pushproduksjon iverksetter arbeidsoppgaver basert på planlagt fremdrift eller prognoser. Prosjektledelsen «pusher» da arbeid til å starte på en gitt dato (Koskela et al., 2002, s. 215). Hvorvidt leveransen fra en gitt aktivitet stemmer overens med behovet nedstrøms i produksjonen eller hos kunde er avhengig av plan (Frandsen, 2019, s. 33). Pullproduksjon er drevet av behov hos kunde eller i nedstrøms produksjon. Her planlegges og iverksettes fremdrift og arbeidsoppgaver ut fra behov. Dette gir en stabil flyt i produksjonen ettersom produksjon

stemmer overens med etterspørsel. Produksjon basert på Takt bidrar til et slikt pullsystem. Hele produksjonen designes for å møte behov, ikke mer, ikke mindre. Et slikt pullsystem gir jevnere flyt, mindre varer i arbeid, forbedret kvalitet og reduserte kostnader (Hopp & Spearman, 2004). I tillegg bidrar et pullsystem til å få frem problemer og utfordringer i produksjonen (Moore, 2007, s. 136). Utfordringene blir oppdaget ettersom takten setter en fast produksjonssyklus. Avvik vil da oppdages og kan håndteres. Eksempelvis hvis en arbeidsstasjon ikke leverer innen takttiden vil dette oppdages umiddelbart og tiltak kan iverksettes.

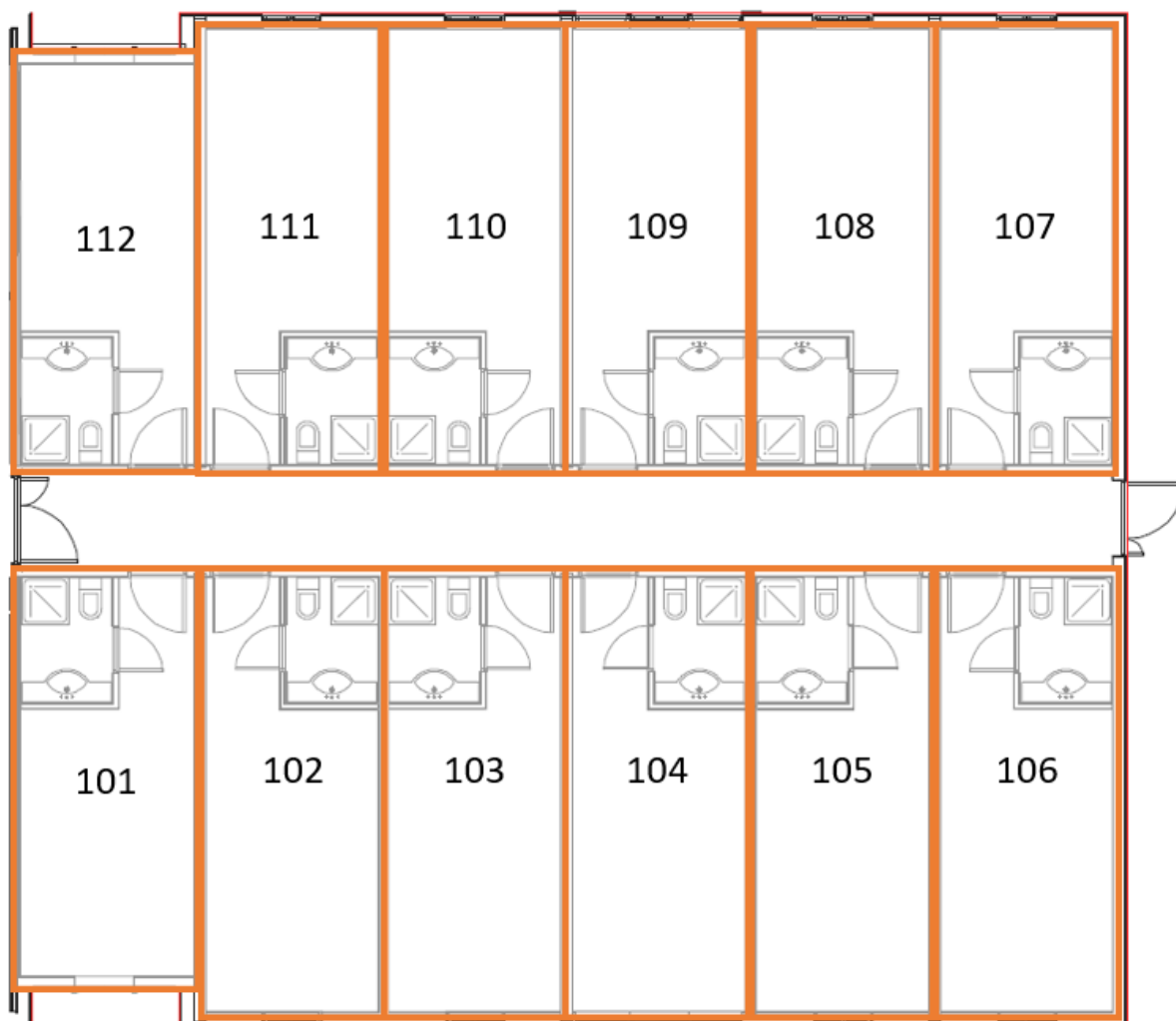
Det siste tiåret har Takt også blitt introdusert i byggebransjen (Lehtovaara et al., 2020). De grunnleggende forskjellene på stasjonær produksjonsindustri og byggeprosjekt krever dog en litt annen tilnærming. Kontinuerlig flyt og produksjon basert på Takt vil være enklest å implementere i repeterende produksjon, men de kan også overføres annen produksjon hvor gjentakende arbeidssteg kan defineres og sløsing kan elimineres (Liker, 2004, s. 95). I samlebåndsproduksjon «flyter» produktet mellom arbeidsstasjonene (Frandsen et al., 2013). Dette vil være motsatt på byggeprosjekt, hvor arbeiderne «flyter» gjennom produktet. På byggeprosjekt blir dermed Takt rytmen arbeidslag beveger seg gjennom et bygg etter.

En annen stor forskjell er etterspørselsraten og hvordan denne bestemmes (Frandsen, 2019, s. 34). På byggeprosjekt kan man naturligvis ikke sette Takt direkte basert på etterspørselsraten slik som i samlebåndsproduksjon, da det kun er ett produkt (bygget/prosjektet) som produseres. Det settes gjerne en dato for overlevering fra byggherre sin side, men denne ene datoen er ikke nok for å etablere en Takt. Her må bygget deles inn videre i det som kalles Taktsoner, som er deler av bygget hvor arbeid skal ferdigstilles innen en Takt. Hvordan denne soneinndelingen, samt andre aspekt ved Taktproduksjon kan gjennomføres vil forklares i kommende kapitler.

### 3.5.1 Taktproduksjon i praksis

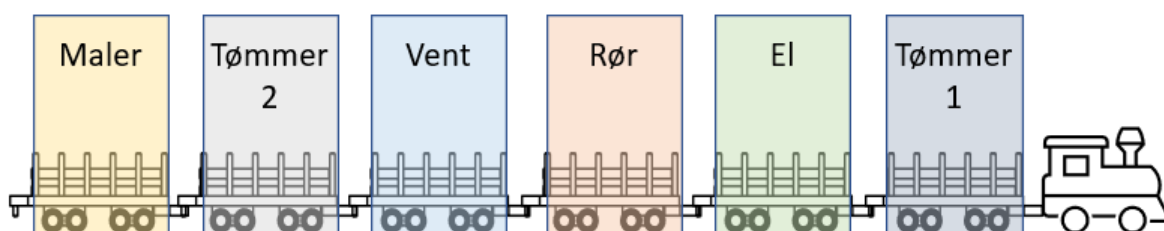
Metodene Taktplanlegging blir senere forklart i kapittel 3.5.2 og 3.5.3. For å forstå disse metodene og hvordan Takt fungerer i praksis, samt grunnleggende begrep vil det først gis en generell forklaring av systemet.

Ved Taktproduksjon deles et prosjekt inn i soner basert på grad av gjentakende arbeid og arbeidsmengde. Disse sonene betegnes som Taktsoner og skal inneholde lik mengde arbeid og fullføres innen en Takttid. Et eksempel på dette er vist i *Figur 6*. Takttid refererer til Tidsrommet mellom hver Takt. Dette tidsrommet setter tiden en arbeidspakke må gjennomføres innen, for å møte et behov (Moore, 2007, s. 352). På et byggeprosjekt vil altså takttiden bestemme hvor lang tid et arbeidslag har på å fullføre definerte arbeidssteg, eller en arbeidspakke, innenfor en Taktzone (Dlouhy et al., 2016).



Figur 6: Soneinndeling (egenprodusert)

Et arbeidslag kan visualiseres som en «vogn» i et arbeidstog som skal passere gjennom Taktområdene på et prosjekt (Frandsen et al., 2013). Dette «toget» kalles The Parade of Trades (fagparaden). Arbeidslagene er koordinert i en bestemt rekkefølge med bestemte arbeidsoppgaver innenfor en bestemt tid for å skape flyt i arbeidsprosessene, redusere variabilitet og dermed redusere sløsing. Dette er kjerneprinsipper i lean (Moore, 2007, s. 137). Figur 7 viser dette.



Figur 7: Parade of Trades

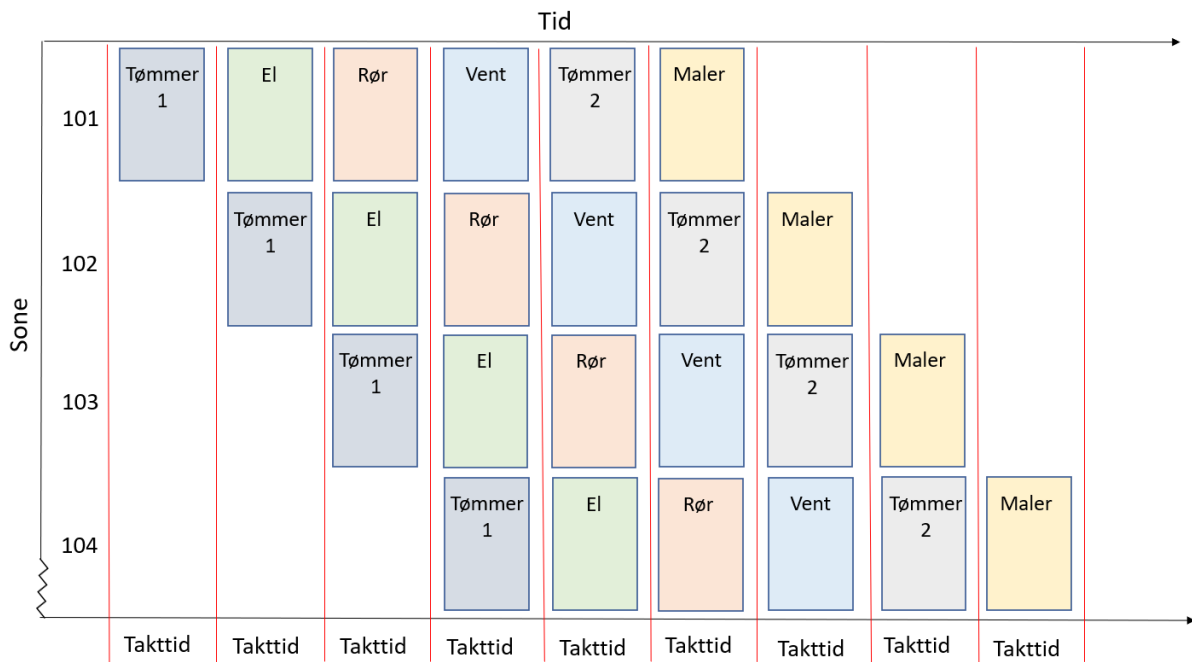
I praksis beveger altså «toget» eller fagparaden seg gjennom sonene etter en bestemt rytme. Hvert arbeidslag beveger seg inn i en sone ved begynnelsen av Takttiden, fullfører sitt arbeid i løpet av Takttiden og leverer fra seg sonen til neste arbeidslag ved

endt Takttid. Etter dette beveger arbeidslaget seg videre til neste sone. På denne måten sikrer man gode overleveringer og arbeid fritt for konflikter eller kollisjoner, se *Figur 8*.



*Figur 8: (egenprodusert)*

Overnevnte begreper brukes i utviklingen og gjennomføringen av en Taktplan (Figur 9). En Taktplan inneholder dimensjonene tid og sted og er en komplett oversikt over byggeprosessen (Dlouhy et al., 2016). Ved denne oversikten og en prosess som er strukturert på et detaljert nivå er målet med Taktplanlegging å skape kontinuerlig flyt i produksjon, øke produktivitet og redusere sløsing slik at gjennomføringstid og kostnad reduseres (Frandsen et al., 2013; Haghsheno et al., 2016; Lehtovaara et al., 2019).



Figur 9: Taktplan (Egenprodusert basert på: Binninger et al., 2017)

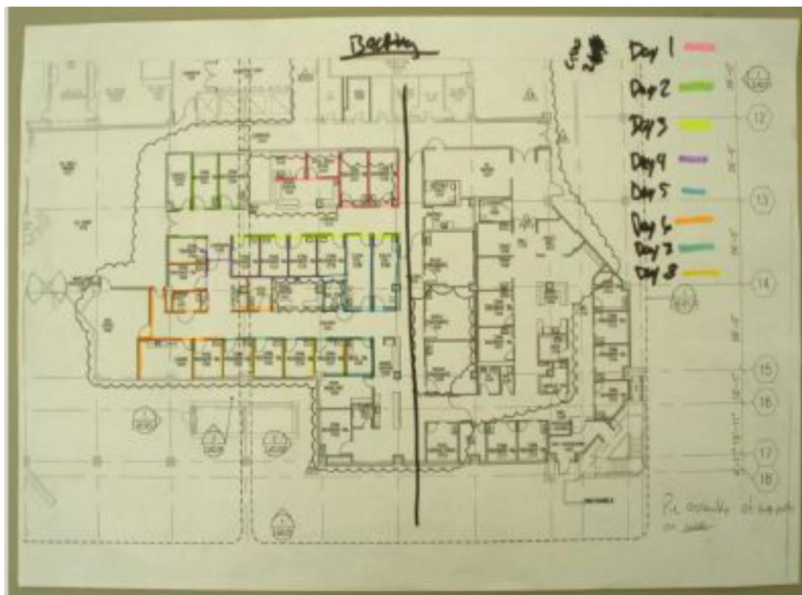
Det har de siste årene blitt publisert to modeller for Taktplanlegging, som har fått mye oppmerksomhet lean construction miljøet (Lehtovaara et al., 2019). Disse er Takt Time Planning (TTP) og Takt Planning and Takt Control (TPTC). Begge metodene leder til en Taktplan, men kun TPTC tar for seg gjennomføringsfasen. TTP er utviklet i USA av Frandson et al. (2013; 2016) og består av seks faser. TPTC er utviklet i Tyskland av Dlouhy et al (2017; 2016) og består av et hierarki på tre nivå basert på grad av detaljering. De to øverste nivåene er forklart i 12 steg. TTP og TPTC vil i påfølgende delkapitler bli forklart.

### 3.5.2 Takt Time Planning (TTP)

I Frandson et al. (2013; 2016) sin tilnærming til Taktplanlegging gjennomføres planleggingen i en iterativ prosess i seks faser, som leder til en taktet produksjonsplan. Taktkontroll og optimalisering på tvers av prosjektfaser og prosjekt er ikke en del av metoden.

#### Fase 1: Samle informasjon

Denne fasen dreier seg om innsamling av informasjon om prosjektet, fag og arbeidsoppgaver. Her peker Frandson et al. (2013) på viktigheten av å gjennomføre denne fasen i samarbeid med personer som vet hvordan arbeidet faktisk skal gjennomføres. Dette kan være formenn for de ulike fagene. I samarbeid bestemmes hvordan, av hvem, hvor og i hvilken rekkefølge arbeid skal gjennomføres. En metode som kan brukes her er Color-ups. Denne metoden går ut på at hvert fagfelt markerer arbeidet de skal gjennomføre på plantegninger og rekkefølgen på det, basert på at de kan gjennomføre sitt arbeid uavhengig av andre fagfelt. På denne måten identifiseres den foretrukne produksjonsplanen og varighetene til de ulike fagene. Arbeidssekvenser må senere koordineres. Det er derfor lite sannsynlig at planen blir slik de ulike fagene optimalt sett foretrekker, men denne prosessen bidrar med oversikt og beslutningsgrunnlag. Et eksempel på dette er vist i Figur 10.



Figur 10: Eksempel på Color-ups (Frandsen et al., 2013)

#### Fase 2: Definer soner

Her benyttes informasjonen som ble innhentet i forrige steg til å identifisere soner (Frandsen et al., 2013). Sonene baseres på grad av gjentakende arbeid, varighet på arbeid og informasjon fra Color-ups (Frandsen et al., 2013; Frandsen & Tommelein, 2014). Dette danner innledende soner som må bearbeides i senere steg (Frandsen et al., 2013). Grunnen til dette er at det ikke foreligger tilstrekkelig informasjon til å danne en Taktid, noe som vil påvirke størrelsen på sonene. Målet med soneinndelingen er å danne Taktsoner med lik arbeidsvarighet. Dette for å skape en jevn produksjonsrate og flyt i byggeprosessen.

#### Fase 3: Forstå fagsekvensen

For å forstå rekkefølgen på fag i de forskjellige Taktsonene samles sentrale aktører til koordineringsmøter (Frandsen et al., 2013). Her er det også viktig å gjennomføre møtene med personer som har inngående kunnskap om arbeidet som skal utføres. I tillegg til rekkefølgen på fag er også hvor mange ganger hvert fag må jobbe seg gjennom hver sone viktig. Den generelle arbeidssekvensen utvikles ved pull-planlegging.

#### Fase 4: Balanser arbeidsflyten

Basert på informasjon om arbeidssekvensen og Taktsonene balanseres arbeidsflyten (Frandsen et al., 2013). Dette går ut på å justere hver arbeidspakkene i en sekvens slik at de forskjellige arbeidspakkene får en jevn varighet. Ujevn varighet vil gi variabilitet i systemet og større sannsynlighet for forsinkelser. Her rettes fokuset mot hvilke arbeidspakker som trenger å gjennomføres raskere og hvilke som trenger å gjennomføres tregere. For å balansere arbeidsflyten kan også Taktsonene justeres, eller det kan benyttes buffere. Videre balansering krever First-run-studier.

#### Fase 5: Forstå de individuelle varighetene på fag

Til nå har varigheten på arbeidsoppgaver vært basert på informasjon fra personer med kjennskap til arbeidet som skal gjennomføres. For å teste varigheten på arbeidssekvensen gjennomføres et First-run-studie (Frandsen et al., 2013). I et slikt studie gjennomføres arbeidet i en Taktzone. Man avdekker dermed hvor lang tid

arbeidsoppgavene faktisk tar. Dette danner grunnlaget for videre justering basert på reelle varigheter. Gjennom en gradvis og kontinuerlig prosess oppnås arbeidsflyt og Takttiden etableres.

#### Fase 6: Produksjonsplanlegging

Den justerte raten produksjonen fortsetter med, blir Takttiden for Taktsonene (Frandsen et al., 2013). For å utbedre kontrollen på hvert Taktsonen innenfor Takttiden kan disse brytes ned i mindre tidsintervaller. Kortere Tidsintervaller vil gi hyppigere kontroll av arbeidsoppgaver. Arbeidsoppgaver som overskrider planlagt tidsbruk, vil oppdages og korrektive handlinger kan iverksettes.

Felles for alle fasene i Taktplanleggingen er at disse gjennomføres i samarbeid med personer med direkte kjennskap til arbeidet som skal utføres (Frandsen et al., 2013; Frandsen & Tommelein, 2014). Dette gir mer inngående kjennskap til produksjonsdetaljer. Planleggingsfasen er en iterativ prosess som krever en kontinuerlig utbedring av resultatet fra alle de seks fasene. Også underveis i produksjonen etter hvert som den går fremover.

TTP er en metode for produksjonsplanlegging og inkluderer dermed ikke produksjonsoppfølging. Til oppfølgingen av Taktplanen kan eksempelvis LPS benyttes. En taktet produksjonsplan beskrives som fordelaktig å kombinere med LPS (Frandsen & Tommelein, 2014)

### 3.5.3 Takt Planning and Takt Control (TPTC)

Den Tyske metoden for taktplanlegging og -kontroll kalles The Three Level Method for Takt Planning and Takt Control (Dlouhy et al., 2016). Denne metoden tar for seg selve Taktplanleggingen, men også utførelse ved Taktkontroll. Metoden er utviklet ved Karlsruhe Institute for Technology av Dlouhy et al. (2017; 2016). Metoden er som navnet tilsier tredelt og har en helhetlig tilnærming til bruk av Takt på byggeprosjekter. De tre nivåene er Micronivå: Prosessanalyse, Normnivå: Taktplanlegging og Micronivå: Taktkontroll (Dlouhy et al., 2016). Binninger et al. (2017) beskriver de to første nivåene ved 12 steg. De tre nivåene og de 12 stegene skal her forklares videre.

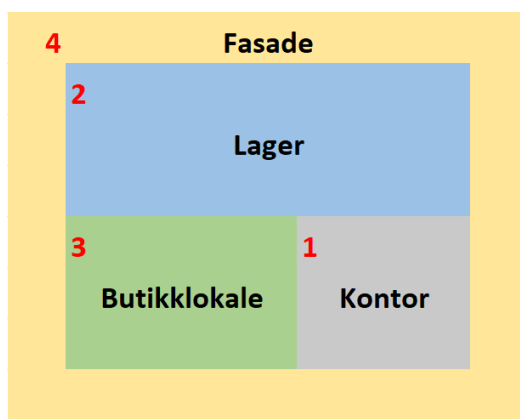
#### **Macronivå: Prosessanalyse**

Dette nivået representerer oppstarten av prosjektet og fungerer som grunnlag for kommunikasjon og avgjørelser for kunden (Dlouhy et al., 2018). Her gjennomføres en systematisk prosessanalyse for å kartlegge og definere prioriteringer og mål ved prosjektet ut fra perspektivet, verdi til kunden (Dlouhy et al., 2016). Verdi til kunden skal være styrende i alle faser av prosjektet og på alle nivå i Three-Level hierarkiet. På denne måten samles deltagerne i prosjektet rundt felles målsetninger og prioriteringer, noe som styrker samarbeidet mot verdi til kunden. Ved styrket samarbeid tidlig i prosessen tydeliggjøres også grensesnittproblematikk mellom fagfelt og faser. Kollisjoner avdekkes og avhengigheter defineres. Resultatet av denne prosessen er en felles visjon for gjennomføringen av den fremtidige produksjonen.

Prosessene på Macronivået er i stor grad prosjektuavhengige (Dlouhy et al., 2016). Data fra tidligere prosjekt kan dermed, ved å se bort fra tids- og produktrelaterte begrensninger, benyttes. Strukturen og prosjektuavhengige data kan standardiseres og effektiviseres i en prosess for kontinuerlig forbedring.

Basert på ønskene og kravene til kunden utarbeides en milepælsplan for prosjektet og såkalte «funksjonelle områder» defineres (Dlouhy et al., 2016). Milepælsplanen utarbeides ved Pull-planlegging. Funksjonelle områder eller arbeidsområder er separate deler av prosjektet som kan prioriteres i forhold til hverandre. Disse funksjonelle områdene vil gjennomføres ved flere arbeidssekvenser. Hvis kunden ønsker deler av prosjektet overlevert i en bestemt rekkefølge og/eller til en bestemt tid vil dette avgjøre prioriteringen av de funksjonelle områdene og sette rammene for milepælsplanen. Videre defineres og optimaliseres grensesnitt og den ideelle rekkefølgen på fag (Dlouhy et al., 2016; Haghsheno et al., 2016). Flere deltakere ved prosjektet tas med i prosessen og den felles visjonen for prosjektet og fagekvensen forankres i hele prosjektteamet (Haghsheno et al., 2016). Etter dette kan taktplanleggingen begynne.

De to første stegene i Binninger et al. (2017) sine 12 steg beskriver denne første fasen, se *Figur 11*.



*Figur 11: Funksjonelle områder og prioriteringer (Egenprodusert basert på: Binninger et al., 2017)*

Steg 1: Definer funksjonelle områder

Steg 2: Definer prioriteringer

### **Normnivå: Taktplanlegging**

Normnivået består av selve Taktplanleggingen (Dlouhy et al., 2016; Haghsheno et al., 2016). Dette nivået er prosjektspesifikt og kan dermed ikke benyttes på senere prosjekt. Taktplanleggingen baseres på strukturen fra Macronivået og dermed kundens prioriteringer (Dlouhy et al., 2016). Her detaljeres informasjonen fra Macronivået i større grad (Dlouhy et al., 2018). Denne informasjonen tilpasses prosjektet og byggeprosessen planlegges og koordineres. Steg 3 til 12 av Binninger et al. (2017) sine 12 steg gjennomføres på dette nivået. Disse stegene vil videre forklares.

Steg 3: Velg et funksjonelt område

Her velges funksjonelt område etter inndelingen i prosessanalysen (Binninger et al., 2017). Se *Figur 12*





Figur 12: Funksjonelt område (Egenprodusert basert på: Binninger et al., 2017)

#### Steg 4: Definer SSU(er) for valgt funksjonelt område

Funksjonelt område deles inn i Standard Space Units (SSU) , vist i *Figur 13* (Dlouhy et al., 2016). Dette er den minste gjentakende delen av et funksjonelt område. Disse kan ikke deles inn videre i gjennomføringen og kan fullføres uavhengig av hverandre. En SSU kan være et enkelt kontor i kontordelen av bygget e.l. Flere SSUer kan kombineres til en Taktzone. Ved å dele opp på denne måten kan man se spesifikt på et område og beregne arbeidsoppgaver i større detalj.

1	2	3	4	5
<b>Kontor</b>				
6	7	8	9	10

Figur 13: Funksjonelt område delt inn i SSU

#### Steg 5: Definer arbeidssteg for hver SSU

Innenfor hver SSU defineres arbeidssteg og disse struktureres basert på den optimale rekkefølgen på fag og nødvendig arbeid dokumenteres, se kolonne 1 i *Figur 15* (Dlouhy et al., 2016). Den optimale rekkefølgen på fag defineres ved Pull-planlegging gjennomført av prosjektteamet (Binninger et al., 2017). Her er det viktig at personer som har detaljert kompetanse om arbeidet som faktisk skal gjennomføres deltar. Dette hjelper med å oppdage hindringer i produksjonen før den har startet. Utgangspunktet for Pull-planleggingen baseres på informasjon fra prosessanalysen.

#### Steg 6: Gjennomfør kalkulasjon av arbeidsmengde for hvert arbeidssteg

Arbeidsmengden for hvert arbeidssteg blir så beregnet (Binninger et al., 2017). Dette gjøres ved å identifisere Performance Factor for hvert arbeidssteg og mengden arbeid innenfor SSUen (Haghsheno et al., 2016). Disse ganges sammen og gir total arbeidstid på hvert arbeidssteg. Performance Factor er gjennomsnittlig tid nødvendig for å

gjennomføre en enhet av et arbeidssteg (Frandsen et al., 2013). Arbeidsmengde innenfor hvert arbeidssteg er vist i kolonne 2 i *Figur 15* og Performance Factor er vist i kolonne 3.

#### Steg 7: Fordel detaljerte arbeidssteg i arbeidspakker

I dette steget samles de detaljerte arbeidsstegene i mer overordnede arbeidspakker, vist i *Figur 14* (Binniger et al., 2017). Denne prosessen er også vist som en del (1 og 2) av «Double packaging and double sequencing» i *Figur 18*. Små arbeidssteg samles til arbeidspakker (1) og arbeidspakkene kombineres i nødvendig rekkefølge til en prosessekvens (2) (Dlouhy et al., 2018).



*Figur 14: Eksempel arbeidspakke (Binniger et al., 2017)*

Trade Sequence	SSU	Performance factor / SSU	Man-power	Duration / SSU	Takt area	Performance factor (total)	Levelling (Takt time = 5 days)
Piling	5 piece	5*160 min.	4	40 min.	60 pieces (with 2 Takt areas)	5 days	W1
Pile Caps	2 piece	2*480 min.	4	120 min.	13 pieces	3.25 days	W2
Column	1 piece	1200 min.	5	240 min.	7 pieces	3.5 days	W3
Y-Beams	1 piece	800 min.	5	160 min.	5 pieces	1.67 days	W4
RWDP	1 piece	320 min.	2	160 min.	6 pieces	2 days	
Flat gutters	2 piece	2*80 min.	5	16 min.	30 pieces	1 day	
Gutters	3 piece	3*300 min.	5	60 min.	16 pieces	2 days	
Roof	1 grid	3840 min.	8	480 min.	5 grids	5 days	W5
Roof seal	1 grid	1920 min.	4	480 min.	5 grids	5 days	W6
Drainage	18 m	18*149.33 min.	7	21.33 min.	90 m	4 days	
Grounding	18 m	18*10.67 min.	2	5.33 min.	90 m	1 day	W7
Soil base	324 m <sup>2</sup>	324*10.37 min.	7	1.48 min.	1.620 m <sup>2</sup>	5 days	
Facade	2 piece	2*240 min.	5	48 min.	10 pieces	1 day	W8
Concrete	360 m <sup>2</sup>	360*20 min.	15	1.33 min.	1800 m <sup>2</sup>	5 days	

*Figur 15: Eksempel på harmoniseringstabell (Dlouhy et al., 2016)*

#### Steg 8: Bestem Takttid og Taktzone

Steg 8, 9 og 10 går ut på å tilpasse Takttid, Taktzone, bemanning og arbeidspakker. Disse er avhengige av hverandre (Haghsheno et al., 2016). Alle justeringer har begrensninger og avhengigheter. Det kan for eksempel kreves en viss bemanning for å gjennomføre et spesifikt arbeidssteg samtidig som størrelsen på teamet påvirker gjennomføringstid og dermed størrelsen på Taktsonen. Takttiden vil også påvirke hvilke arbeidspakker som kan grupperes sammen. Utfordringen er å skape en felles gjennomføringstid for alle fagene. Målet her er å skape en stabil byggeprosess med jevn fordeling av arbeid og dermed best mulig utnyttelse av den planlagte syklusen.

Takttiden kan beregnes ut fra følgende formel (Haghsheno et al., 2016)

$$Takttid = \frac{\text{Innhold Taktområde [Enhet]} * \text{Effort value} \left[ \frac{\text{Tid}}{\text{Enhet}} \right]}{\text{Valgt bemanning}}$$

Her kommer også ønskene til kunden inn i bildet (Binninger et al., 2017; Haghsheno et al., 2016). Beregnet Takttid på sammenlignes med kundens behov og evt. justeres.

Figur 16 fra Binninger et al. (2018) er basert på formelen

$$\text{Construction time} = (\text{No. Takt Areas} + \text{No. Wagons} - 1) * \text{Takt time}$$

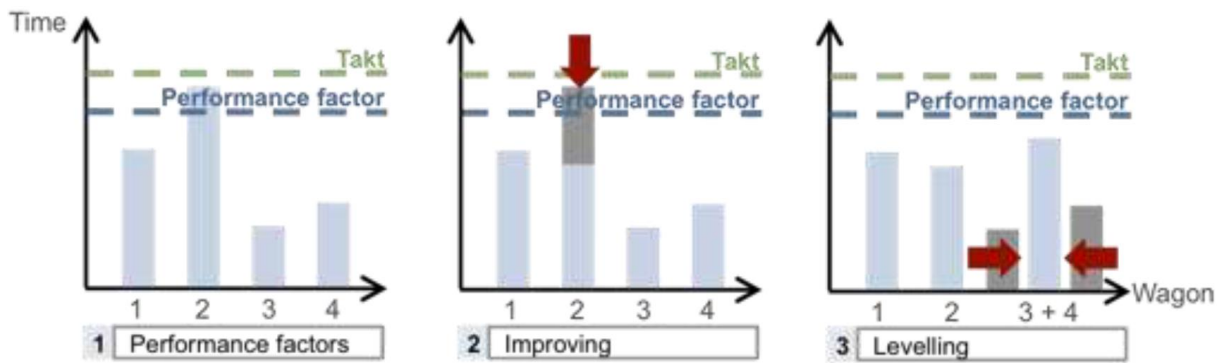
Tabellen i Figur 16 viser den teoretiske effekten reduksjon av størrelsen på Taktsoner har på gjennomføringstiden. Gjennomføringstiden reduseres her fra 64 timer til 9,75 timer. Størrelsen på Taktsonen bestemmes av Takttiden. Dette viser at effekten Takttid har på Taktplanleggingen er vesentlig. Når det gjelder praktisk bruk av denne reduksjonen må romstørrelser og om oppdeling på denne måten er praktisk mulig vurderes.

#	Takt Time [h]	Size TA (based on 1))	# TA	# Waggon s	# Waggons incl. empty Waggons	Through-put Time [h]	Finish Time [h]	Time Improve-ment [%]
1)	8	1	1	8	8	64	64	-
2)	4	½	2	8	9	32	36	44
3)	2	¼	4	8	11	16	22	39
4)	1	1/8	8	8	15	8	15	32
5)	0,5	1/16	16	8	23	4	11,5	23
6)	0,25	1/32	32	8	39	2	9,75	15

Figur 16: Teoretisk eksempel reduksjon størrelse Taktzone (Binninger et al., 2018)

#### Steg 9: Taktutjevning/Taktharmonisering

Tilpasning av arbeidsoppgaver til planlagt Takttid kalles Taktharmonisering eller workload levelling. Haghsheno et al. (2016) beskriver tre tiltak for å tilpasse gjennomføringstiden. Disse er vist i Figur 17, hvor 1: Performance Factors er utgangspunktet før justering. Bemanning kan økes eller reduseres for å justere tidsbruk (se 2: Improving), arbeidspakker som har en total varighet lavere enn takttiden kan slås sammen (se 3: Levelling) og arbeidssteg kan endres, optimaliseres eller erstattes ved bruk av andre produkter eller prosesser. Et eksempel på andre produkter er prefabrikkerte elementer.



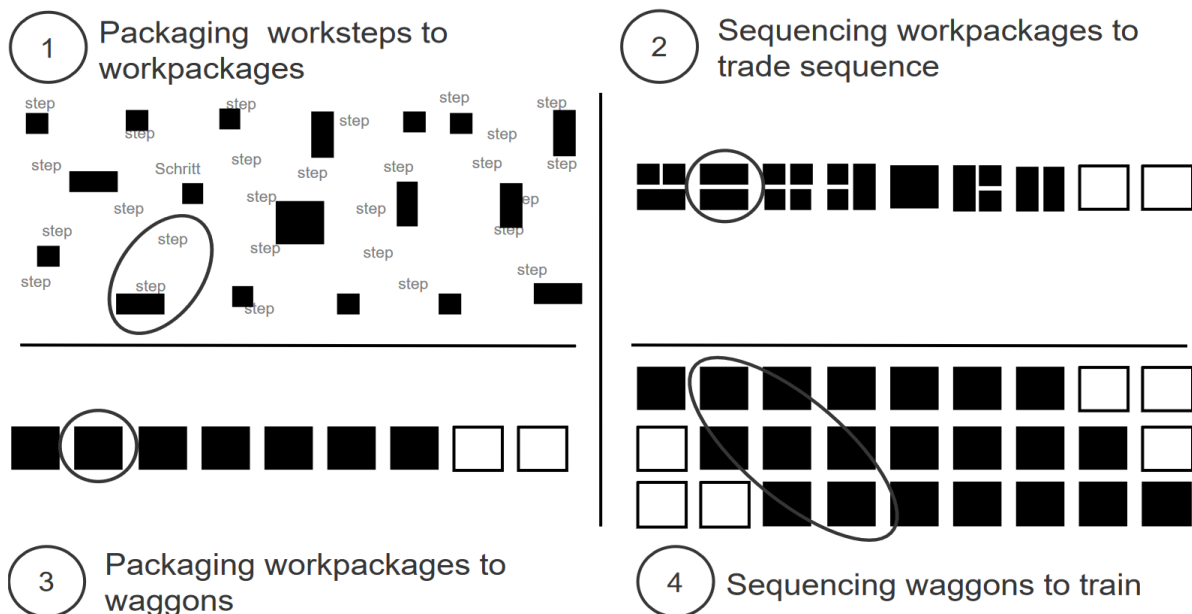
Figur 17: Metoder for å jevne ut arbeidspakker (Haghsheno et al., 2016)

Bruk av buffere kan også benyttes i taktharmoniseringen (Haghsheno et al., 2016). Buffere er essensielle for effektiv produksjon. Bruk av takttid som er lengre enn beregnet tid for selve arbeidsoppgaven kalles «flytende buffere». Eksempel på dette kan ses i Figur 17, hvor høyden på kolonnene er lavere enn den stiplede linjen som representerer Takttiden. Faste buffere på slutten av hver takt kan også brukes. Dette er en tid uten planlagt arbeid på slutten av Taktene hvor tapt fremdrift kan innhentes.

Etter harmonisering og tilpasning av Takttid og Taktsoner justeres harmoniseringstabellen (Figur 15).

Steg 10: Kombiner arbeidspakkene og tilpass for bestemt Takt og Taktsoner

Her samles samles arbeidspakkene sammen til «vogner» (Binninger et al., 2017). Denne prosessen refereres til som «Double packaging and double sequencing» (Dlouhy et al., 2018). Figur 18 viser denne prosessen. De to første delene av denne (1 og 2) gjennomføres i Steg 7: Fordel detaljerte arbeidssteg i arbeidspakker og de to siste (3 og 4) i Steg 10. Etter arbeidspakker er kombinert til en prosessekvens (2), dannes en fagssekvens med «vogner» (3) og «vognene» samles til et «tog» (4).

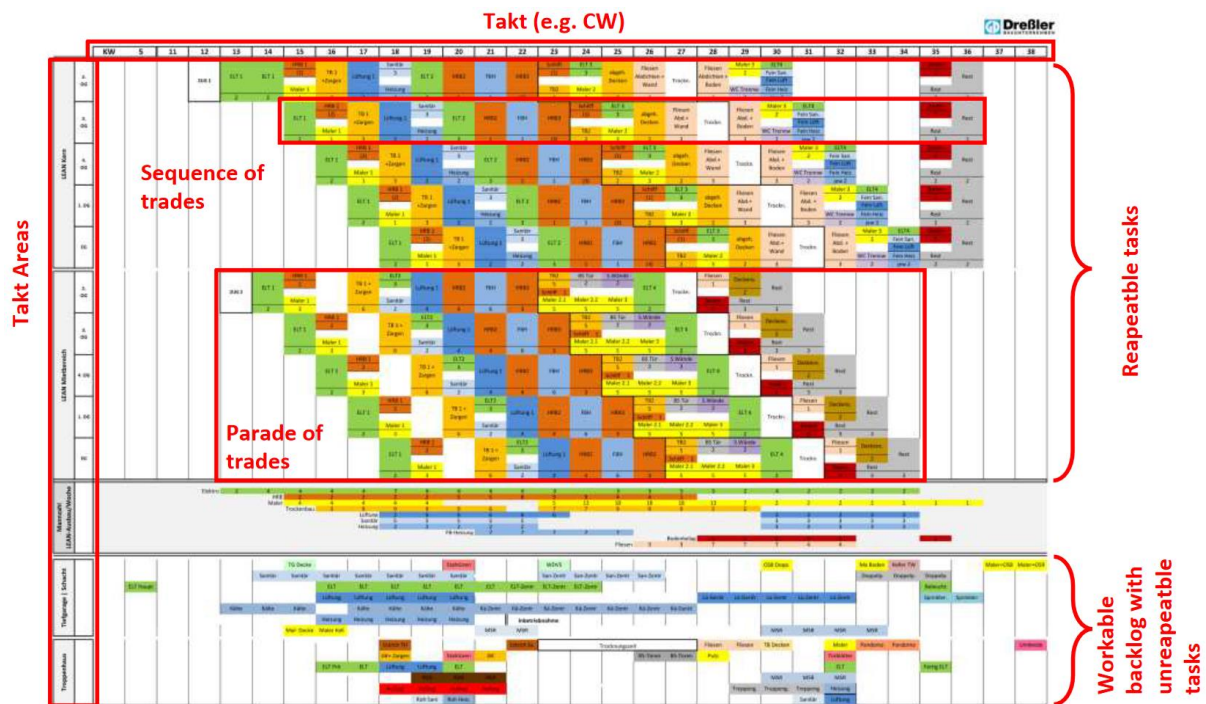


Figur 18: Double packaging and double sequencing (Dlouhy et al., 2018)

Steg 11: Gjennomfør steg 3-6 for alle funksjonelle områder

Steg 12: Forbered Taktplan og bestem milepæler etter kundens prioriteringer

Etter stegene er gjennomført for alle de funksjonelle områdene settes dette sammen til en Taktplan (Binniger et al., 2017). Disse struktureres etter grad av prioritet (Haghsheno et al., 2016). Disse «arbeidstogene» dekker hele den gjentakende delen av prosjektet. De ikke gjentakende delene av prosjektet har ikke vært en del av tidligere steg. Disse må også tas med i planen. Disse kan være både tidsavhengige og -uavhengige og føres inn i planen som «Workable backlogs». Eksempel på Taktplan er vist i Figur 19.



Figur 19: Eksempel Taktplan (Haghsheno et al., 2016)

### Micronivå: Taktkontroll

Gjennomføring av Taktplanen og ledelse av denne utføres på Micronivået (Dlouhy et al., 2016). Dette nivået er det laveste i hierarkiet og det mest detaljerte (Dlouhy et al., 2018). Det er her arbeidsprosesser detaljeres og implementeres i praksis og verdi skapes. Denne prosessen kontrolleres i korte sykluser. Arbeidssteg og instruksjonene for implementering hentes fra Normnivået og Micro tilbakefører data til de øvre nivåene (Binniger et al., 2017; Dlouhy et al., 2018). Micronivået dreier seg også om tilpasning av Taktplanen etter faktisk status (Haghsheno et al., 2016). En ferdig Taktplan er ikke et fastsatt konsept. Den må justeres og er under konstant utvikling. Hvis det er forstyrrelser eller avbrytelser i arbeidssekvensen må disse oppdages og tiltak gjennomføres umiddelbart. Bare på denne måten kan andelen kostnadsdrivende feil og mangler reduseres. Hyppig taktkontroll gir ledelsen muligheten til å ivareta nødvendig stabilitet i systemet og er en vesentlig suksessfaktor for et prosjekt.

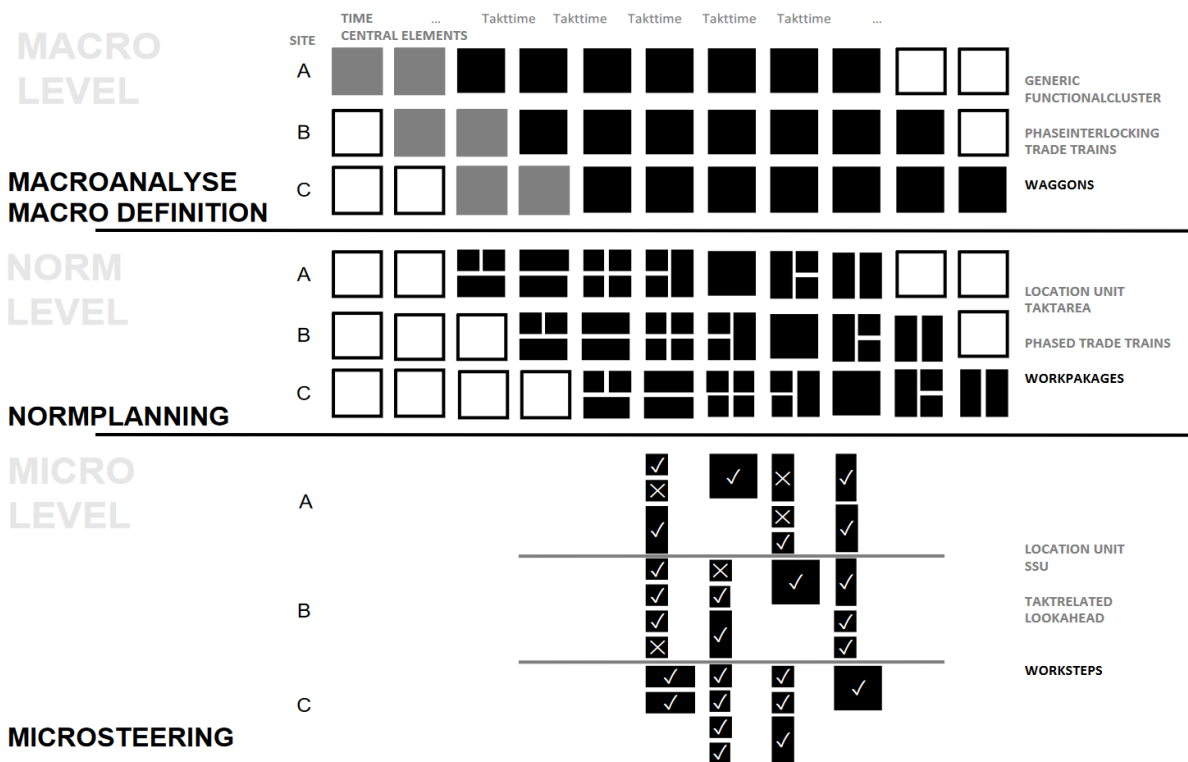
Målet med Taktkontroll er å plassere kontroll der verdi skapes, altså kortest mulig veg mellom beslutninger og verdiskapning (Binniger et al., 2017). Bruk av Takt gir muligheten for kontroll av arbeider i korte sykluser (Haghsheno et al., 2016). Jo kortere Takttid jo mer synlig blir forsinkelser eller avbrytelser, da dette vil påvirke arbeidet i

neste Takt. Etter en gjennomført Takt er målet at alt arbeid skal være gjennomført etter planen.

For å skape en god overgang fra planlegging til produksjon anbefaler Dlouhy et al. (2016) å starte produksjonen med en såkalt «soft start». Dette går ut på å legge opp til mindre arbeid per Takt enn det er estimert at det skal være mulig å gjennomføre. Ved å gjøre dette får aktører mulighet til å sette seg inn i systemer og arbeidsmetodikk uten at det forsinkes arbeidsprosessen.

Ledelse av prosjektet gjennomføres ved daglige møter på byggeplassen som varer omtrent 15min (Binninger et al., 2017). Her deltar formennene for de ulike fagene og møtet ledes av byggeplassleder (Haghsheno et al., 2016). Under møtet tas problemer ved gjennomføringen opp og deltagerne inkluderes i problemløsingen. Denne inkluderingen ses på som en nøkkel til å motivere arbeidere. Ved møtene benyttes en standardisert Taktkontrolltavle. Denne brukes til visualisering og dokumentasjon. Møtene og tavla består av to viktige komponenter (Dlouhy et al., 2016). Den første er dokumentasjon av faktisk status og den andre er nødvendige handlinger for å overholde krav fra Normnivået. Under møtene innarbeides og justeres gjeldende arbeidssteg (Haghsheno et al., 2016). På denne måten justeres det mellom planlagt arbeid og faktisk status for systemet. Dette gir hyppig justering av hver Takt og implementering av tiltak. Ved forsinkelser kan f. eks en tom Takt bygges inn i planen eller arbeidspakker kan byttes om. Alle individuelle underentreprenører er en del av den kontinuerlige forbedringen av systemet og skal ta del i ledelsesprosessen. Etter møtet møter formennene sine arbeidere og videreformidler tiltak.

Oppsummert kan man si at de tre nivåene representerer en stadig større grad av detaljering med fokus på verdi til kunden (Dlouhy et al., 2016, 2018). Modellen går fra et helhetlig, forenklet bilde til en mengde detaljert data og informasjon. Dette vises i *Figur 20*. Denne modellen brukes på individuelle prosjekt, men vil også kunne bidra til kontinuerlig forbedring ved at prosessene på Micro- og Macronivå er prosjektuavhengige (Dlouhy et al., 2016). Lærdom kan da tas fra tidligere prosjekt og benyttes på nye prosjekt. Kunnskap overføres også mellom nivåene. Detaljering fra Micro overføres til Norm og utvikler planen fremover. Systemet er på denne måten fleksibelt.



Figur 20: The Three-level model (Dlouhy et al., 2018)

### 3.5.4 Taktmodenhhet

Lehtovaara et al. (2020) har utformet en Taktmodenhetsmodell på tre nivå. Målet med modellen er å gi bedrifter som implementerer Takt noe å måle seg opp mot og på denne måten kan de få oversikt over hvor de er nå og hvor de må utvikle prosessene sine for å dra nytte av Takt på lang sikt.

I utviklingen av denne modellen studerte Lehtovaara et al. (2020) 24 Taktprosjekt, hvor de så på suksessfaktorer og flaskehals for videre utvikling. Blant prosjektene hvor deltagerne hadde lite eller ingen erfaring med Taktproduksjon fra før lå nøkkelfaktorene for suksess i å utforme en god Taktplan (Nivå i). På prosjektene hvor Taktplanleggingen var vellykket dreide flaskehalsene for videre utvikling seg om Taktkontroll og sosial integrering (Nivå ii). Det siste nivået (Nivå iii) dreier seg om kontinuerlig forbedring og tar for seg sentrale faktorer som må være på plass for å dra full nytte av Taktproduksjon på lang sikt. De tre nivåene består av 15 krav vist i Tabell 5. Krav R1-R3 må oppfylles for å oppnå Nivå i, R4-R9 for å oppnå Nivå ii og R10-R15 for å oppnå Nivå iii. Nivå med krav er vist i Tabell 5.

<b>Nivå i)</b>	<b>Teknisk Taktplanlegging (prosjektnivå)</b>
R1	Produksjonsplanen oppfyller kundens krav
R2	Taktsoner, Takttid og vogner med ressurser er entydig fastsatt
R3	Effektiv visuell styring er ivaretatt
<b>Nivå ii)</b>	<b>Sosial integrering og Taktkontroll (prosjekt- og organisasjonsnivå)</b>
R4	Opplæring og involvering av prosjektdeltakerne er ivaretatt
R5	Logistikken er integrert og taktet som en del av produksjonsplanen
R6	Prosjekteringsprosessen er integrert og taktet som en del av produksjonsplanen
R7	Den felles situasjonsforståelsen under produksjonen er ivaretatt
R8	Barrierer håndteres gjennom kontinuerlig felles forbedring
R9	Kvalitetskontroll er systematisk og taktet
<b>Nivå iii)</b>	<b>Kontinuerlig forbedring (Organisasjons- og regionalt nivå)</b>
R10	Formulering og utvikling av team
R11	Kontraktsmessig integrasjon
R12	Systematisk eliminering av sløsing over prosjekter
R13	Industrialisert logistikk- og materialflyt
R14	Standardiserte, Taktbaserte arbeidsmengdebibliotek
R15	Forbedring gjennom KPI-er og datadrevet beslutningstaking

Tabell 5: Taktmodenhetsmodell (Lehtovaara et al., 2020)

### 3.5.5 Sentrale barrierer og suksessfaktorer ved Taktproduksjon

Litteraturen på Taktproduksjon trekker frem en rekke barrierer og suksessfaktorer. I dette delkapittelet vil de mest sentrale presenteres.

Før produksjon tas mange avgjørelser som legger grunnlaget for prosjektets eventuelle suksess. For effektiv Takt kreves et høyt nivå av planlegging (Frandsen et al., 2013). Lehtovaara et al. (2019) viser til funn hvor en tidligere oppstart av planlegging er hensiktsmessig. Dog beskriver Binninger et al. (2018) at planleggingsfasen som regel begrenset og at den derfor bør optimaliseres. For å forbedre planleggingsprosessen bør personer med direkte kjennskap til arbeidet som skal utføres, inkluderes (Frandsen et al., 2013; Vatne & Drevland, 2016).

I innledende fase av et byggeprosjekt peker Lehtovaara et al. (2019) på flere utfordringer som er knyttet til blant annet prosjekteringen. Taktproduksjon er best egnet til repeterende oppgaver (Dlouhy et al., 2016; Frandsen et al., 2013). Unike designløsninger kan derfor skape flaskehals og variabilitet i produksjonen (Lehtovaara et al., 2019). Designløsninger som ikke er ferdig før produksjonen starter, og dermed ikke blir tatt tilstrekkelig høyde for i planleggingen, kan skape samme problem. Repeterende designløsninger i den grad det er mulig og ferdigstilt prosjektering før byggestart er derfor å foretrekke. Ferdigstilt prosjektering før byggestart gjør også risikoen for kollisjoner mindre. Fokus burde også rettes mot å designe løsninger som støtter byggharhet, og ikke alltid laveste kostnad. Ved å fokusere på byggharhet kan potensielt flere arbeidssteg kuttes ned på arbeidsoperasjonen og risikoen reduseres. Bruk av prefabrikkerte løsninger vil også bidra til det samme.

Omstillingen fra Tradisjonell planlegging og kontroll til Taktet produksjonsplanlegging og -gjennomføring for Leverandører og entreprenører kan være et problem (Lehtovaara et al., 2019). Det kan også evnen disse har til å forplikte seg til og gjennomføre Taktproduksjon, spesielt ved første Taktprosjekt (Binninger et al., 2018; Lehtovaara et



al., 2019; Vatne & Drevland, 2016). Tidlig i kontraheringsprosessen burde det derfor rettes oppmerksomhet mot nettopp dette (Lehtovaara et al., 2019). Ved å kontrahere entreprenører som har evne til å forplikte seg til og gjennomføre Taktproduksjon samtidig som kontraktsformen tilpasses dette kan disse problemene løses.

Før oppstart av produksjon er det noen forhold ved planleggingen som er spesielt viktige for å skape en god overgang mellom fasene. Vatne & Drevland (2016) trekker frem logistikk som et nøkkelaspekt for vellykket Taktplan. For å håndtere logistikutfordringer på en god måte og skape en god overgang fra planlegging til produksjon, bør logistikk og materialkontrollplan rettes fokus mot før oppstart og inkluderes i Taktplanen (Lehtovaara et al., 2019).

Det vil være varierende avhengighet mellom arbeidsprosesser på et prosjekt. Noen oppgaver er mer kritiske for fremdrift enn andre. Disse burde spesifiseres og rettes spesielt fokus mot i planleggingen. Tørketider og kontroll av disse er en kritisk prosess som kan skape forsinkelser hvis de ikke tas høyde for i planleggingen (Binninger et al., 2018). Taktplanlegging retter stort fokus mot gjentakende arbeidsoperasjoner (Dlouhy et al., 2016; Frandson et al., 2013). Soner med mindre grad av gjentakelse vil også være en viktig del av prosjektet, og kan gjennomføres som Workable backlog. Selv om de ikke er en del av Takt på prosjektet vil detaljert planlegging av disse være viktig for proaktiv kontroll på utførelsen (Lehtovaara et al., 2019).

Taktproduksjon krever en ny tilnærming til ressurser, oppgaver og kommunikasjon fra ledelsen (Lehtovaara et al., 2019). Dette kan by på utfordringer. Spesielt arbeidere som ikke har deltatt på Taktede prosjekter tidligere. Ved å starte prosjektet med en såkalt «hard start» tar man ikke hensyn til at arbeidere og ledelse har behov for å sette seg inn i systemet før produksjonen kan holde planlagt fremgang og utnytte ressurser maksimalt. For optimal Taktkontroll er trening/forberedelser og en såkalt «soft start» nødvendig. Aktører må gis tilstrekkelig tid til å sette seg inn i systemet og arbeidsmetodikken. Kommunikasjon av produksjonsplanen og effektiv implementering av metoder og verktøy er det mest utfordrende ved Takt (Frandson et al., 2013). Forberedelser er derfor nødvendig for å engasjere hver deltager fullstendig.

Et annet viktig aspekt ved gjennomføringsfasen er effektiv og god kontroll av de første gjentakende Taktsonene (Lehtovaara et al., 2019). På denne måten unngår man at feil i tidlige Taktsoner gjentar seg videre i produksjonen. Korrektive handlinger må fattes raskt og produksjonen må justeres. Dette gjelder også ved implementering av nye verktøy eller metoder. For å utnytte fordeler ved disse må de kontrolleres. Taktkontroll krever årvåkenhet fra hver aktør og en god felles forståelse for effektiv læring.

## 4 Resultat

I dette kapittelet vil resultat fra intervju presenteres. Etter en presentasjon av aktuelle Takt-prosjekt i Consto Midt-Norge AS Kontor Molde er kapittelet videre strukturert etter forskningsspørsmålene for oppgaven.

Fokuset for oppgaven er Taktproduksjon, altså Taktplanlegging og oppfølging av taktet produksjon. Har allikevel tatt med prosjektering og kontrahering grunnet at dette er nødvendig for å vurdere Consto Molde sin Taktmodenhet. Dette gjøres i kapittel 5.1

### 4.1 Consto Midt-Norge AS kontor Molde

Consto Midt-Norge AS kontor Molde (Omtales videre som Consto Molde) er en del av Consto Midt-Norge AS Avd. Surnadal. De har på tidspunktet oppgaven skrives tre prosjekt hvor Takt benyttes eller skal benyttes. Thon Hotel Kristiansund (THK), som ferdigstilles i uke 26 og Hustadvika Videregående Skole og Lillekollen Barnehage (LBHG) hvor grunn- og betongarbeid er godt i gang. Mest relevant for denne oppgaven er THK og LBHG.

I tillegg til de pågående prosjektene har også Consto Molde to prosjekt hvor Taktproduksjon er gjennomført eller forsøkt gjennomført. Disse er Storgata 50 i 2016 og Amfi Moa i 2017. Selv om disse ble gjennomført for flere år siden er erfaringene prosjektledelsen sitter igjen med relevante for denne oppgaven. Mellom 2016 og THK har Consto Molde gjennomført flere prosjekter hvor elementer i Taktproduksjon er benyttet, men ingen prosjekt der systemet er benyttet fullt ut.

#### 4.1.1 Thon Hotel Kristiansund (THK)

THK er et renovasjonsprosjekt med kontraktssum på 30 mill. Arbeidet består i hovedsak av renovasjon av hotellrom og fellesareal i to bygg. Hotellet har vært i drift i byggeperioden. Prosjektet hadde i utgangspunktet en varighet på 7 mnd, men har grunnet tilleggsbestillinger fra byggherre blitt forlenget til 8 mnd. I daglig drift er det fem underentreprenører i tillegg til håndverkere fra Consto Midt-Norge AS Avd. Surnadal. Byggeplass- og prosjektledelsen består av funksjonærer hos Consto Molde. Prosjektet er pr.d.d på plan og gjennomføres som planlagt med noen justeringer grunnet tilleggsbestillinger. I produksjonen på THK benytter Consto Molde tømrere fra Consto Midt-Norge AS avd. Surnadal. Disse har arbeidsuke på fire dager. Enkelte av de andre underentreprenørene (UE) har arbeidsuke på fem dager. Dette vil også gjelde i produksjon på LBHG.

#### 4.1.2 Lillekollen Barnehage (LBHG)

LBHG er et nybygg som skal gi 121 barnehageplasser, med kontraktssum på 50 mill. Byggetiden er på 1,5 år, med ambisjoner om kortere gjennomføringstid. Her er grunn- og betongarbeider godt i gang med plan om ferdig betong i uke 25. Oppføringen av bærende massivtreelementer er planlagt gjennomført til sommeren og planleggingen av innvendige arbeider skal gjennomføres i begynnelsen av juni. Det forventes 6-7 underentreprenører i daglig drift.

## 4.2 Hvordan gjennomføres Taktproduksjon?

I dette kapittelet beskrives hvordan Consto Molde gjennomfører Taktproduksjon. Beskrivelsen er basert på funn gjort i intervju.

### 4.2.1 Prosjektering og kontrahering

Consto Molde initierer prosjekteringen ved det de kaller involverende planlegging. Dette er planlegging i fellesskap med aktørene som skal ta del i det kommende arbeidet. Det beskrives som viktig at aktørene får uttrykke sine behov samtidig som alle får høre hverandres behov. Dette for å skape en felles forståelse av og for hverandre. Alle aktørene samles om en felles løsning og bidrar til viktige punkter i planen som formes. I prosjekteringen gjøres dette for å få alle synspunkt på bordet og tydeliggjort dem for alle slik at det kan utformes en god plan for prosjekteringen.

Fra intervjuene fremkommer det ikke at prosjekteringen med hensikt er tilpasset bruk av Takt i produksjon. Det er allikevel tatt flere beslutninger som er fordelaktige for bruk av Takt. Her er det mest relevant å trekke frem prosjekteringen på LBHG grunnet at tiden til prosjektering på THK var svært knapp. Her har de hatt fokus på prefabrikkerte elementer av massivtre, hvor de har sett på hvilke vegger som må opp på hvilke tidspunkt og i prosjekteringen sørget for at alle vegger som må opp samtidig, tidlig i utførelsen, er av massivtre. De har også hatt fokus på enkle byggbare løsninger ved å blant annet velge plateprodukter som krever mindre etterarbeid. Prosjekteringen har i tillegg blitt styrt mot størst mulig grad av gjentakende materialbruk. Overordnet har det vært rettet fokus mot minst mulig forskjellige vegger og detaljer.

Når det gjelder kontraheringen av aktører på prosjekt har Consto Molde ikke spesifisert at det skal benyttes Takt i kontrakt. Dog spesifiserer de tidlig involvering av aktører, noe de ser på som essensielt. Denne tidlige involveringen spesifiseres i avklaringsmøte mellom partene.

For Consto Molde er det kun THK som er nesten ferdigstilt av Taktprosjekt etter Storgata 50. De er i en fase hvor de prøver ut systemet og finner ut hvordan de skal implementere det i praksis for best mulig resultat. Dette beskriver de som årsaken til at de ikke har implementert bruk av - og forpliktelse til Takt i kontrakt. «kunne ikke binde noen til noe vi selv ikke visste hvordan vi håndterte».

### 4.2.2 Taktplanlegging

Innhenting av informasjon til Taktplanleggingen beskrives som oppstarten av planleggingen. Denne gjennomføres i likhet med prosjekteringen ved det Consto Molde kaller involverende planlegging. Her sender Consto Molde ut en møteinnkalling til underentreprenører som skal ta del i produksjonen. Møteinnkallingen inneholder en beskrivelse av hvilken informasjon Consto trenger og hvordan underentreprenørene skal vurdere sitt arbeid. Møtet gjennomføres ved bruk av det digitale lappeplanleggingsverktøyet Miro, hvor Miro benyttes til å strukturere informasjonen fra UE. Denne informasjonen settes opp i sekvensen arbeidet skal utføres på digitale post-it-lapper. Hvert fag har sin egen farge på lapp. Disse lappene inneholder informasjon om bemanning, varighet på oppgaven og hva som må foreligge for at oppgaven skal kunne utføres, samt annen nødvendig informasjon. Grunnen til at Miro foretrekkes er at det gjør informasjon mer tilgjengelig «*Kunne gjerne brukt lappeplanlegging på en vegg, men de er ikke like lett å rulle sammen å ta med seg*». Planleggingen og informasjonsinnhenting foregår ved Pull-planlegging. De planlegger seg bakover fra en

milepæl. Møtet benyttes også til å forhøre seg med UE om hva de mener er hensiktsmessig soneinndeling.

Etter informasjon om fag og oppgaver er innhentet gjennomføres selve Taktplanleggingen. Her bruker prosjektlederen informasjonen fra UE og sammenstiller den til en Taktplan. Denne prosessen innebærer sekvensiering av oppgaver, bestemmelse av Takttid og -soner.

Videre settes oppgavene i en sekvens. Denne sekvensen er delvis basert på tilbakemeldinger fra UE og delvis basert på prosjektlederens erfaring *«etter å ha gjort det her noen ganger vet man om rørlegger må før elektriker osv så det har man jo klart»*

Inkludert i denne sekvensen er også buffere, som står sentralt i planleggingen til Consto Molde. De bruker i stor grad tidsbuffere og oppgavebuffere. Kapasitetsbuffere, altså tilgjengelig kapasitet som kan benyttes ved behov, anser de som like dyrt som underskudd av mannskap. Dog leier de inn ekstra mannskap eller flytter over fra andre prosjekt hvis behovet skulle være stort, men de planlegger ikke med dette. Det er mer som en form for siste utvei. Tidsbuffere implementeres i Taktplanen for å ta opp usikkerhet. Dette beskrives som viktig for å få til en bra utførelse. De ønsker ikke å skvise prosjektet så mye på tid at det går ut over kvalitet. De bufrer spesielt oppgaver som er kritiske for produksjon. Identifikasjon av kritiske oppgaver er basert på erfaring *«Vi ser jo gjengangere på ting som går galt og som ikke blir levert på prosjekt. Det er jo ikke bestandig de som formidler informasjon husker hva som gikk galt sist, men vi som betaler for det, vi husker det. Så da ser vi at vi kanskje må legge til litt ekstra tid der da.»* I tillegg til ekstra tidsbuffer på kritiske oppgaver benyttes også generelle tidsbuffere på resten av planen.

I kombinasjon med tidsbuffere planlegger Consto Molde med oppgavebuffere. På THK består disse oppgavebufferne av fellesområdene på hotellet, samt badene på hotellrommene. Grunnen til at de bruker badene som oppgavebuffere er at mye av arbeidet på badene utføres av en UE som har 5 dagers uke og dermed har en dag i slutten av hver uke som ikke er en del av Takten. Oppgavebufferne blir gjennomført når utførende har ekstra tid mot slutten av en Takt.

Etter å ha bearbeidet informasjon fra UE og bestemt fagekvensen med tidsbuffere på kritiske oppgaver og generelle tidsbuffer kan Takttid og -soner bestemmes. Dette gjøres i flere steg. De begynner med å kartlegge fagekvensen og tidsbruk for et representativt område. Tidsbruken for de forskjellige arbeidsoppgavene ble kartlagt ved å prøvebygge to rom. Prøvebyggingen ga også en mulighet til å justere fagekvensen. Resultatet av dette var en fagekvens på 9 Taktvogner. Prosjektlederen kom frem til at en tid pr. rom pr. vogn på en dag var tilstrekkelig for store deler av arbeidet som skulle utføres på rommene. På grunn av at noe av arbeidet krevde mer enn en dag ble tid pr. rom pr. vogn justert til to dager og enkelte vogner ble slått sammen. På denne måten ble to dager styrende selv om enkelte vogner kun jobber en dag i hvert rom. Ettersom hotellrommene er av omtrentlig lik størrelse på rundt 20m<sup>2</sup> og utforming, er tidsbruk pr. rom tilnærmet lik. Tidsbruken kunne dermed multipliseres opp med antallet rom som bestemmes for en Taktzone. Tid pr. rom pr. vogn multiplisert med antall rom i en sone vil dermed utgjøre Takttiden.

Neste steg er å ta utgangspunkt i et forslag til soneinndeling og bearbeide dette. I det innledende planleggingsmøtet med UE ble det foreslått å dele opp en etasje i 3 Taktsoner. Med 9 rom i 5. etasje, som var utgangspunktet for planleggingen, ble

resultatet av forslaget 3 rom pr. sone og dermed en Takttid på 6 dager. Videre bearbeiding gjøres i et Excel-formelark, vist i Figur 21. Dette er en beregningsmessig tilnærming til tilpasningen av Taktsoner og Takttid og krever derfor en praktisk tolkning.

Formelarket i Figur 21 benyttes ved å fylle inn feltene markert i gult, altså Taktvogner, Taktsoner, Takttid, Takttid avrundet og totalt areal. Verdiene som fylles inn er basert på forslaget til soneinndeling og tidligere innhentet informasjon. Formålet med dette er å sammenligne den foreslåtte soneinndeling med alternative soneinndelinger for å finne den optimale soneinndelingen innen prosjektets begrensninger. I denne sammenligningen vurderes parameterne varighet [TD], tid lag tot., m<sup>2</sup> pr. sone og effektivitetsparameter opp mot hverandre. Her viser varighet den totale tiden hele fagparaden bruker gjennom alle Taktsonene. Tid lag tot. viser den totale tiden en vogn har på å fullføre alle Taktsonene. Videre viser m<sup>2</sup> pr. sone størrelsen på Taktsonene. Effektivitetsparameteren viser hvor tett lagene jobber. Hvis denne er under 1 jobber flere lag i samme sone samtidig, er den over 1 står soner uten pågående arbeid deler av tiden, er den lik 1 vil det til enhver tid være et lag i hver sone inntil arbeidet er fullført.

Taktvogner [TW]	Taktsoner [TS]	-1	Takttid	Tid lag	TT avrundet [TT]	Varighet [TD]	Tid lag tot	m <sup>2</sup> pr. sone	m <sup>2</sup> tot.	Effektivitetsparameter
9	3	-1	6	18	6	66	18	60	180	3
9	1	-1	18	18	18	162.00	18	180	180	9
9	2	-1	9	18	9	90.00	18	90		4.5
9	3	-1	6	18	6	66.00	18	60		3
9	4	-1	4.5	18	5	54.00	20	45		2.25
9	5	-1	3.6	18	4	46.80	20	36		1.8
9	6	-1	3	18	3	42.00	18	30		1.5
9	7	-1	2.57142857	18	3	38.57	21	25.7142857		1.285714286
9	8	-1	2.25	18	3	36.00	24	22.5		1.125
9	9	-1	2	18	2	34.00	18	20		1
9	10	-1	1.8	18	2	32.40	20	18		0.9
9	11	-1	1.63636364	18	2	31.09	22	16.3636364		0.818181818
9	12	-1	1.5	18	2	30.00	24	15		0.75

Figur 21: Beregning av sonestørrelse og Takttid

Ut fra denne beregningen vurderte prosjektlederen at den foreslåtte soneinndelingen ikke var optimal. Dette begrunnet han med at varigheten var mye lenger enn ved andre alternative soneinndelinger. Samtidig får ikke hvert lag noe lenger tid og effektivitetsparameteren viste at 3 lag jobber i samme sone samtidig. Dette er markert med oransje i Figur 21. Grunnet romstørrelse på THK beskrives det ikke som hensiktsmessig å dele opp enkeltrom i forskjellige Taktsoner. Alternativene til soneinndeling som står igjen ble dermed 20m<sup>2</sup> eller 40m<sup>2</sup>, henholdsvis et eller to rom pr sone. Et rom pr Taktzone (markert i grønt) har den korteste varigheten, tid lag tot. er lik som de andre alternativene og effektivitetsparameteren viser at det er et lag i hver sone til enhver tid. Resultatet av vurderingen ble dermed et rom pr. Taktzone. Dette ble også videreført til de andre etasjene på tross av varierende antall rom pr. etasje for å ikke endre Takttiden undervegs i prosjektet.

#### 4.2.3 Utførelse

Oppstarten av arbeidet på THK ble hektisk og de ble hengende etter plan i begynnelsen. Dette hentet de raskt inn igjen ved justeringer av plan. Grunnen til at de ble hengende etter var at Taktproduksjon var nytt og ukjent for alle på prosjektet. Det var et ukjent system. I tillegg til den utfordrende oppstarten var det også deler av prosjektorganisasjonen som ikke forpliktet seg til plan og det nye systemet.

Consto Molde ser på inkludering som viktig også i produksjonen. De mener folk ønsker å bidra fremfor å kun bli fortalt hvordan ting skal gjøres. I planleggingen er det kun funksjonærer fra de ulike UEene som inkluderes. For å inkludere arbeidere ute i produksjon bruker de daglige morgenmøter. Disse møtene finner sted ute på byggeplass, 0730 hver dag. Her er alle fag med på diskusjon og informasjon rundt status på prosjekt, problemer, behov, vær, rydding, dag til dag utfordringer, dagsplanlegging og om det skulle være noe som ikke stemmer. Det er Anleggslederen som normalt styrer dette møtet, men han ser også på det som viktig å overlate kontrollen på møtet til andre fag noen ganger. Morgenmøtene benyttes også til opplæring i planen. I starten av prosjektet blir forskjellige arbeidere utfordret til å lese av hvor de skal jobbe og hva de skal gjøre. Dette for å bidra til forståelse av planen og prosessen, samt opplæring i planen. Ettersom planen er så repeterende er det viktigst å ha fokus på dette i starten.

For å løse hindringer fremover i tid og klargjøre oppgaver til utførelse bruker Consto Molde utkikksmøter. Disse møtene gjennomføres en gang i uka med Byggeledelsen i Consto Molde og tar ca. 10-15min. Her bruker de tiden på å vurdere de om de har alt som trengs for å utføre jobben, om det er det noen utfordringer og å løse situasjoner som oppstår. De ser på oppgaver en uke frem i tid eller opp mot seks uker hvis det er noen spesielle utfordringer. Consto Molde beskriver det som viktig å heller ha hyppige korte utkikksmøter enn møte hver 14. dag som varer lenger. Hvis man kun har utkikksmøter hver 14. dag er det mye som uteblir. Mange ting krever hyppigere avklaringer enn hver 14. dag. I utkikksmøtene er avklaringer på et tidlig tidspunkt viktig.

I tillegg til overnevnte møter gjennomfører Consto Molde formannsmøter og byggherremøter. Formannsmøtene gjennomføres kun etter behov og har ikke noe fast tidspunkt. Her kalles alle fag inn og utfordringer på tvers av fag diskuteres. Byggherremøtene gjennomføres annenhver uke. På disse møtene informeres det om eventuelle byggtekniske utfordringer, økonomiske forhold ved prosjektet gjennomgås og HMS på prosjektet går gjennom. Byggherremøte hver 14. dag er spesielt for THK. Generelt i Consto Molde gjennomføres byggemøter hver 14. dag. Disse er da med UE og Byggherre til stede.

For å kontrollere utført arbeid benytter Consto Molde digitale sjekklister i Dalux. Dalux er en applikasjon for prosjektoppfølgning som benyttes på alle Consto sine prosjekt. Sjekklister i Dalux fylles ut ved slutten av hver Takt. Her rapporteres det hva som har blitt gjort osv. *«Vi går ikke fra en ting uten å dokumentere. Tror byggherre setter enormt pris på det og stoler fullt på at vi har kontroll.»*. Denne dokumentasjonen gjør det også lettere for Anleggsleder å følge med på produksjonen og øker tillit til utførende. Han beskriver at han stoler fullt ut på de som utfører jobben selv om det er noen firma som må følges litt ekstra med på. I Dalux kan man lage egendefinerte sjekklister. Dette utnytter Consto Molde og får dermed sjekklister som er tilpasset arbeidet som skal utføres.

Møtestrukturen og den digitale informasjonen om prosjektet i Dalux gir Consto Molde nødvendig informasjon til å følge opp fremdriften på prosjektet. I tillegg til dette sitter også anleggslederen fast på byggeplass og tar del i den daglige problemløsingen. Anleggslederen har tett kommunikasjon med Prosjektlederen som hovedsakelig sitter på hovedkontoret, men drar ut på prosjekt og deltar på møter og ved behov.

Møter og Dalux benyttes også til å formidle status på prosjekt til alle involverte. Spesielt på morgenmøtene blir dette gjennomgått. Taktplanen for prosjektet må ikke bare

forstås, men også brukes i den daglige driften. Planen er derfor hengt opp godt synlig på prosjekt, slik at alle kan se den.

Ved overlevering av Taktsoner til neste «vogn» ved endt Takttid, er det enighet om at sonen skal være ryddet og arbeidet ferdigstilt og kontrollert. I travle perioder har Consto Molde brukt to personer til rydding hele tiden. Dette gjaldt spesielt første bygg.

### 4.3 Hvilke barrierer og suksessfaktorer er sentrale ved Taktproduksjon?

I dette kapitlet vil barrierene og suksessfaktorene ved Taktproduksjon, Consto Molde ser på som sentrale presenteres.

#### 4.3.1 Prosjektering og kontrahering

Det viktigste ved prosjekteringen for vellykket Taktplanlegging er at den er tilstrekkelig ferdigstilt før planleggingen begynner. «*Du kan ikke lage en plan på noe du ikke veit hvordan skal bli*». Prosjekteringen trenger ikke å være ferdigstilt, men hva som skal gjøres og hvordan må være på plass. Prosjekt sjefen i Consto Molde beskriver ufullstendig prosjektering før planlegging som en gjenganger i bransjen, men at dette ikke nødvendigvis er prosjekterende sin feil. Det kan også være på grunn av at byggherre ikke vet hva de vil ha selv og dermed forsinker prosjekteringen.

I prosjekteringen bruker Consto Molde det de kaller involverende planlegging (beskrevet i Kapittel 4.2.1). På LBHG fungerte dette bra. De har gjennomført prosjekteringen både bedre og raskere enn normalt. De hadde noen utfordringer med tilleggskrav fra enkelte prosjekterende, men grunnet planen de hadde utviklet i fellesskap kunne disse avvises. Fra tidligere prosjekt har Consto Molde erfaring med at sene leveranser og tilleggskrav i prosjekteringen kan være utfordrende. Selv om det på papiret ikke blir noen økonomiske kostnader ved disse tilleggskravene, tar det jo tid for prosjektledelsen å bearbeide dem. I tillegg har de opplevd at enkelte prosjekterende ikke ser verdien av å delta i prosjekteringsmøter.

Flaskehalsen i produksjon beskrives som viktig å ta høyde for i prosjekteringen. Med dette menes løsninger som er tidkrevende å utføre og som da forsinker annen produksjon eller tar opp mye bemanning. Et eksempel som trekkes frem hvor dette er ivare tatt er vegger på LBHG.

På THK hadde tekniske fag en Prosjektleder som ikke hadde forståelse for Taktplanlegging og heller ikke ønsket å sette seg inn i det. Han forpliktet seg ikke til planen som ble utarbeidet eller brukte prosjektverktøyet Dalux slik at tegninger ble oppdatert. De hadde altså en viktig person i prosjektorganisasjonen som ikke samarbeidet tilstrekkelig med de andre på prosjektet. Dette beskriver Consto Molde som en sentral barriere. Prosjektlederen for LBHG har en tilsvarende erfaring fra et tidligere prosjekt, hvor planen ble motarbeidet av både interne og eksterne ressurser. I tillegg ses digital kompetanse i prosjektorganisasjonen på som en viktig suksessfaktor for at et prosjekt skal lykkes.

Gjensidig tillit mellom Consto Molde og UE i kontraheringen beskrives som en viktig suksessfaktor. Ved at UE har tillit til at prosjektet de kontraheres til kommer til å gå som planlagt, samtidig som Consto Molde stoler på at UE leverer som avtalt, kan vilkår i større grad diskuteres til fordel for begge parter.

### 4.3.2 Taktplanlegging

Ved spørsmål om suksessfaktor for Taktplanleggingen var det enighet blant alle intervjuobjektene om at inkludering av UE var viktig. Enkeltpersoner sitter ikke på all informasjon og det er ikke riktig at en person skal planlegge alt. Samtidig er Takt et relativt strengt system som det er viktig at UE forplikter seg til. For å skape denne forpliktelsen må man bli enig om hvordan det skal gjennomføres i fellesskap. Dog er det viktig å kunne styre planleggingen. Hvis man ikke styrer planleggingsmøtene og stiller forberedt, vil møtet bli lite konkret. Man burde ha dannet seg et bilde på hvordan prosjektet skal utføres før planlegging med UE. Her beskrives det også som viktig at UE har vurdert sitt arbeid og stiller forberedt. Utfordringen ved disse møtene er at UE som ikke har deltatt på tilsvarende møter tidligere ikke forstår hensikten med denne typen planlegging.

Videre poengteres det at resultatet av planleggingen må være en plan alle forstår. Den informasjonen det er behov for må være synlig, resten er bare støy. Den første planen som ble laget på THK var vanskelig å lese av ute på byggeplass. De manglet blant annet vertikale linjer på planen som synliggjorde hvilke uker de ulike oppgavene skulle utføres. Det spesifiseres at utseendet på planen er viktig for å enkelt kunne lese av informasjon ute på byggeplass. *«Alt flyter jo litt sammen for de som ikke vet hva de skal se etter.»*

En annen utfordring som beskrives er kommunikasjon med hotellet. De ansatte på hotellet slet med å forholde seg til Taktplanen grunnet manglende forståelse for oppsettet. Dette gjaldt også andre utenforstående som ikke var en del av byggeprosessen. Dette ga grunnlag for mange misforståelser.

### 4.3.3 Utførelse

Selv om en Taktplan er utformet forståelig krever det fortsatt en viss opplæring. En suksessfaktor i utførelsen er at alle forstår hva de skal gjøre hvor og når. Viktigheten av involvering spesifiseres også her. Opplæring tidlig i utførelsen er også viktig for å forhindre misforståelser og for at prosjektledelsen skal slippe å bruke mye tid på dette utover i prosjektet.

For å gjennomføre en Taktplan må Byggeledelsen hele tiden ha kapasitet til å ligge litt foran. De må se fremover og håndtere utfordringer før de oppstår. Dette er noe Consto Molde beskriver som viktig. På THK håndterte de tillegg fra byggherre på 3 millioner uten å forsere planen. Dette mener de skyldes at de hele tiden har kapasitet til å håndtere utfordringer fremover i tid. Spesielt viktig er dette for områdene som utføres utenfor Takt. De krever mye koordinering, da det er mer uforutsigbart enn det taktede arbeidet

I oppstarten på THK hadde de utfordringer med at rørleggerne ikke planla godt nok. *«De kommer på byggeplassen på morgenen, ser hva de skal gjøre, før de drar for å handle inn. Vi opplevde flere ganger at de ikke fikk tak i det de skulle og sa at de ikke klarte å fullføre arbeidet når de skulle pga manglende deler.»* Generelt er det en utfordring at folk sliter med å forstå hva Consto Molde ønsker å oppnå grunnet at Takt er så ukjent for de fleste.

Anleggslederen på THK beskriver håndtering av logistikk som 25% av jobben på et prosjekt. Det er mye jobb å få alt til å stemme. På hotellet er det trange områder som skaper utfordringer med materiell, og det kan det være på senere prosjekt også. I tillegg har coronasituasjonen og krigen i Ukraina gjort en del bestillinger mer tidkrevende enn normalt.



## 4.4 Hvordan kan barrierer håndteres og suksessfaktorer ivaretas?

### 4.4.1 Prosjektering og kontrahering

For å få ferdigstilt prosjekteringen før planleggingen beskrives det som viktig å ha tilstrekkelig tid til prosjektering. På THK hadde de begrenset tid både til prosjekteringen og planlegging og fikk dermed heller ikke stilt krav til prosjekteringen. Her handlet det om å bli ferdig så raskt som mulig. På LBHG hadde de bedre tid til prosjektering, men skapte allikevel enda bedre tid ved å kontrahere prosjekterende allerede før avtale var inngått med byggherre. Forsinkelsen sene ønsker og avklaringer fra byggherre skaper på prosjekteringen mener prosjektlederen på LBHG at bør håndteres ved at Consto Molde, som totalentreprenør, må få av gårde avklaringer raskere. Her handler det om å ivareta Byggherre sine ønsker samtidig som man stiller krav både oppover og nedover i prosjektorganisasjonen.

Når det gjelder sene leveranser og tilleggskrav i prosjekteringen beskrives løsningen på dette som todelt. På den ene siden mener prosjektlederen på LBHG at de ofte forhaster prosjekteringen unødvendig og dermed gir for dårlig tid til prosjekterende. På den annen side tror han at tettere tidsfrister på mindre arbeidspakker kan være løsningen. Samtidig er det et problem, i noen tilfeller, at prosjekterende ikke ser verdien i å delta på prosjekteringsmøter. Kombinasjonen av kontraktsfesta møtestruktur med tettere tidsfrister på mindre arbeidspakker fremfor store arbeidspakker og fokus på de store datoene ses på som en mulig løsning. Dette ville skapt en tettere oppfølging og samhandling.

Flaskehalsen i produksjon kan tas høyde for i prosjekteringen ved å legge opp til løsninger som er så like som mulig. Prosjektledelsen kan styre prosjekteringen mot dette innenfor rammene Byggherre har satt. På LBHG ble dette gjort ved å prosjektere alle bærende vegger til massivtre slik at disse kan monteres samtidig.

Prosjektlederen for tekniske fag som ikke forpliktet seg hverken til plan eller andre rammer for prosjektet, håndterte Consto Molde ved å fjerne personen fra prosjektet. Ved videre spørsmål om hvordan dette kunne vært håndtert preventivt svarte prosjektlederen for THK at han ikke trodde personer som dette kunne utelukkes tidligere. Det er vanskelig å stille krav i kontraheringen som utelukker personer som dette. I tillegg ble det poengtert at hvor strenge krav du stiller til UE er veldig avhengig av situasjonen man er i. Slik situasjonen har vært i det siste med Corona, har utenlandsk arbeidskraft nesten vært fraværende. Det er dermed større etterspørsel etter norsk arbeidskraft, noe som resulterer i at Consto Molde kan stille mindre krav til UEene. Samtidig ble det også nevnt at det kan bli aktuelt å stille strengere krav i kontraheringen på sikt når Consto Molde har blitt bedre på Taktproduksjon og er helt sikre på utførelsen. Foreløpig er dette nytt også for dem. De ser på det som viktig å ikke ha så strenge krav i kontrakt at det ikke er rom for å feile. Man må feile for å lære. *«Å tre et nytt system nedover hodet til noen og stramme løkka vil ikke gjøre noe. De må delta i prosessen og få en forståelse for at det fungerer»*

For å basere prosjektdeltagelse og kontraktsforhandlinger på gjensidig tillit krever det at UE stoler på at Consto Molde opptrer etter forventningene og i tråd med tidligere erfaringer UE har med dem. Det samme gjelder motsatt. *«Da gjelder det å underbygge at det kommer til å gå jævlig bra. Da er det viktig å levere. At de opplever at det er kjekt*

*og at det funker å samarbeide med oss. Vi setter litt press på oss selv og bruker det som et forhandlingskort.»*

#### 4.4.2 Taktplanlegging

For å gjennomføre gode planleggingsmøter med UE forbereder prosjektlederen seg på forhånd. Utgangspunktet for planleggingen er krav fra byggherre og rammene på prosjektet. Dette må systematiseres på forhånd. Prosjekteringen må også være klar slik at alle vet hva de skal utføre av arbeid. Prosjektlederen må videre danne seg en oversikt over hva som skal utføres av egne arbeider og hva som er optimal soneinndeling og Takttid for Consto Molde. For å få UE til å forberede seg legges en beskrivelse av hvordan UE skal vurdere sitt arbeid og hvillken informasjon som er nødvendig ved i møteinnkallingen. Videre beskrives det som viktig å sette av god tid til møtet slik at alt blir med.

Problemet med at utenforstående, som ikke var en del av byggeprosessen, ikke forstod Taktplanen mener Prosjektlederen kunne vært løst enkelt med en mer overordnet faseplan. Dette har han fått tilbakemelding om fra flere hold og planlegger å utforme en slik plan på neste prosjekt

#### 4.4.3 Utførelse

For å lære alle på prosjekt hvordan de skal lese av Taktplanen benytter Consto Molde morgenmøter ute på byggeplass. Disse er beskrevet i Kapittel 4.2.3. I tillegg mener Anleggslederen på THK at det burde vært gjennomført et oppstartsmøte når planen var ferdig. Dette møtet burde blitt gjennomført med alle som skal jobbe ute på byggeplassen og blitt brukt til å forklare planen. Han tror dette kunne gitt langt bedre forståelse for hva de ønsker å oppnå på prosjektet og hvordan det skal gjennomføres.

På THK har Anleggsleder og Formann håndtert store mengder ekstraarbeid fra Byggherre. Dette skyldes at de hele tiden har kapasitet til å ligge litt foran. For å få til dette kreves en god oversikt over hva som foregår ute på prosjekt. Denne oversikten har de grunnet at de vet akkurat hva som skal foregå til hvilken tid og hvor de evt. kan ta ut bemanning for å gjennomføre andre oppgaver. Dette forteller Prosjektleder og Anleggsleder at ikke hadde gått med en tradisjonell fremdriftsplan. Da hadde langt mer tid gått til koordinering og håndtering av utfordringer hver dag. Utkikksmøtene er også viktige for å håndtere utfordringer fremover i tid. De mener også bufferdagene er «gull» verdt. Bufferdagene gir de muligheten til å håndtere uforutsette ting. I tillegg gir bufferdagene de som er ute på plassen tid til å finne ut av ting. Dette forteller de er en del av den viktige inkluderingen. De ute på plassen kan som oftest langt mer om den praktiske utførelsen av spesifikke oppgaver enn det de på kontoret gjør. *«De flinke folka ute på plassen kan løse mye du har feilvurdert, men fremdeles holde fremdrifta. Er plana låst ned til minste spiker så vil det feile. Da vil de ikke ha mulighet til å løse ting. Føler du at jobben er kompleks så detaljstyrer du mindre og øker bufferen litt sånn at du gir handlingsrom til de flinke folka.»*

Consto Molde håndterte rørleggerne som ikke planla godt nok ved å få de til å planlegge bedre. De beskriver dette som en «trendendring» og forteller at opplæring i Taktproduksjon er svært viktig for å få til dette. Når det gjelder manglende forståelse for Takt generelt beskrives også opplæring som svaret.

Utfordringene med tidkrevende logistikk mener Anleggslederen på THK hadde vært lettere å håndtere hvis det hadde vært lagt inn som en del av Taktplanen. Consto Molde har foreløpig ikke gjort dette, men ser for seg at dette bør gjøres på senere prosjekt.

## 5 Diskusjon

Dette kapitlet tar for seg resultatene og sammenligner disse opp mot teorien på Taktproduksjon. Først vil Taktmodenheten til Consto Midt-Norge AS kontor Molde vurderes. Dette for å verifisere resultatet. Videre vil resten av kapitlet være strukturert etter forskningsspørsmålene for oppgaven.

### 5.1 Taktmodenhet Consto Midt-Norge AS Kontor Molde

For å vurdere praksisen til Consto Molde og sette den i sammenheng med teorien på Taktproduksjon er det hensiktsmessig å vurdere Taktmodenheten til bedriften. Dette gjøres ved Takt Maturity Model av Lehtovaara et al. (2020), forklart i kapittel 3.5.4. På denne måten kan kvaliteten av resultatet fra intervju vurderes. Hvis Taktmodenheten er lav vurderes påstander og metoder fra Consto Molde til å ha lav kredibilitet. Hvis den derimot er høy kan praksisen i Consto Molde ses i sammenheng med teorien og diskuteres likeverdig.

Ser i denne vurderingen på Thon Hotel Kristiansund (THK) da dette er det eneste prosjektet som er tilnærmet ferdigstilt av de studerte prosjektene. Videre presenteres en forklaring på hvordan- eller eventuelt hvordan ikke Consto Molde oppfyller de 15 kravene i Takt Maturity Model i Tabell 6. Resultatet av vurderingen er vist i Tabell 7.

<b>Nivå i)</b>	<b>Teknisk Taktplanlegging (prosjektnivå)</b>
R1	<p>Produksjonsplanen oppfyller kundens krav</p> <p>På Thon Hotel Kristiansund (THK) oppfyller Taktplanen Byggherre sine krav. De er veldig imponert over kontrollen og systemet. Consto Molde har i tillegg til kontraktsfestet arbeid utført ekstraarbeid til en verdi av 3 mill (10% av kontraktssum) uten å forsere planen eller forlenge byggetid. Dette er byggherre meget fornøyd med.</p>
R2	<p>Taktsoner, Takttid og vogner med ressurser er entydig fastsatt</p> <p>Taktsoner, Takttid og vogner med ressurser er fastsatt og gjentakende for hele THK. De har måttet justere litt for å ta igjen tapt fremdrift, men har deretter gått tilbake til original plan.</p>
R3	<p>Effektiv visuell styring er ivaretatt</p> <p>Taktplan ble hengt opp ute på byggeplass og har vært tilgjengelig gjennom hele prosjektet. I tillegg kan planen finnes på Dalux. Det er også gjort tiltak for at alle skal kunne lese av og forstå planen.</p>
<b>Nivå ii)</b>	<b>Sosial integrering og Taktkontroll (prosjekt- og organisasjonsnivå)</b>
R4	<p>Opplæring og involvering av prosjektdeltakerne er ivaretatt</p> <p>Opplæring har blitt gjennomført på møter, spesielt morgenmøter. UE har også blitt inkludert i planleggingen.</p>
R5	<p>Logistikken er integrert og taktet som en del av produksjonsplanen</p> <p>Logistikk har ikke vært en del av den taktede produksjonsplanen.</p>
R6	<p>Prosjekteringsprosessen er integrert og taktet som en del av produksjonsplanen</p> <p>Prosjekteringen har ikke vært en del av den taktede produksjonsplanen, men det har heller ikke vært behov for dette på THK. Prosjekteringen var ferdig før planleggingen. Byggbarhet av prosjekterte løsninger har blitt kontrollert før oppstart av produksjon i aktuelt område.</p>
R7	<p>Den felles situasjonsforståelsen under produksjonen er ivaretatt</p> <p>Felles situasjonsforståelse og status på fremdrift deles og diskuteres på møter og er dermed ivaretatt blant alle aktører.</p>
R8	<p>Barrierer håndteres gjennom kontinuerlig felles forbedring</p> <p>Hindringer i produksjon tas opp og diskuteres i fellesskap med involverte parter. Dette gjøres etter behov. Områder kontrolleres ved hver endte Takttid. Evt. hindringer blir altså oppdaget ved hver Takt.</p>

R9	Kvalitetskontroll er systematisk og taktet
	Kvalitetskontroll gjennomføres ved hver Takt og rapporteres ved digitale sjekklister i Dalux.
<b>Nivå iii)</b>	<b>Kontinuerlig forbedring (Organisasjons- og regionalt nivå)</b>
R10	Formulering og utvikling av team
	Funksjonærene i Consto Molde kommuniserer erfaringer seg imellom. Dette gjøres ikke systematisk, men heller som en felles drøfting og samarbeid om problemstillinger. Når det gjelder hvem som jobber med hvem, vil dette variere fra prosjekt til prosjekt. Dette gjelder spesielt formann og håndverkere da disse rollene i stor grad fylles av arbeidere fra Consto Midt-Norge AS Avd. Surnadal. Enkelte personer kan delta på flere prosjekt under samme prosjektledelse, men dette forekommer tilfeldig og ikke systematisk. Team er altså ikke konsistente. Det gjelder også UE. Hvilke UE som deltar på prosjekt vil variere fra prosjekt til prosjekt.
R11	Kontraktsmessig integrasjon
	Consto Molde spesifiserer tidlig involvering av UE i avklaringsmøte ved kontraktsinngåelse. De ser på involvering og samarbeid som vesentlig både for vellykket prosjektering og utførelse. Når det gjelder fordeling av risiko og fordeler i kontrakt presenterer ikke denne oppgaven tilstrekkelig informasjon til å vurdere det.
R12	Systematisk eliminering av sløsing over prosjekter
	Consto Molde har ingen standardiserte metoder for eliminering av sløsing på prosjekt eller videreføring av denne informasjonen.
R13	Industrialisert logistikk- og materialflyt
	Consto Molde har ingen oversikt over mengde material som går til verdiskapende arbeid eller til sløsing på prosjekt. Logistikk og material håndteres av anleggsleder. Kostnaden ved håndtering skilles dermed heller ikke fra kostnad ved verdiskapende arbeid.
R14	Standardiserte, Taktbaserte arbeidsmengdebibliotek
	Consto Molde har foreløpig ikke noe system for registrering av erfaringstider eller videreføring av disse.
R15	Forbedring gjennom KPI-er og datadrevet beslutningstaking
	Consto Molde bruker ikke KPI i beslutningstakingen på byggeprosjekt.

Tabell 6: Taktmodenhetsvurdering av Consto Midt-Norge AS Kontor Molde

<b>Nivå i)</b>	<b>Oppfylt</b>	<b>Ikke oppfylt</b>
R1	x	
R2	x	
R3	x	
<b>Nivå ii)</b>		
R4	x	
R5		-
R6	(x)	
R7	x	
R8	x	
R9	x	
<b>Nivå iii)</b>		
R10		-
R11	(x)	
R12		-
R13		-
R14		-
R15		-
<i>x: Krav oppfylt  (x): Krav delvis oppfylt og ønsket resultat oppnådd  -: Krav ikke oppfylt</i>		

Tabell 7: Taktmodenhet Consto Midt-Norge AS Kontor Molde

Resultatet av Taktmodenheten til Consto Molde (vist i Tabell 7) viser at de oppfylder krav på Nivå i, i stor grad oppfylder krav på Nivå ii og har vesentlige mangler på Nivå iii. Slik det beskrives i kapittel 3.5.4 er kravene på Nivå i utformet fra nøkkelfaktorer for suksess i å utforme en god Taktplan blant prosjektene hvor deltagerne hadde lite eller ingen erfaring med Taktproduksjon fra før. På prosjektene hvor Taktplanleggingen var vellykket dreide flaskehalsene for videre utvikling seg om Taktkontroll og sosial integrering (Nivå ii). Det siste nivået, Nivå iii, dreier seg om kontinuerlig forbedring og tar for seg sentrale faktorer som må være på plass for å dra full nytte av Taktproduksjon på lang sikt.

Sett i lys av Consto Molde sin begrensede erfaring med Taktproduksjon før oppstart av THK vurderes deres prestasjon på prosjektet til imponerende. De har ivaretatt mange viktige forhold, noe denne vurderingen viser. Dette gir også utsagn i intervju og metodene Consto Molde har benyttet seg av kredibilitet. Det anses derfor som relevant å sammenligne og diskutere deres prestasjon på Taktproduksjon opp mot metodene som presenteres i teorikapittelet i denne oppgaven.

## 5.2 Hvordan gjennomføres Taktproduksjon?

Det har i denne oppgaven blitt presentert tre alternative metoder for å utarbeide en taktet produksjonsplan: Takt Time Planning (TTP) utviklet av Frandson et al. (2013; 2016), Takt Planning and Takt Control (TPTC) utviklet av Dlouhy et al. (2017; 2016) og praksisen til Consto Midt-Norge AS Kontor Molde (Consto Molde). Videre har det blitt

presentert følgende metoder for å følge opp en taktet produksjonsplan: TPTC, praksisen til Consto Molde og Last Planner System (LPS) (Ballard, 2000).

For å se nærmere på hvordan Taktplanlegging og oppfølging av taktet produksjon gjennomføres vil det være relevant å sammenligne disse metodene. Ettersom TTP kun er en planleggingsmetodikk, vil dette delkapittelet deles opp i to deler: Taktplanlegging og Produksjonsoppfølging. I den første delen vil TTP, TPTC og praksisen til Consto Molde sammenlignes og diskuteres. Den andre delen vil bestå av sammenligning og diskusjon av TPTC, praksisen til Consto Molde og LPS. Forhold før planleggingen begynner vil ikke diskuteres i dette kapittelet, da det kun er Consto Molde sin praksis på prosjektering og kontrahering som er beskrevet tidligere i denne oppgaven. Det vil dermed ikke være grunnlag for diskusjon av disse prosessene.

### 5.2.1 Taktplanlegging

TTP gjennomføres, som tidligere beskrevet, i seks iterative faser som leder til en taktet produksjonsplan. TPTC består av tre nivå, hvor de to øverste innebærer prosessanalyse og Taktplanlegging. Disse to nivåene tilsvarer de seks iterative fasene i TTP og gjennomføres i 12 steg som resulterer i en taktet produksjonsplan. Consto Molde har ingen klart definerte faser eller steg, men har likevel en klar metode.

Overordnet er inndelingen av steg og faser i TTP og TPTC relativt ulike. I TTP beskrives de seks fasene i sekvensiell rekkefølge, men de gjennomføres iterativt. Det er altså en kontinuerlig prosess hvor de forskjellige fasene optimaliseres om hverandre før Taktplanen ferdigstilles. I TPTC er de tre nivåene, og videre de 12 stegene, i modellen adskilt i tid, men informasjon overføres mellom nivåene. Prosessene i Macro- og Micronivået beskrives også som prosjektuavhengige. Disse nivåene kan derfor til dels standardiseres og brukes på tvers av prosjekt. I TPTC presenteres det dermed en mer helhetlig tilnærming til bruk av Taktplanlegging i en bedrift og ikke bare på individuelle prosjekt.

Fase 1 og 2 i TTP går ut på å samle informasjon og definere soner. Disse kan sammenlignes med Macronivået i TPTC, som består av en prosessanalyse. Mer detaljert består Macronivået av Steg 1 og 2 som går ut på å definere funksjonelle områder og prioriteringen av disse. I TTP gjennomføres disse stegene i samarbeid med personer som har kjennskap til arbeidet som skal utføres. Informasjon om arbeid som skal utføres hentes inn ved eksempelvis metoden Color-Ups før dette brukes til å definere soner. Disse er innledende og må bearbeides på et senere tidspunkt i planleggingen. Color-Ups og samarbeid brukes også til å identifisere grensesnittproblematikk. I TPTC defineres såkalte funksjonelle områder og prioriteringen av disse ut fra kundens behov. Dette støtter eventuelle delvis overleveringer av prosjektet. I likhet med TTP beskriver også TPTC viktigheten av samarbeid i tidlige faser. Når det gjelder grensesnittproblematikk identifiseres dette i TPTC ved å skape en felles målsetning for deltagerne i prosjektet ut fra perspektivet verdi til kunden. Denne felles målsetningen styrker samarbeidet og tydeliggjør dermed grensesnittproblematikk. Når det gjelder Consto Molde sin tilnærming til det innledende arbeidet før selve Taktplanleggingen, gjennomføres dette tilsvarende som ved TPTC. Prosjektlederen kartlegger nødvendig informasjon, inkludert krav fra byggherre, som setter rammene for videre planlegging. Denne informasjonen bearbeides og Prosjektlederen danner seg et bilde av hvordan prosjektet burde utføres for å kunne styre det senere møtet med UE.



I tillegg til å definere soner og få oversikt over grensesnittproblematikk brukes også Color-Ups til å identifisere varigheten på de ulike fagene og rekkefølge på arbeidsoperasjoner innenfor hvert fagfelt. Denne informasjonen bearbejdes senere (i fase 3) hvor fagekvensen bestemmes ved Pull-planlegging. Her er tilnærmingen i TPTC annerledes. I TPTC velges et funksjonelt område (steg 3) som deles opp i Standard Space Units (SSU) (steg 4). Innenfor disse SSUene defineres arbeidssteg og den optimale rekkefølgen på fag (steg 5) basert på Pull-planlegging og informasjon fra prosessanalysen. Videre kalkuleres arbeidsmengde for hvert arbeidssteg (steg 6) ut fra Performance factors og mengde arbeid innenfor hver SSU. I steg 7 fordeles detaljerte arbeidssteg i arbeidspakker. Consto Molde har en litt annen tilnærming. De kaller inn UE til et innledende planleggingsmøte, hvor de i møteinnkallingen beskriver hvordan UE skal vurdere sine arbeidsoperasjoner og hvilken informasjon Consto Molde trenger om deres arbeid. Dette er en del av informasjonsinnhentingen. I møtet presenteres og diskuteres bemanning, varighet på oppgaver og hva som må foreligge for at oppgaver skal kunne utføres, samt annen nødvendig informasjon. Consto Molde bruker, i likhet med TPTC og TTP, Pull-planlegging i denne prosessen for å bestemme arbeidssekvensen. Disse møtene brukes også til å diskutere alternativer til soneinndeling. I TPTC er denne prosessen svært detaljert og systematisk i forhold til i TTP og Consto Molde. Alle metodene beskriver også her viktigheten av å gjennomføre dette i samarbeid med personer med direkte kjennskap til arbeidet som skal gjennomføres.

Når det gjelder bestemmelse av Takttid og Taktsoner er det her de tre metodene skiller seg mest fra hverandre. Dette gjøres i Steg 8 i TPTC. Her settes Taktsoner sammen av en eller flere standard space units (SSU) innenfor et funksjonelt område. Arbeid innenfor hver SSU er kartlagt i tidligere steg og kan dermed multipliseres med antall SSU. Mengde arbeid med tilknyttede Performance Factors og videre, bestemmelse av bemanning gjør det mulig å bestemme Takttiden. Her er det altså antall SSU og bemanning som er de justerbare faktorene for å tilpasse Takttiden. Consto Molde har en helt annen tilnærming. Her bestemmes bemanning og tidsbruk for hvert arbeidssteg i møte med UE, samt ved prøvebygging av et representativt område. Denne prøvebyggingen tilsvarer First-run-studie i TTP. Deretter brukes dette, kombinert med et forslag til soneinndeling, til å finne optimal soneinndeling og Takttid ved beregning. Her bestemmes altså Takttiden ut ifra beregninger basert på forutsetningene ved prosjektet, prøvebygging og diskusjon. I TTP defineres soner i Fase 2 og Takttiden er resultatet av de seks iterative fasene. Det er altså tre forskjellige tilnærminger. Forenklet kan man si at det i TPTC brukes detaljerte beregninger som er avhengig av spesifikke erfaringstider (Performance Factors), før praktisk tilpasning av Takttid. I motsetning til dette brukes praktisk tilpasning som grunnlag for beregning av Takttid i Consto Molde. Og til forskjell fra de to andre utvikles Takttid nesten utelukkende ved praktisk tilpasning i TTP.

Balansering av arbeidsflyt (Fase 4) gjennomføres i TPP ved å justere arbeidspakkene i en arbeidssekvens for jevnest mulig varighet. Justering av størrelse på soner kan også gjennomføres i tillegg til bruk av buffere og Workable backlog. For videre justering kreves et First-Run-Studie, som er en del av Fase 5. I denne fasen gjennomføres et First-Run-Studie for å avdekke hvor lang tid arbeidsoppgavene faktisk tar. Etter dette kan arbeidspakkene videre justeres basert på reelle varigheter. I TPTC kalles dette Taktharminisering eller Workload levelling (Steg 9). Dette gjennomføres ved å tilpasse arbeidsoppgaver til satt Takttid. For å tilpasse arbeidsoppgavene kan bemanning økes eller reduseres, arbeidspakker kan slås sammen eller arbeidssteg kan endres, optimaliseres eller erstattes av for eksempel prefabrikkerte elementer. Consto Molde gjennomfører denne tilpasningen av arbeidspakkene på tilsvarende måte som i TTP. De

tilpasser fagekvensen etter informasjon fra UE, legger inn buffere på kritiske oppgaver, slår evt sammen flere mindre arbeidspakker i en Takt hvis det er ujevnhet mellom nødvendig tid, før de prøvebygger et representativt område og til slutt finjusterer fagekvensen og ender opp med et forslag til Takttid. Den største forskjellen mellom TPTC og TTP og Consto Molde ligger i rekkefølgen på denne prosessen. I TPTC tilpasses fagekvensen etter bestemt Takttid. I TTP og Consto Molde er det motsatt. Der er resultatet av tilpasningen et steg i prosessen for å bestemme Takttid.

Videre går Steg 10 i TPTC ut på å kombinere arbeidspakkene og tilpasse de til bestemt taktsone. Dette er struktureringen av The parade of Trades. I Steg 11 gjennomføres steg 3-6 for alle funksjonelle områder og i steg 12 forberedes Taktplanen. Steg 10 og 12 i TPTC kan dermed sammenlignes med Fase 6: produksjonsplanlegging, i TPP. I Consto Molde var dette relativt uproblematisk på Thon Hotel Kristiansund. Ettersom hotellrommene var relativt like og gjentakende, ble også Taktplanen gjentakende. Hvis prosjektet hadde bestått av ulike etasjer eller områder, måtte den samme prosessen blitt gjennomført for alle områder.

Oppsummert kan man dermed si at de tre metodene representerer tre ulike tilnærminger til utarbeidelsen av en Taktet produksjonsplan. TPTC er systematisk og konkret med klart definerte steg, TPP er en prosess hvor det er en mer flytende grense mellom faser og praksisen til Consto Molde er et sted mellom TTP og TPTC. Consto Molde har en klar metode, dog mindre spesifikk enn ved TPTC, men mer konkret enn TTP. De baserer seg også på mer beregninger enn det som kommer frem i beskrivelsen av TTP, men baserer seg mer på diskusjon og praktisk tilpasning enn det gjøres i TPTC.

### 5.2.2 Produksjonsoppfølging

Det siste nivået i Three Level hierarkiet er Micronivået. Dette er det mest detaljerte nivået i TPTC og omfatter Taktkontroll. Produksjonsoppfølging kan også gjøres ved Last Planner System

For å kunne sammenligne TPTC, praksisen til Consto Molde og LPS er det viktig å først adressere forskjellen på metodene på et generelt nivå. LPS er et system for produksjonsoppfølging og-kontroll, som ikke er nødt til å gjennomføres i kombinasjon med Taktet produksjon. Selv om LPS er godt egnet til å kombinere med Takt er det forhold spesifikt knyttet til Takt som ikke ivaretas av systemet. Micronivået i TPTC derimot, er utviklet spesifikt for å følge opp en Taktet produksjonsplan og tar derfor kun for seg Taktkontroll. Møtestruktur utenom morgenmøter og andre forhold knyttet til produksjonsoppfølging generelt er dermed ikke beskrevet som en del av TPTC. Praksisen til Consto Molde vil dermed være den mest helhetlige beskrivelsen av produksjonsoppfølging ettersom den adresserer både spesifikk oppfølging av Takt og øvrige forhold i produksjonsoppfølgingen. Det vil derfor være deler av LPS som ikke kan sammenlignes med TPTC og motsatt. Samtidig vil praksisen til Consto Molde kunne brukes som sammenligningsgrunnlag for begge metoder. Resultatet av denne sammenligningen vil dermed ikke bli fullstendig for alle tre metodene, men grunnlaget for sammenligning anses som tilstrekkelig for denne oppgaven.

I oppstarten av produksjon anbefaler Dlouhy et al. (2016) å planlegge mindre arbeid enn det er estimert at er mulig å gjennomføre innen hver Takt, en såkalt «soft start». Dette for å gi aktører mulighet til å sette seg inn i planen og systemet uten at det skal forsinke fremdriften. I Consto Molde vektlegges inkludering og opplæring, men produksjonen i oppstarten på THK ble ikke tilpasset at dette var et nytt system for de fleste. Dette

resulterte i forsinkelser i fremdrift. Noe de begrunner med nettopp at systemet var nytt og ukjent.

Daglige møter ute på byggeplass er noe som beskrives i alle tre metodene. Consto Molde gjennomfører disse hver morgen med alle fagfelt ute på byggeplass. Her er alle med på diskusjon og informasjon rundt status på prosjekt, problemer, behov, vær, rydding, dag til dag utfordringer, dagsplanlegging og om det skulle være noe som ikke stemmer. Alle fagfelt deltar i problemløsingen. På THK var både arbeidere og formenn med på disse møtene, men det er rimelig å anta at det kun vil gjennomføres med Formenn og evt. Baser på større prosjekt. Disse møtene beskrives tilsvarende i LPS, hvor de kalles «Daily Huddle meetings». I TPTC brukes også disse møtene til felles problemløsning med formenn for de ulike fagene. Problemløsingen er altså felles for de tre metodene. En annen viktig komponent i de daglige møtene i TPTC er en Taktkontrolltavle. Denne brukes til å visualisere og dokumentere faktisk status på prosjekt og hvilke tiltak som må gjennomføres for å overholde krav i Taktplan. På denne måten holdes alle fag informert om status og bidrar til treffende tiltak. Det som skiller Consto Molde sine morgenmøter fra TPTC og LPS er at de bruker disse møtene til opplæring i plan. De utfordrer forskjellige personer hver dag på hvor de skal jobbe og hva de skal gjøre slik at alle lærer seg å lese planen og forstå systemet.

Et annet møte som beskrives i både LPS og praksisen til Consto Molde er utviklingsmøter. Hensikten med møtet, å løse utfordringer og begrensninger fremover i tid, beskrives i begge metoder. Dog er det noen forskjeller. I LPS brukes møtene til å bryte ned prosesser til operasjoner, som klargjøres for utførelse i løpet av et utviklingsvindu på 3-12 uker. Hvor langt utviklingsvinduet er vil variere avhengig av behov på prosjekt, men det er vanlig å sette et fast intervall. Consto Molde ser normalt 1 uke frem i tid, men lenger hvis det er behov. De har ikke det samme behovet for å bryte ned prosesser ettersom dette allerede er gjort i Taktplanleggingen. Taktsonene på hotellet er svært gjentakende og har dermed de samme operasjonene som går igjen. Det gjør også behovet for å se lengre frem i tid mindre. Ettersom Taktsonene er gjentakende, vil også en del utfordringer være gjentakende. De kan dermed bruke disse møtene til å håndtere mer akutte utfordringer, noe som underbygger behovet for å ikke se langt fremover i tid. Sånn sett kan man si at Consto Molde sine utviklingsmøter blir en blanding av LPS sine utviklingsmøter og ukesplanleggingsmøter.

I tillegg til utviklingsmøter og morgenmøter gjennomfører Consto Molde formannsmøter og byggherremøter. Dette er mer prosjektspesifikke møter som ikke kan generaliseres på lik linje med overnevnte møter. Det vil dermed være lite relevant å sammenligne disse med LPS.

Det punktet LPS og Consto Molde skiller seg mest fra hverandre på er planer. I LPS er det fire planer med økende detaljeringsgrad fra hovedfremdriftsplan til og med ukesplan. Consto Molde har kun to planer: Hovedfremdriftsplan, som i likhet med LPS er overordnet for hele prosjektet, og Taktplan. Taktplanen er detaljert på lik linje med en ukesplan i LPS. Consto Molde har altså ikke egne fase- og utviklingsplaner på THK. De har undervegs i prosjektet sett at de burde hatt en faseplan for å hindre misforståelser med de som ikke deltar i produksjonen og dermed ikke forstår en Taktplan. Det er ikke dette som beskrives som hovedformålet med en faseplan i LPS, men det er utvilsomt lettere å lese en faseplan enn en Taktplan. Årsaken til at Consto Molde ikke ser behovet for flere planer synes å være at Taktsonene er gjentakende for store deler av prosjektet. Når en

etasje er bygd er det i stor grad de samme prosessene som går igjen videre i de neste etasjene.

## 5.3 Hvilke barrierer og suksessfaktorer er sentrale ved Taktproduksjon?

Dette delkapittelet vil være en sammenstilling av de suksessfaktorene og barrierene som trekkes frem i teori- og resultatkapittelet. Fokusområdet for denne oppgaven er Taktproduksjon. Faktorene Consto Molde nevner vedrørende prosjektering og kontrahering som ikke er knyttet til Taktproduksjon vil derfor ikke diskuteres. Faktorer i prosjektering og kontrahering som har tilknytning til Taktproduksjon vil diskuteres.

TTP og TPTC inkluderer ikke prosessene før Taktplanleggingen. Denne oppgaven presenterer altså ikke tilstrekkelig teoretisk grunnlag for å dra noen konklusjoner vedrørende suksessfaktorer og barrierer i prosjektering og kontrahering. Flere suksessfaktorer og barrierer som relaterer til forhold før Taktplanleggingen har vist seg sentrale og vil dermed allikevel trekkes frem og diskuteres mot det grunnlaget som er dannet. Det er rimelig å anta at flere av de samme prinsippene som TPTC og TTP presenterer også er gjeldende for prosjekteringen. Når det gjelder kontraheringen vil dette diskuteres opp mot hva som er antatt hensiktsmessig for Taktproduksjon basert på grunnlaget som er presentert i denne oppgaven. Dette gjelder også Kapittel 5.4.

Det vil være utallige barrierer og suksessfaktorer ved Taktproduksjon. De mest interessante er de som gjentas av flere kilder og de som ikke håndteres eller ivaretas direkte av de metodene som er presentert i denne oppgaven. Et eksempel på dette er viktigheten av å integrere logistikk som en del av Taktplanen på prosjekt. Dette spesifiseres ikke som en del av metoden i hverken TTP, TPTC eller praksisen til Consto Molde, men trekkes allikevel frem som en sentral suksessfaktor av flere kilder. Dette vil utdypes senere i kapittelet.

### 5.3.1 Prosjektering og kontrahering

Taktproduksjon er, som tidligere beskrevet, best egnet for repeterende arbeidsoperasjoner. Et godt eksempel på dette er THK, hvor rommene på hotellet var relativt like i hver etasje. Etter utfordringer i produksjon var løst for en etasje kunne dermed byggeledelsen forvente tilsvarende utfordringer i kommende etasjer og ta høyde for dette i plan. Hadde derimot hvert rom vært forskjellig fra hverandre, hadde planen og utfordringene knyttet til produksjon vært langt mer komplekse. I prosjekteringen er det mulig å, hvertfall delvis, ta høyde for dette innenfor rammene på prosjektet. Unike designløsninger, som kan skape flaskehals og variabilitet i produksjon, trekkes frem som en barriere av Lehtovaara et al. (2019). Dette gjør utførelsen mer kompleks, med utfordringer som kanskje kunne vært unngått. Dette er selvfølgelig prosjektavhengig. Consto Molde beskriver også «unødvendige» flaskehals i produksjon som en utfordring.

Et annet forhold ved prosjekteringen som beskrives som vesentlig både av Lehtovaara et al. (2019) og Consto Molde er at den er tilstrekkelig ferdigstilt før oppstart av Taktplanlegging. Prosjekterte løsninger som ikke er ferdigstilt før planlegging kan naturligvis ikke tas høyde for i plan. Dette vil øke risikoen ved planen. Ufullstendig prosjektering er dessverre en gjenganger i bransjen. Dog trekkes det frem at prosjekteringen ikke trenger å være helt ferdigstilt, men hva som skal bygges og hvordan, må være på plass. Det poengteres også at manglende grunnlag for produksjon

før planleggingsmøte gjør det vanskelig for UE å vurdere sitt arbeid. Tilbakemeldingene fra UE blir dermed for generelle.

Taktproduksjon er et intensivt system som krever at UE og leverandører evner å forplikte seg til- og følge plan. Manglende evne til forpliktelse, spesielt ved første Taktprosjekt, er en barriere som nevnes av både litteraturen på Takt (Binninger et al., 2018; Lehtovaara et al., 2019; Vatne & Drevland, 2016) og Consto Molde. Denne ansees dermed som vesentlig. Manglende forpliktelse fører til dårlig samarbeid på prosjekt og forsinkelser.

### 5.3.2 Taktplanlegging

Involvering av utførende aktører i planleggingen beskrives som vesentlig i TTP, TPTC og av Consto Molde. Enkeltpersoner sitter ikke på all informasjon og evner heller ikke å se alle utfordringer som må hensyntas i produksjonen. UE har etter all sannsynlighet bedre kunnskap om hvordan deres arbeidsoppgaver bør utføres, hva som kreves, hvor lang tid det tar osv. enn prosjektlederen selv. Tidlig involvering beskrives også som et tiltak som skaper forpliktelse til plan og dermed har en motiverende effekt.

Logistikk innebærer bestilling, leveranse, lagring og eventuelt flytting av materiell på byggeplass. Dette beskrives som en betydelig andel av jobben til en Anleggsleder, noe som kan by på utfordringer. Forsinkede leveranser skaper naturligvis forsinkelser i produksjon. Denne barrieren har vært høyaktuell på THK som har pågått under Coronapandemien, som har resultert i enda større utfordringer ved leveranser enn normalt. Tilsvarende trekkes prosjektering frem som et forhold som bør tas høyde for. Dette gjelder de prosjektene hvor deler av prosjekteringen ikke er ferdigstilt før produksjon.

I produksjon vil det være noen oppgaver som er mer kritiske enn andre. Dette er oppgaver som må være ferdigstilt for at øvrig produksjon skal kunne fortsette som planlagt. Et eksempel på dette er dekkestøp med tilstrekkelig tørketid før gulvflyt. Hvis ikke betongen er tilstrekkelig tørr, kan ikke gulvet flytes og videre arbeid kan ikke gå som planlagt. Disse oppgavene er kritiske for prosessen.

Workable backlog er deler av et prosjekt med mindre grad av gjentakende arbeid, som egner seg dårligere for Taktproduksjon og dermed utføres utenfor Takt. Dette arbeidet kan være både tidsavhengig og -uavhengig, altså at tidspunktet dette arbeidet utføres kan være avhengig eller uavhengig av resten av produksjonen. Selv om dette arbeidet kan være tidsuavhengig vil det ofte være behov for en bestemt rekkefølge på arbeidsoperasjoner også her. Lehtovaara et al. (2019) trekker frem viktigheten av å planlegge dette arbeidet selv om det utføres utenfor Takt. Dette underbygges også av Consto Molde som beskriver områdene arbeidet utenfor Takt som både mer uforutsigbare og mer tidkrevende å følge opp og koordinere en taktet arbeid.

### 5.3.3 Utførelse

Taktproduksjon krever en ny tilnærming til ressurser, oppgaver og kommunikasjon blant alle aktører på prosjekt. Det er et intensivt system som, spesielt ved første Taktprosjekt, kan være krevende. Ved å starte produksjon uten å ta hensyn til at arbeidere og ledelse har behov for tid til å sette seg inn i systemet før de kan produsere maksimalt, vil plan mest sannsynlig forseres. Dette fikk Consto Molde erfare på THK, hvor oppstarten ble hektisk og de ble hengende etter plan.

En sentral suksessfaktor for å gjennomføre Taktproduksjon, som trekkes frem av Consto Molde, er at byggeledelsen hele tiden må ha kapasitet til å håndtere utfordringer

fremover i tid. Dette nevnes ikke spesifikt i noen av de andre metodene. Det kan antas at dette er en grunnleggende forutsetning for suksess ved byggeprosjekt generelt og at det er derfor det ikke nevnes spesifikt. Det ansees allikevel som viktig og trekkes derfor frem.

Videre beskrives også effektiv visuell styring som en suksessfaktor for Taktproduksjon. Dette går ut på at Taktplanen er visualisert og tilgjengelig for enhver aktør til enhver tid. Det er også viktig at alle aktører får formidlet oppdatert informasjon om prosjektets status slik at alle fagfelt kan bidra til felles ledelse.

## 5.4 Hvordan kan barrierer håndteres og suksessfaktorer ivaretas?

Her er det viktig å trekke frem at THK og LBHG er spesifikke prosjekt. Valg som er tatt på disse prosjektene kan være fordelaktige på det spesifikke prosjektene selv om de ikke er optimale for Taktproduksjon generelt. Velger derfor her å diskutere erfaringer og praksis fra LBHG og THK på et generelt nivå slik at disse erfaringene kan videreføres til senere Taktprosjekt på en generell basis.

### 5.4.1 Prosjektering og kontrahering

I hvilken grad det er mulig å påvirke løsninger i prosjekteringen vil naturligvis være sterkt prosjektavhengig. Kan her trekke frem de to prosjektene Consto Molde har, som er beskrevet i denne oppgaven. THK er et prosjekt som er svært gjentakende, med relativt like rom og like løsninger. LBHG er derimot langt mer komplekst. Her er det lite åpenbare gjentakende soner i bygget. Muligheten man har til å skape like løsninger gjennom produksjonen er dermed langt mindre på LBHG. Lehtovaara et al. (2020) trekker her frem to viktige poeng: repeterende designløsninger i den grad det er mulig og løsninger som støtter byggbarhet, ikke bare laveste kostnad. Et godt eksempel på dette er fokuset Consto Molde har hatt i prosjekteringen på LBHG, hvor de har økt andelen massivtre i bygget og har prosjektert mer gjentakende bruk av plateprodukter på innervegger.

Når det gjelder ferdigstilt prosjektering innen oppstart av planleggingen har det ikke blitt presentert annen informasjon på dette i denne oppgaven enn praksisen til Consto Molde. De beskriver tilstrekkelig tid til prosjektering som viktig, men tid til prosjektering er ofte begrenset. Det ansees derfor som hensiktsmessig, i likhet med Taktplanleggingen, å optimalisere prosessen. Her mener de at tette tidsfrister på mindre arbeidspakker, samt hyppige prosjekteringsmøter vil være positivt. I tillegg må Totalentreprenør være rask til å håndtere avklaringer mot byggherre. Hvis man ser dette opp mot presentert teori på Taktplanlegging, kan disse tiltakene virke hensiktsmessige. Det er rimelig å anta at mindre arbeidspakker vil ha den samme effekten her som i produksjon, nemlig tettere oppfølging og kontroll, noe som trolig vil øke forpliktelsen. Tettere møter knyttet til arbeidspakkene vil også trolig øke samspillet mellom prosjekterende.

For å utelukke aktører som ikke evner å forplikte seg til Taktproduksjon, beskrives det som viktig å rette oppmerksomhet mot dette tidlig i kontraheringen. Kontraktsformen burde også tilpasses bruk av Takt i produksjon. Hvordan kontraktene burde tilpasses har ikke vært fokus for denne oppgaven. Litteratur på området er derfor ikke studert. Consto Molde spesifiserer tidlig involvering i kontrakt, noe som ansees som essensielt, men ser på det som vanskelig å utelukke personer som ikke evner å forplikte seg så tidlig som i kontraheringen.

## 5.4.2 Taktplanlegging

Den åpenbare løsningen på utfordringer med logistikk er å inkludere disse i Taktplanen. Dette trekkes frem av flere kilder (Lehtovaara et al., 2019, 2020; Vatne & Drevland, 2016), men er merkelig nok ikke beskrevet som en del av hverken TTP eller TPTC. Det argumenteres for at logistikk bør rettes oppmerksomhet mot før oppstart av produksjon for å få en god overgang fra planlegging til produksjon. Ved å inkludere logistikk som en del av Taktplanen kan materialleveranser, flytting og bestillinger planlegges og bufres slik at man er sikker på at nødvendig materiell er tilgjengelig når det er behov for det. På denne måten får involverte aktører oversikt samtidig som ansvarlig for bestillinger får mindre jobb med å følge opp dette under produksjon. Dette understøtter et sentralt prinsipp i lean: håndtere utfordringer før de oppstår for å redusere variabilitet og dermed redusere sløsing. Dog trekker Consto Molde frem et viktig poeng når det gjelder informasjon på en Taktplan: Den informasjonen det er behov for må være synlig, resten er bare støy. Det kan dermed diskuteres om logistikk bør være en del av Taktplanen som henger ute på byggeplass eller om det skal utformes en egen plan som er forbeholdt funksjonærer.

Identifikasjon og ivaretagelse av kritiske oppgaver i planleggingen kan gjøres på flere måter. Consto Molde beskriver at de identifiserer kritiske oppgaver ved erfaring. Prosjektlederen sitter da med kunnskap fra tidligere prosjekt som gjør han/hun i stand til å kjenne igjen hvilke oppgaver som er kritiske. Disse oppgavene tilknyttes en ekstra tidsbuffer slik at de ikke forserer plan i produksjon. Hvorvidt kritiske oppgaver identifiseres er dermed avhengig av prosjektlederens erfaring, noe som virker sårbart. Andre prosesser som kan antas å bidra til identifikasjon av kritiske oppgaver er tidlig involvering av UE og First-run-studie. Tidlig involvering av UE gir planleggingen verdifull informasjon om arbeidet hver enkelt UE skal utføre. De sitter etter all sannsynlighet på mer informasjon om spesifikke oppgaver innenfor deres eget fagfelt enn prosjektlederen selv og kan dermed ved felles diskusjon bidra til identifikasjon av kritiske oppgaver. I tillegg praktiseres First-run-studier/prøvebygging både i TTP og av Consto Molde, nettopp for å basere videre planlegging på reelle varigheter og ikke teoretiske. Dette vil bidra til å identifisere kritiske oppgaver med tilhørende reell varighet. Dog gjennomføres ikke first-run-studier på et helt prosjekt. Alle kritiske oppgaver kan dermed ikke fanges opp ved prøvebygging. Det kan dermed antas at kritiske oppgaver bør være et viktig tema på felles planleggingsmøter med UE slik at disse blir ivaretatt og plan ikke forseres.

Workable backlog vil, avhengig av omfang, kunne være en vesentlig del av et prosjekt. Detaljert planlegging av dette arbeidet beskrives derfor som viktig. Bruk av workable Backlog som en arbeidsbuffer beskrives av både TTP og TPTC. Dog noe mer detaljert i TPTC. Begge modeller går nøye gjennom arbeidet som skal gjennomføres og vil dermed trolig fange opp ikke-gjentakende-arbeid som skal gjennomføres. Consto Molde beskriver en bruk av workable backlog som er interessant. De velger å øke tidsbuffer i Taktplanen på prosjekt ettersom de vet at eventuelt overskudd av tid etter ferdigstilt taktet arbeid kan brukes på arbeid utenfor Takt. Dette er kanskje en åpenbar sammenheng som ikke krever videre drøfting, men den ansees som veldig hensiktsmessig på prosjekt med høy risiko. Velger derfor å se litt nærmere på den. Ved å øke tidsbuffer på taktete oppgaver vil risikoen for overskridelse av plan naturligvis bli mindre. Bakdelen er at sannsynligheten for ledig tid i slutten av en Takt blir større. Hvis workable backlog da brukes bevisst i kombinasjon med økt buffer på kritiske og/eller oppgaver med risiko for overskridelse av Takttid vil dette ta opp ledig tid. På den måten kan både risiko ved plan reduseres og ledig tid/venting elimineres. Dette fordrer naturligvis en detaljert koordinering og en overenstemmelse mellom antatt ledig tid og mengde workable backlog. Noe som tar oss tilbake til at workable backlog bør planlegges. Det kan her antas at det ved nøye planlegging kan være store fordeler å hente ved bruk av workable backlog som oppgavebuffer.

### 5.4.3 Utførelse

For å håndtere oppstart av produksjon med opplæring i Takt og tilvenning til et, for mange UE, nytt system anbefales en såkalt «soft start» (Dlouhy et al., 2016; Lehtovaara et al., 2019). Soft start vil si at det legges opp til mindre arbeid i oppstarten av produksjon enn det er estimert at det er mulig å gjennomføre. Consto Molde trekker også frem opplæring i plan og system som spesielt viktig i oppstarten på prosjekt. De benytter morgenmøter til å lære alle systemet. Her kan det også antas at inkludering av utførende aktører i problemløsingen vil ha en positiv effekt for forståelse av systemet. TPTC, LPS og Consto Molde spesifiserer denne inkluderingen som viktig, ikke på grunn av opplæringseffekt, men for å motivere, skape forpliktelse og komme frem til gode løsninger. Ved å ha spesielt fokus på felles problemløsning knyttet til Taktproduksjon i oppstarten er det rimelig å anta at dette også vil ha en stor opplæringseffekt. I tillegg til dette trekkes et informasjonsmøte, med både arbeidere og funksjonærer, frem som et godt tiltak for opplæring før oppstart av produksjon.

Håndtering av utfordringer fremover i tid er hensikten med utviklingsprosessen i LPS. Man kan dermed si at ved strukturerte, regelmessige utviklingsmøter tvinges byggeledelsen til å håndtere disse utfordringene. Hvis man snur på suksessfaktoren og heller ser på hvordan byggeledelsen kan skaffe seg kapasitet til å håndtere utfordringer fremover i tid vil svaret være litt mer komplekst. Det kan argumenteres for at Takt, som system, er designet for å gi nettopp denne kapasiteten. Noe av hensikten med den detaljerte strukturen i en Taktplan er å gi forutsigbarhet og å løse en del utfordringer allerede før produksjonen begynner. Sammenlignet med «tradisjonell» utførelse vil byggeledelsen allerede der ha frigjort kapasitet til å håndtere utfordringer. Dette forutsetter riktignok at utfordringer forutsees allerede i planleggingen. Oversikten en Taktplan gir over hvem som skal gjennomføre hva og hvor har også en positiv effekt på kapasiteten hos byggeledelsen. Consto Molde trekker frem dette som årsaken til at de har klart å håndtere utfordringer og en betydelig mengde ekstraarbeid fra byggherre.

Når det gjelder visuell styring og felles situasjonsforståelse kan det ivaretas delvis på samme måte. Visuell styring ivaretas ved at Taktplanen er tilgjengelig for enhver aktør på byggeplass til enhver tid. For å gjøre den tilgjengelig kan den henges opp på byggeplass, deles på prosjekthotellet e.l. Her bør det også trekkes frem at det ikke er nok å bare henge opp planen. Den må også forstås. Dette leder videre til ivaretagelse av felles situasjonsforståelse. I TPTC ivaretas felles situasjonsforståelse ved daglige møter med bruk av taktkontrolltavle. Denne tavlen består av dokumentasjon av faktisk status og tiltak for å overholde Taktplan. Innholdet på tavlen diskuteres i felleskap og ivaretar dermed situasjonsforståelsen. Tilsvarende i LPS hvor møtene kalles Daily huddles, dog uten tavle. Consto Molde bruker heller ikke Taktkontrolltavle, men formidler status og informasjon på prosjekt i disse møtene. I tillegg benytter de møtene, som tidligere beskrevet, til opplæring i plan. Det er rimelig å anta at denne opplæringen er essensiell for effektiv visuell styring. Hvis ikke planen forstås er det heller ingen vits at den henger der.

Videre vil også morgenmøtene i Consto Molde, Daily huddles i LPS og Taktkontrollmøtene i TPTC bidra til håndtering av barrierer i felleskap. Alle disse gjennomføres hver dag og mye av hensikten med møtene er å løse utfordringer dag til dag.



## 6 Konklusjon

I denne masteroppgaven er Taktproduksjon med metoder, suksessfaktorer og barrierer studert. Dette for å besvare problemstillingen:

### *Hva skal til for å lykkes med Taktproduksjon?*

La oss først ta for oss Taktplanleggingen. Totalt sett kan man si at hvilken metode som er best for å utarbeide en Taktplan er avhengig av forutsetningene til prosjektledelsen, prosjektorganisasjonen generelt og kompleksiteten ved prosjektet. Hvis prosjektorganisasjonen er erfaren og har det grunnlaget og erfaringstallene som kreves for å gjennomføre stegene i TPTC fremstår det som en gjennomarbeidet og presis metode, som etter alt å dømme gir et godt resultat. Et resultat basert på fakta og ikke subjektive meninger. TTP virker hensiktsmessig hvis man i større grad er avhengig av kompetansen til sentrale aktører på prosjekt. Dette kan være grunnet mangel på erfaringstall, kompetanse hos prosjektledelsen eller at prosjektet er komplekst. Praksisen til Consto Molde vil benytte både kompetansen i prosjektorganisasjonen og basere sluttresultatet på beregninger, ikke subjektive meninger.

Når det gjelder produksjonsoppfølging virker strukturen i LPS som hensiktsmessig. Den gir forutsigbarhet og sørger for at oppgaver er klare for utførelse innen de skal utføres. LPS ansees dermed som et velegnet system for oppfølging av Taktet produksjon. I tillegg vil fokuset Consto Molde har på opplæring av alle på prosjekt være fordelaktig. Det sørger for at ikke bare alle ser og finner tilgjengelig informasjon, men også at de forstår den. Taktkontrolltavlen i TPTC virker også hensiktsmessig. Her kan informasjon og status videreformidles på en god måte. Det antas at denne burde være digital for å kunne dra nytte av denne informasjonen senere.

Både blant litteraturen studert i denne oppgaven og i intervju fremkommer mye av de samme barrierene og suksessfaktorene. Dette antyder for det første at litteraturen stemmer overens med praksis, og for det andre at det er et betydelig forbedringspotensial.

Her kommer vi også til det som er mest interessant ved barrierer og suksessfaktorer. Spesielt blant barrierene synes det å være forhold som ikke håndteres direkte av de ulike metodene som går igjen. En oppsummering av de mest sentrale barrierene og suksessfaktorene er vist i Tabell 8.

Et eksempel på dette er logistikk og prosjektering som en del av Taktplan. Dette er på en måte logisk og selvsagt, men allikevel ikke. Mange av barrierene synes derfor å skyldes at fokuset for Taktplanlegging nesten kun er aktivitetsorientert i planleggingen. Det er dermed et mindre fokus på det som kommer i tillegg til aktivitetene. Det er da heller ikke entydig at det som kommer i tillegg til aktivitetene ikke har like stor effekt som en feilberegnet Takt. Planlegging av workable backlog er et annet eksempel. Det er en del av metodene, men ikke planleggingen av det.

Hvordan barrierer kan håndteres og suksessfaktorer ivaretas er selvfølgelig et stort spørsmål, hvor man hadde hatt en perfekt produksjon hvis man har svaret på alt. Det

har vi ikke. Heller ikke etter denne oppgaven, men det kan likevel dras noen generelle linjer. Kanskje det mest vesentlige aspektet for å både håndtere barrierer og ivareta suksessfaktorer er involvering av UE under hele prosjektet. Det er en suksessfaktor i seg selv og deler av løsningen på flere barrierer. På et byggeprosjekt har hele prosjektorganisasjonen enorm mengde kunnskap seg imellom. Denne kunnskapen kan brukes til å løse utfordringer under både planlegging og produksjon. Ligger det til rette for et godt samarbeid kan mye løses.

Hvert byggeprosjekt og hver prosjektorganisasjon er i de aller fleste tilfeller unike og stiller dermed unike krav til utførelse av både planlegging og produksjon. I Taktproduksjon må metode og tilnærming tilpasses forutsetningene ved prosjektet og prosjektorganisasjonen. Blant annet kompleksitet ved prosjekt, kompetansen i prosjektorganisasjonen, tidligere erfaring med Taktproduksjon og ikke minst om aktørene på prosjekt har samarbeidet tidligere vil ha stor innvirkning. Her gjelder det å ha god oversikt over hvilke metoder og verktøy som kan benyttes når og hvordan og ikke minst ha en dynamisk tilnærming til Taktproduksjon. Denne oppgaven har vist at Taktproduksjon ikke er et entydig begrep. Det er flere metoder for både planlegging og produksjonsoppfølging, hvor hver har sine fordeler og ulemper.

<b>Barriere/suksessfaktor</b>	<b>Hvordan håndtere/ivareta</b>
(-) Designløsninger skaper flaskehals i produksjon	Styre prosjektering mot mest mulig gjentakende løsninger. Fokus på bygbarhet. Tidlig involvering av UE
(+) Tidlig involvering av UE	Planleggingsmøter, pull-planlegging
(+) Planlegging av workable backlog	Planlegge dette på lik linje med taktede oppgaver
(-) Forsinket fremdrift i oppstart	Gi aktører tid til å sette seg inn i nytt system, samt opplæring i plan og system
(-) Utfordringer ved logistikk og prosjektering/prosjekterte løsninger i produksjon	Inkludere logistikk og prosjektering/kontroll av prosjekterte løsninger i Taktplan
(-) Kritiske oppgaver forsinket fremdrift	Tidlig involvering av UE, First-run-studie
(+) Kapasitet til å håndtere utfordringer fremover i tid	Utkikksmøter, løse problemer i fellesskap før de inntreffer
(-): <i>Barriere</i> (+): <i>Suksessfaktor</i>	

Tabell 8: Mest sentrale barrierer og suksessfaktorer

# Referanseliste

- Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 679–695. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*.
- Ballard, G., & Tommelein, I. (2016). *Current Process Benchmark for the Last Planner System*. 42.
- Binninger, M., Dlouhy, J., & Haghsheno, S. (2017). *Technical Takt Planning and Takt Control in construction*. 605–612. Scopus. <https://doi.org/10.24928/2017/0297>
- Binninger, M., Dlouhy, J., Müller, M., Schattmann, M., & Haghsheno, S. (2018). *Short takt time in construction—A practical study*. 2, 1133–1143. Scopus. <https://doi.org/10.24928/2018/0472>
- Brottveit, G. (2018). *Vitenskapsteori og kvalitative forskningsmetoder*. Gyldendal Akademisk.
- Dalland, O. (2007). *Metode og oppgaveskriving for studenter* (4. utgave). Gyldendahl Akademisk.
- Dlouhy, J., Binninger, M., & Haghsheno, S. (2019). *Buffer management in takt planning—An overview of buffers in takt systems*. 429–439. Scopus. <https://doi.org/10.24928/2019/0226>
- Dlouhy, J., Binninger, M., Oprach, S., & Haghsheno, S. (2016). *Three-level method of takt planning and takt control—A new approach for designing production systems in construction*. 13–22. Scopus.
- Dlouhy, J., Binninger, M., Oprach, S., & Haghsheno, S. (2018). *Mastering complexity in takt planning and takt control—Using the three level model to increase efficiency and performance in construction projects*. 2, 1365–1374. Scopus. <https://doi.org/10.24928/2018/0476>
- Drevland, F. (2016). *Koskelas 11 prinsipp*. <http://frodedrevland.no/2016/03/17/koskelas-11-prinsipp/>

- Drevland, F. O. (2019). *Optimising Construction Projects as Value Delivery Systems—Expanding the theoretical foundation*. NTNU. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2643717>
- Frandsen, A. (2019). *Takt Time Planning as a Work Structuring Method to Improve Construction Work Flow* [Ph.D., University of California, Berkeley]. I *ProQuest Dissertations and Theses*.  
<https://www.proquest.com/docview/2315587593/abstract/811F710236324334PQ/1>
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2013). *Takt time planning for construction of exterior cladding*. 464–473. Scopus.
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2014). *Takt-time planning and the Last Planner*. 571–580. Scopus.
- Frandsen, A., Seppänen, O., & Tommelein, I. D. (2015). *Comparison between location based management and takt time planning*. 2015-January, 3–12. Scopus.
- Frandsen, A., & Tommelein, I. D. (2014). *Development of a takt-time plan: A case study*. 1646–1655. Scopus. <https://doi.org/10.1061/9780784413517.0168>
- Frandsen, A., & Tommelein, I. D. (2016). *Takt time planning of interiors on a pre-cast hospital project*. 143–152. Scopus.
- González, V., Alarcón, L. F., Maturana, S., Mundaca, F., & Bustamante, J. (2010). Improving planning reliability and project performance using the reliable commitment model. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(10), 1129–1139. Scopus. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000215](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000215)
- Haghsheno, S., Binninger, M., Dlouhy, J., & Sterlike, S. (2016). *History and theoretical foundations of takt planning and Takt control*. 53–62. Scopus.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To Pull or Not to Pull: What Is the Question? *Manufacturing & Service Operations Management*, 6(2), 133–148.  
<https://doi.org/10.1287/msom.1030.0028>

- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory Physics: Third Edition* (Third edition). Waveland Press.
- Howell, G. (2002). *A Guide to the Last Planner for Construction Foremen and Supervisors*.  
<https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/wpapers/tools/LastPlannerguide.pdf>
- Howell, G. A. (1999). *What Is Lean Construction—1999*. 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://iglc.net/Papers/Details/74>
- IGLC. (2015). *The International Group for Lean Construction*.  
<https://iglc.net/Home/About>
- Josephson, P.-E., & Björkman, L. (2011). *31 recommendations for increased profit—Reducing waste*. The Centre for Management of the Built Environment.
- Keskiniva, K., Saari, A., & Junnonen, J.-M. (2020). Takt planning in apartment building renovation projects. *Buildings*, 10(12), 1–17. Scopus.  
<https://doi.org/10.3390/buildings10120226>
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland.  
<https://aaltodoc.aalto.fi:443/handle/123456789/2150>
- Koskela, L., Howell, G., Ballard, G., & Tommelein, I. (2002). The foundations of lean construction. I *Design and Construction: Building in value* (s. 211–226). Routledge.
- Lean Enterprise Institute. (2000). The Five Steps of Lean Implementation. *The Five Steps of Lean Implementation*. <https://www.lean.org/the-lean-post/articles/the-five-steps-of-lean-implementation/>
- Lehtovaara, J., Heinonen, A., Lavikka, R., Ronkainen, M., Kujansuu, P., Ruohomäki, A., Örmä, M., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2020). *Takt maturity model: From individual successes towards systemic change in Finland*. 433–444. Scopus.  
<https://doi.org/10.24928/2020/0017>

- Lehtovaara, J., Mustonen, I., Peuronen, P., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2019). *Implementing takt planning and takt control into residential construction*. 417–428. Scopus. <https://doi.org/10.24928/2019/0118>
- Lehtovaara, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Kujansuu, P., & Grönvall, M. (2021). How takt production contributes to construction production flow: A theoretical model. *Construction Management and Economics*, 39(1), 73–95. <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1824295>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill Professional.
- Modig, N., & Ahlström, P. (2013). *This is Lean Resolving the efficiency paradox*. Pheologica Publishing.
- Moore, R. (2007). *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools: What Tool? When?* Elsevier.
- NTNU. (u.å.). *Finne kilder*. Hentet 4. oktober 2021, fra <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Finne+kilder>
- Paez, O., Salem, S., Solomon, J., & Genaidy, A. (2005). Moving from lean manufacturing to lean construction: Toward a common sociotechnological framework. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 15(2), 233–245. <https://doi.org/10.1002/hfm.20023>
- Poshdar, M., González, V. A., & Belayutham, S. (2015). *An inclusive probabilistic buffer allocation method*. 183–192. Scopus.
- Sakamoto, M., Horman, M. J., & Thomas, H. R. (2002). *A Study of the Relationship Between Buffers and Performance in Construction*. 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://iglc.net/Papers/Details/206>
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Minkarah, I. (2006). Lean construction: From theory to implementation. *Journal of Management in Engineering*, 22(4), 168–175. Scopus. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2006\)22:4\(168\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2006)22:4(168))

- Seppänen, O., Ballard, G., & Pesonen, S. (2010). The combination of last planner system and location-based management system. *Lean Construction Journal*, 2010, 43–54. Scopus.
- Thagaard, T. (2013). *Systematikk og innlevelse—En innføring i kvalitative metoder* (4. utgave). Fagbokforlaget.
- Tjora, A. (2017). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (3. utgave). Gyldendal Akademisk.
- Tommelein, I. D. (2017). *Collaborative takt time planning of non-repetitive work*. 745–752. Scopus. <https://doi.org/10.24928/2017/0271>
- Tommelein, I. D., Riley, D. R., & Howell, G. A. (1999). Parade Game: Impact of work flow variability on trade performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(5), 304–310. Scopus. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1999\)125:5\(304\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1999)125:5(304))
- Vatne, M. E., & Drevland, F. (2016). *Practical benefits of using Takt time planning: A case study*. 173–182. Scopus.
- Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/2601248.2601268>
- Womack, J. (2004). A Lean Walk Through History. *Lean Enterprise Institute*. <https://www.lean.org/the-lean-post/articles/a-lean-walk-through-history/>
- Womack, J., & Jones, D. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. I *Journal of the Operational Research Society* (Second edition, Bd. 48). Simon & Schuster, Inc. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. Free Press.
- Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93–112. <https://doi.org/10.1177/0739456X17723971>





# Vedlegg

A: Intervjuguide

# Vedlegg A: Intervjuguide

## Bakgrunnsinformasjon

### Om intervjuobjekt

1. Navn, bedrift og stilling?
2. Prosjekt?
3. Rolle på prosjekt?
4. Rolle i planleggingsprosessen?
5. Fremdriftsansvar?
6. Har du tidligere deltatt på prosjekt hvor Takt er benyttet?

### Om prosjektet

7. Type prosjekt?
8. Planlagt byggetid?
9. Omtrentlig kontraktsverdi?
10. Antall UE i daglig drift?
11. Status på prosjektet i dag?

### Om organisasjon og Takt

12. Hvilke erfaringer har dere med bruk av Takt i din organisasjon?
  - I hvilken grad benyttes Takt i din organisasjon?
  - I hvilken grad benyttes Takt i din avdeling?
  - Er det evt. store variasjoner i bruken av Takt internt i avdelingen eller bedriften som helhet?

## Taktproduksjon på aktuelt prosjekt

### Prosjektering

13. Er det gjort noen spesielle tiltak i prosjekteringen for å tilpasse utførelsen til Takt?
  - Byggbare designløsninger?
  - Tidsnok ferdigstillelse prosjektering?
14. Hva anser du som suksessfaktorer for prosjekteringen på et prosjekt som skal taktes?
15. Hva anser du som barrierer ved prosjekteringen på et prosjekt som skal taktes?
16. Ser du noe forbedringspotensiale i prosjekteringen?

### Kontrahering

17. Hvilke tiltak har dere gjort i kontraheringen for å sørge for at UE er forberedt på Taktet produksjon?
18. R11: Integreres bruk av Takt i kontrakt?
  - F.eks ved å kontraksfeste tidlig involvering av aktører?
  - Fordeling av risiko og belønning mellom aktører i kontrakt?
19. Hva anser du som suksessfaktorer for kontrahering på et prosjekt som skal taktes?
20. Hva anser du som utfordringer ved kontraheringen på et prosjekt som skal taktes?
21. Ser du noe forbedringspotensiale i kontraheringsprosessen?

## Informasjonsinnhenting

22. Hvordan gjennomfører du informasjonsinnhenting før Taktplanleggingen begynner?
- Informasjon om prosjekt, fag og arbeidsoppgaver?
  - Informasjon om fag og arbeidsoppgaver fra UE?
23. Hvilken informasjon er det viktig å innhente før oppstart av Taktplanleggingen?
- Verdi for kunden?

## Planlegging

24. Hvordan utføres selve Taktplanleggingen?
- Hvordan bestemmes milepæler?
  - Hvordan defineres Taktsoner?
  - Hvordan prioriteres Taktsoner?
  - Hvordan bestemmes varigheten pr fag?
  - Hvordan bestemmes Takttiden?
  - Hvordan løses konflikter mellom aktører i planleggingen?
  - I hvilken grad involveres UE i utarbeidelsen av plan og hvordan?
    - Evt. På hvilket stadium involveres de?
  - Gjennomføres deler av arbeidet utenfor Takt og hvordan inkluderes dette i plan?
  - Hvordan planlegges det for usikkerhet?
    - Tidsbuffer? Kapasitetsbuffer? Oppgavebuffer?
25. Hva anser du som suksessfaktorer for Taktplanleggingen?
26. Hvilke barrierer er sentrale i Taktplanleggingen?
27. Hva kan forbedres ved Taktplanleggingen slik den gjøres i dag?
28. R1: I hvilken grad vil du si at produksjonsplanen, slik den er utført, oppfyller byggherre sitt behov innenfor prosjektets begrensninger?
29. R2: I hvilken grad er Taktområder, Takttid og vogner entydig fastsatt?
- Er sekvensen på arbeid optimal?
  - Minimalt work in progress?
  - Optimal størrelse og sekvens på Taktområder?
  - Vet alle hvor, hva og når de skal gjøre til enhver tid?
  - Har dere fast oppfølging av produksjon?
30. R5: I hvilken grad er logistikk integrert i den taktete produksjonsplanen?
- Material, lagring av material osv
  - Bufres dette?
31. R6: I hvilken grad er prosjekteringen integrert i den taktete produksjonsplanen?
- Overleveres og kontrolleres prosjekteringen før produksjon?
  - Sjekkes bygbarhet av løsninger før de skal utføres?

## Utførelse

32. R4: Hvordan gjennomføres opplæring og involvering av prosjektdeltakere?
- Spesielt de som deltar på prosjekt: Arbeidere og formenn?
33. Hvordan gikk oppstarten av prosjektet mtp. fremdrift og forpliktelse til plan?
- Overholdt UE de krav som ble stil i planen?
  - Noe som kunne vært gjort annerledes?
34. Hvordan gjennomføres oppfølging av fremdrift?
- Følger dere et fast system eller metode?
  - Når og hvordan?
  - Hva er målet?
  - Hvordan overleveres områder?
  - Noe som kunne vært gjort annerledes?

35. R3: Hvordan sikres effektiv visuell styring?
- Er planen synlig og lesbar for enhver aktør til enhver tid?
36. R7: Hvordan sørger dere for at aktører har en felles situasjonsforståelse under produksjon?
- Blir oppdatert informasjon angående produksjonsstatus delt blant aktører?
37. R8: Hvordan håndteres barrierer/utfordringer?
- Blir hindringer løst i felleskap minst hver Takt?
38. R9: Hvordan gjennomføres kvalitetskontroll?
- Er kvalitetskontroll systematisk og taktet?
  - Kontrollert gjennom systematisk overlevering mellom vogner?
39. R13: Hvordan holdes det oversikt over logistikk- og materialflyt?
- Skilles material fra det verdiskapende arbeidet for å holde oversikt over materialforbruk og eliminere sløsing?

### **Erfaringer/kontinuerlig forbedring**

40. Hvilke erfaringer har du med Taktplanlegging på prosjektet så langt? Både positive og negative
- Har Takten blitt overholdt?
  - Hvordan har Takt påvirket byggetiden?
  - Hvordan har Takt påvirket kvalitet?
  - Hvordan har Takt påvirket produksjonsoppfølgingen?
  - Hvordan har Takt påvirket oversikt?
  - Hvordan har Takt påvirket ledelsen av prosjektet?
  - Hvilke tilbakemeldinger har dere fått fra UE?
  - Hvordan går dette prosjektet sammenlignet med tidligere prosjekt?
    - Har dere noen nøkkelfaktorer/tall som kan sammenlignes?
41. R10: Hvordan utvikler dere gode team?
- Brukes det konsistente team for å tilføre teamet kunnskapen hver enkelt sitter på slik at denne kunnskapen kan videreføres til senere prosjekt?
42. R12: Hvordan eliminerer dere sløsing på prosjekt?
- Elimineres sløsing systematisk over prosjekter?
  - Benyttes standardiserte metoder for rotårsaksanalyse?
  - Lagres resultatet av disse for videre læring av feil til senere prosjekt?
43. R14: I hvilken grad henter og lagrer dere erfaringer og tall fra produksjon slik at dere kan benytte dette i planlegging på senere prosjekt?
- Lagres nøkkeltall fra prestasjon i utførelse på prosjekt slik at disse kan benyttes for å utforme Taktplan på neste prosjekt?
44. R15: I hvilken grad bruker dere nøkkeltall (Key Performance Indicators) for å følge med på og forbedre produksjon basert på fakta og ikke meninger?
- PPC, TMR, TA?
  - Antall defekter?

### **Generelt**

45. Hva anser du som de viktigste suksessfaktorene ved bruk av Takt på prosjekt?
46. Hva anser du som de viktigste barrierene på prosjekt ved bruk av Takt?
47. Noe som ikke er nevnt som du skulle ønske dere gjorde annerledes?
48. Er det noe du har lyst til å tilføye?

