

Malin Furuli Munkvold

Bruk av dagstakt i Gjøa boligprosjekt - En casestudie

Masteroppgave i Bygg og miljøteknikk (5-årig)

Veileder: Frode Drevland

Januar 2024

Malin Furuli Munkvold

Bruk av dagstakt i Gjøa boligprosjekt - En casestudie

Masteroppgave i Bygg og miljøteknikk (5-årig)
Veileder: Frode Drevland
Januar 2024

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



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på mitt femårige studieforløp innen Bygg og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim. Oppgaven ble utarbeidet høsten 2023.

Det var under min sommerjobb i Consto Nord i 2023 jeg ble motivert til å fordype meg i temaet dagstakt. Inspirasjonen oppsto under en samtale med prosjektleder, som foreslo å sammenligne dagstakt og ukestakt. Jeg vil gjerne takke Consto Nord for denne muligheten. En stor takk rettes også til informantene som deltok i intervjuene, og deres bidrag til oppgavens tematikk.

Jeg vil gjerne takke min veileder, Frode Drevland, som har vært en god faglig støtte gjennom arbeidet med oppgaven.

Til slutt ønsker jeg å takke venner og familie for å ha lest igjennom oppgaven og kommet med tilbakemeldinger.

Tusen takk!

Trondheim, januar 2024



Malin Furuli Munkvold

Sammendrag

Denne oppgaven ser på taktplanlegging i et boligprosjekt. Taktplanlegging er en metode for planlegging og gjennomføring av prosjekter hvor i hovedsak formålet er å øke produktivitet og håndtere variasjon. Den vanligste takttiden i byggeprosjekter er ukestakt. I denne oppgaven ser på hva som skjer når man reduserer takttiden til dagstakt.

Datamaterialer er fra Gjøa boligprosjekt byggetrinn 1, der Consto var hovedentreprenør. Oppgavens problemstilling er formulert slik:

Hva skjer i gjennomføringen av et boligbyggeprosjekt når man innfører dagstakt og hvilke konkrete erfaringer kan trekkes for å forbedre fremtidige prosjekter?

For å besvare problemstillingen ble det gjennomført en systematisk litteraturstudie og en casestudie. Den systematiske litteraturstudien identifiserte relevant litteratur om implementeringen av kortere takttid. 12 artikler ble inkludert i studien. Casestudien ga innsikt i hvordan taktplanlegging og dagstakt ble gjennomført på Gjøa. Data ble samlet inn gjennom intervju, deltakende observasjon og en begrenset dokumentundersøkelse.

Funnene fra den systematiske litteraturstudien avdekket syv områder som relevante for prosjekter med kortere takttid: Modenhet, planlegging og opplæring, produksjonsoppfølging, visuell styring, prøvemodell (eng: mockup), logistikkhåndtering og samarbeid.

Resultater fra casestudien samsvarer med flere av disse funnene. Overgangen til dagstakt krevde blant annet hyppigere materialhåndtering, økt oppfølgingsansvar for BAS, redusert fleksibilitet og økt krav til disiplin i gjennomføring av arbeidet. Studien identifiserte også utfordringer som mangelfull planlegging, upålitelig kommunikasjon, tekniske problemer med digitale verktøy og plassutfordringer.

Følgende lærdommer er utledet for framtidige prosjekter. (i) Det er viktig med tilstrekkelig detaljplanlegging for sikre gjennomførbarheten. Bruk av metoder som fysiske prøvemodeller (mock-up) og utkikkplanlegging er eksempler på tilnærminger som kan bidra til en bedre plan med færre hindringer. (ii) Involvering av underentreprenører i beslutningsprosesser kan styrke eierskap og motivasjon, og sikre etterlevelse av planen. (iii) Modenhetsvurderinger anbefales for å vurdere og forbedre underentreprenørers tilpasningsevne og prestasjon, spesielt ved kortere takttider. (iv) Logistikk-løsninger må samsvare og utarbeides parallelt med taktplanen. Dette inkluderer at kontekstspesifikke forhold som plassbruk og materialflyt hensyntas. (v) Økt støtte til ledelsesoppfølging ved bruk av digitale løsninger og visualiseringsteknikker forbedrer kommunikasjon og arbeidsflyt, særlig ved overgang til dagstakt.

Selv om casestudien tilbyr verdifull innsikt, er dens anvendelse og generaliserbarheten begrenset av kontekstuelle faktorer, subjektive datakilder, markedstilstand og en mangel på bredere forskning på temaet.

Fremtidig forskning på kortere takttid bør inkludere flere casestudier og følge prosjekter over lengre tid for å bedre forstå langtidseffektene og øke generaliserbarheten. Videre anbefales økt forskning på sammenhengen mellom modenhet og taktplanlegging.

Abstract

This is a case study of takt planning in a residential construction project. Takt planning is a method for planning and executing projects where the main purpose is to increase productivity and handle variation. The most common takt-time in construction projects is weekly takt. This study looks at what happens when you reduce the takt-time to daily takt.

Data materials were collected through experience from the Gjøa construction project interior 1, where Consto was the main contractor. The research question for this study is formulated as follows:

What happens in the execution of a residential construction project when daily takt is introduced, and what specific experiences can be drawn to improve future projects?

To answer the research question, a systematic literature review and a case study were conducted. The systematic literature review identified relevant literature on the implementation of shorter takt times. Twelve articles were included in the study. The case study provided insight into how takt planning and daily takt were implemented in Gjøa. Data were collected through interviews, participant observation, and a limited document review.

The findings from the systematic literature review uncovered seven areas relevant to projects with shorter takt times: maturity, planning and training, production follow-up, visual management, mock-up, logistics handling, and collaboration.

Results from the case study align with several of these findings. The transition to daily takt required, among other things, more frequent material handling, increased follow-up responsibility for supervisors (BAS), reduced flexibility, and increased demand for discipline in the execution of work. The study also identified challenges such as inadequate planning, unreliable communication, technical problems with digital tools, and space constraints.

The following lessons have been derived for future projects: (i) Sufficient detailed planning is important to ensure feasibility. The use of methods such as physical mock-ups and lookahead planning are examples of approaches that can contribute to a better plan with fewer obstacles. (ii) Involvement of subcontractors in decision-making processes can strengthen ownership and motivation and ensure compliance with the plan. (iii) Maturity assessments are recommended to assess and improve subcontractors' adaptability and performance, especially with shorter takt times. (iv) Logistic solutions must align and be developed in parallel with the takt plan. This includes considering context-specific factors such as space utilization and material flow. (v) Increased support for management follow-up using digital solutions and visualization techniques improves communication and workflow, especially when transitioning to daily takt.

Although the case study offers valuable insights, its application and generalizability are limited by contextual factors, subjective data sources, market conditions, and a lack of broader research on the topic. Future research on shorter takt times should include more case studies and follow projects over a longer period to better understand long-term effects and increase generalizability. Furthermore, increased research on the relationship between maturity and takt planning is recommended.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	iii
Abstract	v
Innholdsfortegnelse	vii
Bilder	ix
Figurer	ix
Tabeller.....	ix
1. Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling.....	2
1.3 Avgrensning.....	2
1.4 Oppgavestruktur	3
2. Metode	4
2.1 Forskningsstrategi	4
2.2 Systematisk litteraturstudie	4
2.3 Casestudie	6
2.3.1 Intervjuer.....	6
2.3.2 Deltakende observasjoner	9
2.3.3 Datamaterialer og dokumenter	10
2.4 Feilkilder	10
2.5 Vurdering av metoden	11
3. Teori.....	12
3.1 Modenhet og modenhetsmodeller.....	12
3.2 Valg av underentreprenør - prekvalifisering og kontrahering.....	13
3.3 Produksjonsteori	13
3.3.1 Produksjonssystem	13
3.3.2 Arbeidsflyt, variabilitet og buffere	13
3.3.3 Toyota Production System & Lean Construction	14
3.4 Last Planner System og plannivåene.....	14
3.5 Takt og stedsbasert styring	15
3.6 Taktplanlegging - enkelt forklart	16
3.6.1 Fagparaden og flaskehalsfaget.....	18
3.7 Taktplanlegging	18
3.7.1 Takt time planning (TTP)	19
3.8 Produksjonsoppfølging.....	20

3.8.1 Takt Planning and Takt Control (TPTC)	20
3.8.2 Buffere	20
3.8.3 Justering av planen.....	21
3.9 Mindre arbeidssoner og kortere takttid	21
4. Resultater fra systematisk litteraturstudie	23
4.1 Hvordan påvirker en kortere takttid et prosjekt?	23
4.1.1 Modenhet (Erfaring).....	24
4.1.2 Planlegging og opplæring	25
4.1.3 Produksjonsoppfølging.....	26
4.1.4 Visuell styring	27
4.1.5 Prøvemodell (eng: mockup).....	28
4.1.6 Logistikkhåndtering	28
4.1.7 Samarbeid	29
4.2 Oppsummering av resultater fra systematisk litteraturstudie	30
5. Resultat.....	32
5.1 casestudie.....	32
5.2 Hvordan ble taktplanen planlagt og gjennomført? (FS1)	35
5.2.1 Vurdering av underentreprenør.....	35
5.2.2 Planlegging	35
5.2.3 Gjennomføring	38
5.2.4 Logistikk og lagring	42
5.3 Hva endres i gjennomføringen når man går fra ukestakt til dagstakt? (FS2)	43
5.4 Hvilke utfordringer oppsto under gjennomføringen av dagstakt? (FS3)	46
5.5 Hvilke lærdommer kan utledes med tanke på forbedring i fremtidige prosjekter? (FS4).....	51
6. Diskusjon	53
6.1 Hvordan ble taktplanen for dagstakt planlagt og gjennomført? (FS1)	53
6.2 Hva endres i gjennomføringen når man går fra ukestakt til dagstakt? (FS2)	54
6.3 Hvilke utfordringer oppsto under gjennomføringen av dagstakt? (FS3)	55
6.4 Hvilke lærdommer kan utledes med tanke på forbedring i fremtidige prosjekter? (FS4).....	57
6.5 Begrensninger	60
7. Konklusjon	61
8. Referanser	62
9. Vedlegg.....	66

Bilder

Bilde 1: Illustrasjonsbilde av Gjøa. Brukes etter tillatelse av Vervet. Illustrasjon av LPO.....	32
Bilde 2: Veggtavlen som ble brukt til taktplanlegging på Gjøa. IBC-ansvarlig sin PowerPoint.....	37
Bilde 3: Daily huddle rommet på Gjøa.	39
Bilde 4: Skjerm bilde av taktplanen i StreamBIM.	40
Bilde 5: Adkomstvei (mørk blå) til byggeplassen, samt byggeaktivitet på nabotomt (oransje). Brukes etter tillatelse av Vervet. Dronebilde tatt av Vegard Stien.....	43

Figurer

Figur 1: Flytskjema for utvelgelsesprosessen.	5
Figur 2: Excel-arket hvor dataen ble strukturert og analysert.	6
Figur 3: Systematiseringen av innsamlet data fra intervjuene.	9
Figur 4: LPS (uthevet) implementert i en tradisjonell prosjekttilnærming (Ballard, 2000).	15
Figur 5: Et rom tilsvarer en arbeidssone.	17
Figur 6: Et tog med flere vogner. Hver vogn representerer et fag. Fra venstre maler, tømrer, ventilasjon, brannsikrer, tømrer, EL og rør.	17
Figur 7: Toget flytter seg til neste sone etter en dag.	18
Figur 8: Bufferer som benyttes ved taktplanlegging, med tilhørende ressurser, beskrivelse og eksempler.	20
Figur 9: Taktplanen vil komprimeres når en arbeidssone deles opp i flere soner.....	22
Figur 10: De markerte områdene (oransje, grønn og blå) viser hvor dagstakt ble gjennomført.	33
Figur 11: Soneinndelingen i 4.etasje i byggetrinn 1.	34
Figur 12: Prosjektorganisasjonen.	34

Tabeller

Tabell 1: Søk i Scopus og IGLC.	5
Tabell 2: Utvalget som ble intervjuet.....	8
Tabell 3: De inkluderte studiene, publiseringsår, antall caseprosjekter, takttid og prosjekttype.....	24
Tabell 4: Antall standarsleiligheter per blokk.	33
Tabell 5: Status på vognene i StreamBIM med tilhørende beskrivelse.	41

1. Introduksjon

I dette kapitlet introduseres temaet dagstakt i byggeprosjekter, med fokus på Gjøa boligprosjekt. Kapitlet er strukturert i tre deler: først tar jeg for meg temaets relevans i byggebransjen, deretter konkretiseres problemstillingen og forskningsspørsmålene, og til slutt gjøres en avgrensning som forklarer studiens fokus og metodiske tilnærminger.

1.1 Bakgrunn

I de siste tiårene har byggebransjen gjennomgått en utvikling med økt fokus på effektivitet. Implementeringen av Lean-prinsipper og taktplanlegging er eksempler på metoder som har som formål å redusere feil, forbedre tidsstyring og øke kvaliteten i prosjekter. Slike metoder har blitt anerkjent som avgjørende for å modernisere byggeprosessen og oppnå bedre resultater (Haghsheno et al., 2016; Kujansuu et al., 2020; Lohne et al., 2022).

Taktplanlegging er en metode for planlegging og gjennomføring av prosjekter (Linnik et al., 2013) som er sterkt påvirket av Lean og Toyota Production System (TPS). Sentrale prinsipper i Lean og TPS er kontinuerlig forbedring, eliminering av sløsing og optimal arbeidsflyt (Power et al., 2023). Takttid er sentral del av Just In Time prinsippet i TPS, som fokuserer på å produsere produktet til rett tid (Linnik et al., 2013). Takttid, sammen med Location-Based-Management (LBM) som fokuserer på organisering av arbeidet basert på fysiske steder, har spilt en viktig rolle i introduksjon og implementering av taktplanlegging i byggebransjen (Kenley & Seppänen, 2010).

Taktplanlegging illustreres ofte ved bruk av en tog-metafor (Haghsheno et al., 2016). Et tog er sammensatt av flere vogner, hvor hver vogn representerer et fags sitt arbeid (for eksempel elektrisk, VVS, snekker). I et byggeprosjekt blir bygget delt inn i arbeidssoner med lik mengde arbeid for hver sone. Toget beveger seg gjennom bygget og stopper i hver sone, i en bestemt takt. Den vanligste takttiden i byggeprosjekter er ukestakt (Binninger et al., 2018). Dette betyr at toget blir ved hver sone i en hel uke før det fortsetter til neste sone. Denne syklusen gjentas til alle vognene har vært innom alle sonene.

Taktplanlegging har vist seg spesielt gunstig i boligbyggeprosjekter fordi det sikrer jevn og forutsigbar fremdrift (Haghsheno et al., 2016). Hver etasje eller hver boenhet har lik planløsning, og taktplanleggingen gjør det mulig for hvert fag å fullføre sitt arbeid i en etasje eller boenhet før «toget» beveger seg videre til den neste etasjen eller boenheten. Dette kan bidra til å redusere ventetid og ressurskonflikter, som ofte er utfordringer i tradisjonelle byggeprosjekter, fordi arbeidsflyten koordineres slik at hvert fag kontinuerlig kan arbeide uten å måtte vente på at andre fag fullfører sine oppgaver.

Det er mulig å redusere gjennomføringstiden av taktplanen ved å redusere størrelsen på arbeidssonene (Binninger et al., 2018; Jabbari et al., 2020). Når sonene blir mindre, reduseres også mengden arbeid som må utføres i hver sone, noe som gir mulighet for å redusere takttiden. Potensielt kan dette bidra til å redusere produksjonstiden og kostandene i et prosjekt (Binninger et al., 2018; Jabbari et al., 2020). Samtidig vil dette sette andre krav og påvirke den praktiske gjennomføringen av prosjektet. For eksempel vil det endre logistikk, koordinering og kreve hyppigere overlevering av arbeidssoner.

Det er begrenset med studier som faktisk har sett på konsekvensene av å redusere takttiden i praksis. Noen mindre prosjekter med begrenset omfang har gjennomført slike tester (Apgar et al., 2022; Binninger et al., 2018), samt noen større byggeprosjekter (Apgar & Smith, 2023; Keskiniva et al., 2021; Riekkilä et al., 2023). Likevel er litteraturen på dette området relativt begrenset og det er

behov for ytterligere forskning for mer kunnskap om hvordan kortere takttid påvirker den praktiske gjennomføringen av prosjekter.

I denne masteroppgaven ser jeg nærmere på Gjøa boligprosjekt med Consto som hovedentreprenør. Prosjektet er det andre prosjektet hos Consto som tar i bruk dagstakt, men det første som benytter dagstakt fra byggestart. Studien er gjennomført som casestudie med hovedvekt på intervjuer for å samle erfaringer.

1.2 Problemstilling

Formålet med masteroppgaven er å samle erfaring fra et boligprosjekt som har benyttet dagstakt. Dagstakt ble valgt til fordel for ukestakt fordi det har potensialet til å redusere tid og kostnader i prosjekter. Konkret ser jeg på hva som skjer i prosjektgjennomføringen når en hovedentreprenør, som tradisjonelt har praktisert ukestakt, innfører dagstakt.

Opgavens problemstilling er formulert slik:

Hva skjer i gjennomføringen av et boligbyggeprosjekt når man innfører dagstakt og hvilke konkrete erfaringer kan trekkes for å forbedre fremtidige prosjekter?

For å svare på problemstillingen er det gjennomført en casestudie. Hensikten var å skaffe tilstrekkelig datagrunnlag for å kunne analysere og vurdere prosessene ved bruk av dagstakt i et boligprosjekt. Problemstillingen er detaljert ut i følgende forskningsspørsmål:

FS1: Hvordan ble taktplanen for dagstakt planlagt og gjennomført?

FS2: Hva endres i gjennomføringen når man går fra ukestakt til dagstakt?

FS3: Hvilke utfordringer oppsto under gjennomføringen av dagstakt?

FS4: Hvilke lærdommer kan utledes med tanke på forbedring i fremtidige prosjekter?

1.3 Avgrensning

Opgaven konsentrerer seg om Gjøa boligprosjekt, spesielt rettet mot byggetrinn 1. Dette valget ble gjort fordi det var den perioden jeg hadde mulighet til å gjennomføre observasjoner. Denne avgrensningen ble nødvendig gitt den begrensede tiden jeg hadde til disposisjon for å fullføre oppgaven.

For å samle inn data til casestudien ble det gjennomført deltakende observasjon og intervjuer. Observasjonene ble gjennomført i perioden juni til slutten av august. Det er viktig å merke seg at denne perioden utgjør bare en del av den samlede erfaringstiden til informantene. Informantenes faktiske erfaring strekker seg over en lengre periode fra planleggingsstart i januar 2023, byggestart i april samme år og fram til intervjuene ble gjennomført i september og oktober 2023.

Studien har forsøkt å fokusere på de spesifikke områder som er relevante for problemstillingen, imidlertid har hensynet til konfidensialitet gitt noe begrenset innsyn. Områder og tema som derfor utgjør avgrensinger i denne studien inkluderer:

- Utforming og innholdet i kontraktene mellom involverte parter.
- Undersøkelse av bøter og deres bruk i prosjektet.
- Vurdering av betalingsmodeller eller kompensasjonsmodeller for underentreprenører.
- Innsikt i hvordan varselsordninger ved forsinkelser praktiseres i prosjektet.

1.4 Oppgavestruktur

Kapittel 1 - Introduksjon

I introduksjonen presenteres oppgavens tema, bakgrunnen, problemstillingen og de fire forskningsspørsmålene. Her redegjøres det også for oppgavens avgrensninger og struktur.

Kapittel 2 - Metode

Metodekapittelet presenterer den valgte forskningsstrategien og de anvendte metodene, som var systematisk litteraturstudie og en casestudie. Hensikten er å gi en inngående forståelse av både datainnsamlingen og analysen, samt sikre etterprøvbarehet.

Kapittel 3 - Teori

Det teoretiske grunnlaget for oppgaven presenteres. Det vil si, relevant bakgrunnsteori beskrives og sentrale begreper for oppgavens problemstilling avklares.

Kapittel 4 - Resultat

Resultatkapittelet innledes med en beskrivelse av Gjøa-prosjektet. Deretter presenteres det innsamlede datamaterialet. Presentasjonen er strukturert i henhold til oppgavens fire forskningsspørsmål.

Kapittel 5 - Diskusjon

I diskusjonsdelen går jeg dypere inn i funnene fra studien. Her sammenlignes resultatet med det teoretiske utgangspunktet og da strukturert etter oppgavens fire forskningsspørsmål. Fokuset i dette kapitelet er å belyse sentrale funn, samt diskutere sammenhenger og avvik mellom teori og funnene.

Kapittel 6 - Konklusjon

Konklusjonen oppsummerer oppgavens hovedfunn og gir en besvarelse på problemstillingen og forskningsspørsmålene. Avslutningsvis gis anbefalinger for videre forskning og praksis.

Referanselisten - Gir en fullstendig oversikt over den anvendte litteraturen i oppgaven.

Vedlegg - intervjuguide

2. Metode

I dette kapittelet beskrives oppgavens forskningsmetode. Hensikten er å gi leseren en forståelse av hvordan studien ble gjennomført og muligheten for å etterprøve den. Først presenteres valg av forskningsstrategi, deretter en gjennomgang av hvordan den systematiske litteraturstudien og casestudien ble gjennomført og til slutt en vurdering av forskningsstrategiens pålitelighet (reliabilitet) og gyldighet (validitet).

2.1 Forskningsstrategi

Forskningen i denne studien bruker to tilnærminger: En systematisk litteraturstudie og en casestudie. Teoretisk kalles dette «mixed methods,» som betyr å bruke både kvalitative (casestudie) og kvantitative (systematisk litteraturstudie) metoder. Ifølge (Guetterman & Fetters, 2018) gir dette en bedre forståelse av problemstillingen ved å kombinere styrkene fra begge tilnærmingene. Dette gir en helhetlig innsikt i det som studeres og gir fleksibilitet til å håndtere kompleksiteten i forskningsområdet.

En systematisk litteraturstudie ble valgt for å identifisere relevant litteratur som omhandler implementeringen av kortere taktid og erfaringer knyttet til gjennomføringen av slike prosjekter. Spesielt utgjør dette det teoretiske grunnlaget for forskningsspørsmål (FS) 2,3 og 4. FS2 fokuserer på endringer ved overgang fra ukestakt til dagstakt, FS3 undersøker utfordringer under gjennomføringen av dagstakt, og FS4 søker å avdekke lærdommer som kan bidra til forbedringer i fremtidige prosjekter. Resultatene fra denne studien er presentert i kapittel 4.

Den systematiske litteraturstudien har også vært viktig i utformingen av intervjuguiden (se vedlegg). Det vil si den ble brukt til å formulere relevante spørsmål og sikre at intervjuene var presise og rettet mot problemstillingen.

Det ble valgt å gjennomføre en casestudie for å få innsikt hvordan taktplanlegging og dagstakt gjennomføres i praksis i et reelt byggeprosjekt. Jeg fulgte her GjØa prosjektet med Consto som hovedentreprenør. Data ble samlet inn gjennom intervju som ble støttet av observasjoner. I tillegg var observasjonene støttet av dokumenter og verktøy brukt som understøtte og verifisere observasjonene som ble gjort i byggeprosjektet.

2.2 Systematisk litteraturstudie

En systematisk litteraturgjennomgang skal ifølge Page et al. (2021) ta utgangspunkt i et tydelig definert spørsmål. Jeg har fulgt denne metodikken ved at oppgavens problemstilling har veiledet min litteraturstudie: «*Hva skjer i gjennomføringen av et boligbyggeprosjekt når man innfører dagstakt og hvilke konkrete erfaringer kan trekkes for å forbedre fremtidige prosjekter?*». Strategien for innsamlingen av litteratur benyttet to databaser og søkeordet «takt» (Tabell 1). Resultatene av søkeprosessen gjennomgikk deretter utvelgelsesprosess som er visualisert i et flytdiagram (Figur 1). Den valgte litteraturen ble deretter analysert. Søkestrategien, utvelgelseskriteriene og analysen blir nærmere presentert nedenfor.

Databaser benyttet til innhenting av litteratur

Taktplanlegging, spesielt med fokus på kortere taktid, utgjør et avgrenset forskningsområde. Scopus og IGLC ble valgt som databaser for å søke etter tilgjengelig litteratur på grunn av deres gode dekning av relevant forskning.

Scopus er en stor database med fagfellevurdert litteratur. Den dekker vitenskapelig litteratur innenfor flere fagområder, også byggebransjen. Databasen gir tilgang til tidsskrifter, bøker, konferanseartikler og mer (Scopus, 2023).

IGLC, som står for «International Group for Lean Construction», ble etablert av forskere innen Lean Construction i byggebransjen for å dele informasjon og kunnskap om emnet. Det arrangeres årlige konferanser hvor fagfolk og akademikere deler erfaringer og forskning. I disse konferansene publiseres et utvalg konferanseartikler (IGLC, 2023).

Søkeord benyttet til avgrensning av funn

Søkeordene «takt» og «construction» ble brukt for å oppnå en bredest mulig dekning i litteraturen. Ordet «Takt» er det mest overordnede søkeordet om taktplanlegging og dekker således alle ulike måter det er referert på i litteraturen. Som for eksempel Takt Time Planning (TTP) og Takt Planning and Takt Control (TPTC). Søkene ble gjennomført i september 2023. Tabell 1 viser søkestrengen som ble brukt i de ulike databasene og antall treff i hver database.

Tabell 1: Søk i Scopus og IGLC.

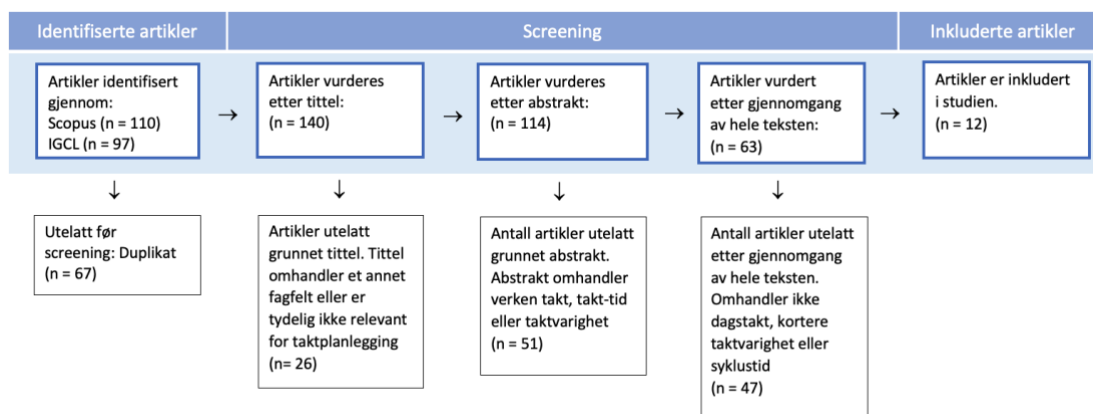
Database	Søkestreng eller søk	Antall treff
Scopus	«TITTEL-ABS-KEY (takt AND construction)	110
IGLC	«takt»	97

I Scopus ble søkestrengen «takt AND construction» benyttet. Scopus er en omfattende database som dekker mange fagområder, derfor ble ordet «construction» inkludert for å begrense resultatene til litteratur som kun omhandler byggebransjen. Dette søket var rettet mot å finne litteratur som inneholder både «takt» og «construction» i enten tittelen, abstrakt eller nøkkelordene.

IGLC er imidlertid en database som kun inneholder litteratur for byggebransjen. Det ble derfor ansett som unødvendig å benytte ordet «construction» for å spesifisere dette. Kun ordet «takt» ble derfor benyttet i IGLC-søket.

Utvelgelseskriterier

Figur 1 illustrerer prosessen for utvelgelse av artikler, fra det innledende søket til den endelige utvelgelsen av 12 relevante artikler. Figuren viser også i detalj hvilke kriterier som ble anvendt for å filtrere ut artikler som ikke var relevante for studien.



Figur 1: Flytskjema for utvelgelsesprosessen.

Etter fjerning av 67 duplikater ble utvelgelsesprosessen gjennomført i tre trinn. I første trinn ble 26 artikler utelatt etter vurdering av titlene, der artikler som tydelig ikke omhandlet taktplanlegging ble ekskludert. For eksempel ble artikler med titler som «Fostering process innovations in construction through industry–university consortium» og «Innovative semi modular dashboard design» ekskludert. I andre trinn ble 47 artikler utelatt fordi ordene takt eller takttid ikke var nevnt i hverken abstrakt

eller konklusjon. I tredje og siste trinn ble 63 tekster gjennomgått. Her ble artikler som ikke handlet om dagstakt, kort taktid eller kort syklustid, utelatt. Resultatene fra denne utvelgelsesprosessen inkluderte til slutt 12 artikler fra Finland, Norge, Tyskland, Irland og USA. Av disse artiklene var 10 casestudier.

Analyse av data

I gjennomgangen av data ble det benyttet et Excel-ark. Her ble alle artikler strukturert (Figur 2). Hensikten var å ha en kortfattet oversikt over artiklene, hva de handlet om, hvor og når de var publisert, hva som var studert (casene) og hva som gjorde artikkelen relevant for min studie. Dette lettet arbeidet og gjorde det enkelt identifisere hovedpoengene i de ulike artiklene.

	1	2	3	4
Titel:	<i>How takt production contributes to construction production flow: a theoretical model</i>	<i>Takt production monitoring and control in apartment renovation projects</i>	<i>Takt maturity model: From individual successes towards systemic change in Finland</i>	<i>Combining takt production with industrialized logistics in construction</i>
Kort - hva handler den om:	Hvordan oppnå god flyt i prosjekter - Diskuterer blant annet betydningen av aktørenes modenhet (maturity)	Overvåking og styring av prosjektene kan bli vanskeligere med dagstakt. Godt innarbeidet og effektive kontroll og overvåkingsrutiner kan derfor være avgjørende for en god prosess.	Hvordan implementeringen av takt bør gjøres. En studie fra Finlands beste prosjekter på takt.	Hvordan logistikk og materialleveranse kan bidra til økt produktivitet og mindre sløsing.
Hvor og (når):	Finland (2020)	Finland (2021)	Finland (2020)	Finland (2019)
Takt-tid:	2 stk med 1-dagers takt	2-dagers takt	Hotell med 1-dagers takt bla.	1-dagers takt
Casestudie:	Ja: Seks caser ble vurdert.	Ja: Et leilighets renovasjonsprosjekt.	Ja: Flere suksessfulle taktprosjekter de siste årene	Ja: To stk. Et fra byggebransjen som benytter dagstakt.
Relevant for min studie:	<ul style="list-style-type: none"> x Spesielt for tilfellene med 1-dags taktid (tilfelle 1 og 2) ble det avslørt flere problemer enn deltakerne kunne håndtere, noe som resulterte i reaktiv problemløsning. x I tilfelle 1 og 2 gjorde bruken av en taktid på 1 dag det teoretisk mulig å forkorte prosjektidene; imidlertid opplevde prosjektteamene at den korte taktiden var utfordrende å kontrollere. x Modenheten i prosjektdeltakerne: De positive effektene av redusert batchstørrelse ble overskygget av forstyrrelsene forårsaket av betydelig variabilitet i tilfellene med 1-dags taktid og lav modenhet. I motsetning til dette var mer modne tilfeller med større batchstørrelser i stand til å oppnå tilsvarende lignende fordelene; selv om reduksjon av batchstørrelse teoretisk sett er mulig, kan det ikke alltid være gunstig å strebe etter radikalt mindre batcher. 	<ul style="list-style-type: none"> x Krevde økt innsats i planlegging, kontroll, kontinuerlig forbedring og ledelse i prosjekter med kortere taktid for å lykkes x Krevde styring av taktproduksjon med kortere taktperiode med aktiv produksjonsledelse. I taktproduksjon er det lite tid til å reagere på produksjonsforstyrrelser, ettersom visse arbeidspakker må fullføres i løpet av hver takt. x Bruken av en digital applikasjon installert på en mobil enhet anbefales for manuell innsamling av data om gjennomføring av produksjon. Dataene skal behandles automatisk. 	<ul style="list-style-type: none"> x Utarbeidet 15 "retningslinjer" på hvordan lykkes med takt. Datainnsamling av flere suksessfulle prosjekter som har benyttet takt i Finland. x Sosiale integreringen av viktigste prosjektdeltakerne samt effektiv taktstyring. x De gjennomførte dagstakt på et prosjekt. Fant ut at det var mye unødvendig ferdsløst inn og ut av sonene og at det var et resultat på manglende produksjonskontroll og tilstedeværelse. Dette kan 	<ul style="list-style-type: none"> x Jo kortere taktid, jo viktigere er det at materialer kommer i tide. Denne artikkelen tar for seg logistikk-løsningen på byggeplasser og hvordan en bedre logistikk-løsning kan bidra til mindre sløsing og bedre produktivitet i et byggeprosjekt. x Fokus på JIT og alternativer til gode løsninger. Materialhåndteringen er på et lavt modenhetsnivå i byggebransjen sammenlignet med skipsverftbransjen

Figur 2: Excel-arket hvor dataen ble strukturert og analysert.

2.3 Casestudie

En casestudie fokuserer på å undersøke et spesifikt tilfelle eller situasjon grundig. Hensikten er å redusere kompleksitet og oppnå dypere innsikt og forståelse basert på den konkrete casen (Yin, 2009). Casestudier egner seg godt dersom man ønsker å få frem en virkelighetsnær beskrivelse og gir mulighet til å forstå samspillet mellom personer og kontekst (Jakobsen, 2018). Dette oppnås ved å undersøke hvordan personene reagerer eller samhandler innenfor en bestemt kontekst, og hvordan konteksten påvirker deres handlinger eller beslutninger. I denne studien referer «kontekst» til implementeringen av dagstakt i Gjøa-prosjektet, mens «personer» til deltakerne i prosjektet.

Metoden som ble brukt for innsamling av data var i hovedsak intervju. I tillegg ble det gjennomført observasjoner som var viktig for min forståelse av hvordan taktplanlegging gjennomføres i praksis. Datamaterialer og dokumenter var en naturlig del av observasjonsperioden. Disse blir nærmere beskrevet nedenfor.

2.3.1 Intervjuer

Det ble gjennomført intervju som en del av datainnsamlingen. Under gis en beskrivelse av hvordan intervjuene ble planlagt, gjennomført og analysert. I planleggingen ble det utviklet en intervjuguide,

og valgt informanter. Videre beskrives gangen i gjennomføringen av intervjuene, og til slutt hvordan de ble analysert.

Intervjuguiden

Som nevnt tidligere, dannet en systematisk litteraturstudie det teoretiske grunnlaget for utformingen av intervjuguiden. Guiden ble utviklet basert på den innsamlede litteraturen, ved at den ga innsikt i hvilke faktorer eller nøkkeltemaer teorien beskrev som viktige for en vellykket prosjektgjennomføring med kortere takttid. Temaene hjalp til med å utforske konkrete erfaringer og utfordringer fra andre studier, og sammenligne disse med erfaringer fra Gjøa.

Under intervjuene ble det benyttet en semi-strukturert tilnærming med forhåndsbestemte spørsmål basert på nøkkeltemaene identifisert i litteraturstudien. Dette var for å sikre at jeg var innom alle temaene jeg ønsket å undersøke. Spørsmålene ble formulert så nøytralt som mulig for å unngå å påvirke informantens svar. I tillegg ble det brukt oppfølgingsspørsmål for å oppnå en dypere forståelse av de perspektivene eller erfaringene som ble belyst. Hensikten var å gi rom for at informantene kunne trekke frem temaer de selv mente var viktige. Denne tilnærmingen tillot fleksibilitet i spørsmålene avhengig av intervjuobjektets svar, samtidig som det dekket de viktigste temaene fra teorien. Det forekom tilfeller der det ikke var nødvendig å stille alle spørsmålene til informanten, ettersom de allerede hadde gitt svar på disse tidligere i intervjuet, og de ble derfor ikke gjentatt. Intervjuguiden som ble brukt under intervjuene ligger vedlagt, se Vedlegg A.

Valg av informanter

På grunn av tidsbegrensningen for oppgaven var det ikke mulig å intervju alle ønskelige kandidater. Jakobsen (2018) anbefaler en øvre grense på 20 personer for individuelt intervju. Jacobsen (2018) beskriver tre steg for å begrense utvalget av personer som skal intervjues, og disse stegene ble også fulgt i denne studien.

Steg 1 – identifisere aktuelle kandidater

De aktuelle intervjukandidatene var alle underentreprenørene som var en del av taktplanen på byggetrinn 1 (10 fag), samt alle funksjonærer i Consto som var involvert i planleggingen eller gjennomføringen (13 stk.). Tidsperspektivet var dermed fra oppstart av første byggetrinn (april) til intervjuene ble gjennomført (september).

Steg 2 – Inkluderings- og ekskluderingskriterier

Utvelgelseskriterier ble valgt ut ifra hensikten med studien, og hva slags informasjon jeg ønsket å få. Det var ønskelig å samle erfaringer fra planleggingen og gjennomføringen av taktplanen. Herunder de som hadde sentrale roller under planleggingen og gjennomføringen av prosjektet. De inkluderte kriteriene var:

Inkluderingskriterier

- Personer som var sentrale i planleggingen av taktplanen og deltok i daglige morgenmøter.
- Personer som hadde rollen som arbeidsledere (BAS) eller prosjektledere hos underentreprenørene og som sto for den daglige oppfølgingen og koordineringen av arbeidet.
- Andre funksjonærer i Consto som var involvert i planleggingen og gjennomføringen av taktplanen, men som ikke deltok regelmessig i morgenmøtene.

Ekskluderingskriterier

- Underentreprenører som hadde kun en vogn i taktplanen og var veldig lite involvert planprosesser og daglige morgenmøter. Deres arbeid krevde i liten grad oppfølgingen og koordinering.
- Fagarbeidere som ikke deltok i planleggingen av taktplanen eller daglige morgenmøte. Bas'ene, som også var fagarbeidere, ble ansett som tilstrekkelige representanter for fagene.

Disse kriteriene minimerte antallet aktuelle kandidater til 22 stk. To representanter per underentreprenør (seks fag) som var med under taktplanleggingsmøtene eller sentrale under gjennomføringen av prosjektet, samt 10 funksjonærer.

Steg 3 – Utvalg

Blant de 22 identifiserte kandidatene ble totalt 10 intervjuet. I begynnelsen av intervjuene var ikke valget av disse 10 endelig bestemt. Imidlertid hadde jeg noen kandidater jeg ønsket å intervju først, fordi jeg visste de kunne gi mye informasjon om temaene jeg undersøkte. Noen av disse kandidatene anbefalte andre personer som kunne gi ytterligere innsikt. Denne tilnærmingen med å utvide utvalget av respondenter basert på anbefalinger og tips omtales av Jacobsen (2018) som snøballmetoden. Samtidig vurderte jeg kontinuerlig informasjonsmetningen etter hvert som jeg gjennomførte flere intervjuer. Etter å ha gjennomført 10 intervjuer opplevde jeg å ha tilstrekkelig informasjon og funn og flere intervjuer ville trolig gitt begrenset tilleggsverdi.

Blant de 12 som ikke ble intervjuet, var det tre personer som avsto forespørselen om å bli intervjuet. Blant de gjenværende var det tre arbeidsledere og seks funksjonærer i Consto som ikke ble forespurt. Dette var et resultat av vurderingen om at jeg allerede hadde oppnådd tilstrekkelig og tilfredsstillende informasjon fra denne spesifikke rollen. Tabell 2 gir en oversikt over utvalget av kandidater som ble intervjuet.

Tabell 2: Utvalget som ble intervjuet.

Underentreprenører	Rolle
Elektro	Prosjektleder
Innvendig tømmer	Arbeidsleder
Rør	En arbeidsleder og en prosjektleder
Ventilasjon	Prosjektleder
Maler	Prosjektleder
Consto	Rolle
Prosjektledelsen	Anleggsleder 1 og anleggsleder 2
Prosjektledelsen	Prosjektsjef
Prosjektmodell ansvarlig	Planleggingstilrettelegger

Gjennomføring av intervjuene

Totalt ble det gjennomført åtte intervjuer ansikt til ansikt og to via Teams. Syv av de åtte ble utført på brakkeriggen på GjØa, mens et gjennomført på informantens sitt kontor. De to gjenværende ble gjennomført digitalt på grunn av geografiske avstander. Ansikt til ansikt-intervjuer skiller seg fra andre intervjuformer ved at den er god på å etablere tillit og åpenhet mellom intervjueren og informanten (Jacobsen, 2018).

Jeg forespurte alle informantene om deltakelse, enten personlig, via telefon eller e-post. Anleggslederen hjalp meg med å skaffe kontaktinformasjonen. Alle informantene kjente meg fra tidligere, fra tiden jeg hadde sommerjobb på Gjøa fra juni til august.

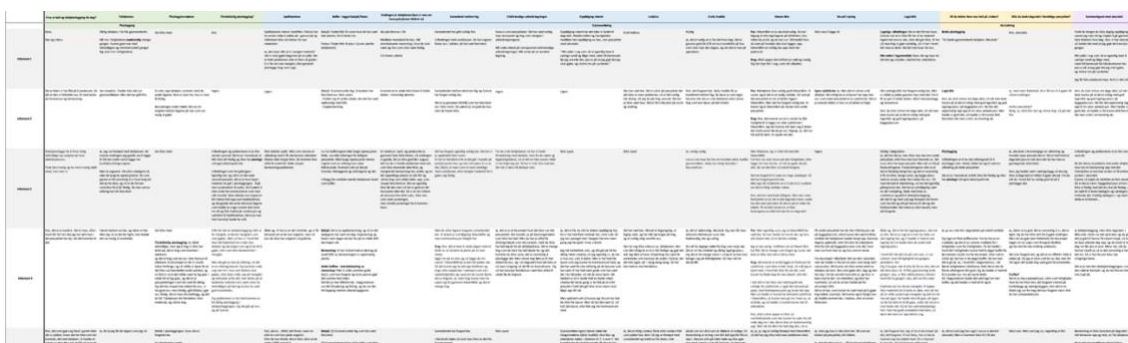
De fysiske intervjuene ble holdt i lukkede møterom eller kontorer for å sikre uforstyrrede samtaler. Ved starten av hvert intervju presenterte jeg meg selv og formålet med undersøkelsen. Jeg tydeliggjorde at dette var del av forskningsprosessen og ikke tilknyttet Consto. Jeg informerte også om anonymisering av intervjuene i oppgaven for å beskytte informantenes identitet. Etter informantens godkjenning ble det gjort lydopptak av intervjuet.

Varigheten av intervjuene varierte fra 30 minutter til 1 time. Jeg valgte å ikke ta notater under selve intervjuet for å fokusere fullt på informanten og aktivt lytte til deres innspill. Etter hvert intervju skrev jeg ned interessante poenger eller perspektiver informantene nevnte, og som jeg anså som viktige å huske når jeg skulle analysere datamaterialet.

Analyse av intervju

Lydopptakene ble automatisk transkribert ved hjelp av «NTNU tale til tekst». Etter denne transkriberingen gikk jeg gjennom alle intervjuene ved å lytte til lydopptakene mens jeg gjennomgikk og korrigerende transkripsjonene. Lydopptakene ble slettet etter at datamaterialet var ferdig transkribert og anonymisert. Deretter organiserte jeg intervjuene i et Excel-ark (Figur 3). I den venstre kolonnen listet jeg opp alle informantene, mens den øverste raden inneholdte nøkkeltemaer. Disse nøkkeltemaene ble identifisert gjennom den systematiske litteraturstudien, supplert med andre temaer jeg fant betydningsfulle etter observasjon på byggeplassen under gjennomføringen.

Figur 3 illustrerer hvordan datamaterialet ble organisert i Excel-arket. Fargemerkingen på de øverste radene bidro til å skille mellom planlegging (grønn), gjennomføring (blå), temaer belyst av informantene (gul), og sammenligninger med ukestakt (rosa). I hver celle ble setninger, poenger eller sitater fra informantene kopiert inn. Dette var et viktig verktøy under analysearbeidet med resultatene. Ved behov gikk jeg tilbake til de transkriberte dokumentene for å få en mer detaljert forståelse av sammenhenger eller kontekst fra bestemte uttalelser eller temaer.



Figur 3: Systematiseringen av innsamlet data fra intervjuene.

2.3.2 Deltakende observasjoner

Jeg hadde sommerjobb i prosjektet, som varte i ni uker fra starten av juni til slutten av august, inkludert tre uker ferie. I løpet av denne perioden var jeg involvert i den daglige driften, og deltok i møter og observerte pågående arbeid. Selv om erfaringer fra denne perioden formelt ikke er benyttet som datamateriale, var det viktig for min forståelse og innsikt i hvordan taktplanlegging

gjennomføres i praksis. Denne praktiske erfaringen har vært verdifull i arbeidet med masteroppgaven, og spesielt i utformingen av intervjuguiden.

Jakobsen (2018) beskriver at graden av deltakende observasjon varierer fra passiv til aktiv, avhengig av forskerens engasjement i det studerte miljøet eller situasjonen. Under opphold på Gjøa tok jeg både en aktivt og passiv tilnærming til observasjon. Jeg deltok i daglige rutineene som daily huddle, vernerunder, ukentlige møter, samt kontroller og inspeksjoner på byggeplassen. Dette ga meg en praktisk forståelse og innsikt i gjennomføringen av dagstakt. Samtidig var formålet med å være der, å lære. Det var derfor naturlig å ta en observerende rolle under møter og inspeksjoner, noe som ga innsikt i samspillet mellom prosjektdeltakerne, arbeidsprosesser og beslutningsprosesser på byggeplassen.

Denne tilnærmingen, støtte jeg på praktiske utfordringer i den daglige arbeidsrytmen, noe som gav meg en dypere forståelse av de grunnleggende faktorene som påvirket prosessen. Jeg var en integrert del av miljøet, samtidig som jeg kunne ta et skritt tilbake og observere de ulike aspektene i prosjektets gjennomføring mer utenfra. Denne balansen mellom involvering og observasjon muliggjorde refleksjon over egne erfaringer og bidro til en mer helhetlig forståelse av dynamikken på byggeplassen.

Formålet med å jobbe hos Consto var for å lære. Denne forhåndskunnskapen økte gyldigheten i min senere casestudie, da jeg kunne stille dypere og mer relevante spørsmål under intervjuene, noe som førte til mer gyldige data.

2.3.3 Datamaterialer og dokumenter

Dokumenter utgjorde en naturlig del av observasjonene og sommerjobben i Consto. Som for eksempel rapporter, eposter, notater, IT-verktøy, og lignende. Dette bidro til å støtte observasjonen ved å tilføre ytterligere bakgrunnsinformasjon, kontekst og data. Noen av bildene benyttet i denne rapporten er hentet fra denne perioden etter samtykke fra Consto.

I tillegg ble Constos prosjektmodell gjennomgått. Denne beskriver deres tilnærming til planlegging og gjennomføring. Jeg fikk også tilsendt informasjonen som sendt ut til underentreprenørene før det første taktmøtet. Dette var relevant informasjon om første taktmøte, samt forberedelser underentreprenørene måtte gjøre i forkant.

2.4 Feilkilder

Dataene fra planleggingsprosessen er i hovedsak hentet fra intervjuene. Møtene ble gjennomført i januar 2023, mens jeg kom inn i prosjektet i juni. Det har vært utfordrende å få tilstrekkelig detaljer om hvordan planleggingen faktisk ble gjennomført. Intervjuene ble gjennomført flere måneder etter planleggingsfasen, og dette kan ha ført til tap av noen detaljer. Det ville vært mer fordelaktig og deltatt i planleggingen, eller intervjuet informantene tidligere for å få en mer presis gjengivelse av hva som faktisk skjedde i oppstarten av planprosessen.

Avklaring om potensielle feilkilder og begrensninger, som hukommelsesfeil eller manglende observasjoner under planleggingsfasen, viser studiens begrensninger og bidrar til å styrke gyldigheten. Samtidig kan dette svekke studiens pålitelighet gjennom unøyaktige beskrivelser, grunnet feil i hukommelsen, av planleggingsprosessen.

2.5 Vurdering av metoden

Under vurderes forskningsstrategien og de valgte metodene med hensyn til pålitelighet og gyldighet.

Jeg har valgt en kombinert tilnærming med to metoder, inkludert en systematisk litteraturstudie og en casestudie. Denne tilnærmingen vil øke påliteligheten i studien ved å tilby en grundig og helhetlig tolkning av problemstillingen. Dette oppnås ved at resultatene fra casestudien kan samsvare med andre studier og perspektiver fra den systematiske litteraturgjennomgangen, og dermed styrke studiens gyldighet.

Den systematiske tilnærmingen til litteraturstudien, med definerte søkestrategier og utvelgelseskriterier, bidrar til å forsterke påliteligheten. Dette sikrer at studien kan etterprøves fordi funnene er basert på en omfattende gjennomgang av relevant litteratur. Den detaljerte beskrivelsen av utvelgelsesprosessen, inkludert flytskjemaet for litteraturstudien, øker gyldigheten ved å vise en gjennomiktig og systematisk tilnærming til datainnsamling. Ved å basere forskningen på en systematisk litteraturstudie styrkes den teoretiske gyldigheten, noe som sikrer at studien er forankret i eksisterende teori og forskning.

Casestudien tillater en dypere forståelse av det spesifikke byggeplassmiljøet på Gjøa, noe som forbedrer den eksterne gyldigheten, spesielt med tanke på taktplanlegging i byggeprosjekter. Selv observasjoner og verdifulle innsikter, kan min involvering og interaksjon med deltakerne potensielt påvirke studiens pålitelighet.

Min deltakelse i Gjøa-prosjektet kan potensielt være påvirket av subjektivitet, og dette kan svekke dataenes pålitelighet. Selv om jeg bevisst har forsøkt å opprettholde en nøytral tilnærming og tolkning under observasjonene, kan innsamlede data påvirkes av andres tolkninger og meninger, samt mine egne inntrykk og oppfatninger. Dette gjelder også under intervjuene, der både mine og informantenes subjektive tolkninger og meninger kan påvirke dataene, og dermed potensielt redusere gyldigheten.

Valget av informanter til intervjuene basert på inkluderings- og ekskluderingskriterier bidrar til intern gyldighet. Imidlertid kan begrensningen i antall intervjuobjekter føre til en skjevhet i datainnsamlingen og dermed påvirke studiens gyldighet. Intervjuene med forhåndsdefinerte spørsmål basert på litteraturstudien øker påliteligheten ved å sikre konsistens i datainnsamlingen.

3. Teori

I dette kapitlet beskrives modenhetsmodeller, valg og håndtering av underentreprenører, samt taktplanlegging. Først presenteres modenhetsmodeller og deres anvendelse i byggeprosjekter, etterfulgt av valg og kontrahering av underentreprenører. Deretter presenteres produksjonsteorier for taktplanlegging. Kapitlet avsluttes med presentasjon av teori relatert til effekten av mindre arbeidssoner og kortere takttid på produksjonseffektivitet.

3.1 Modenhet og modenhetsmodeller

Begrepet «modenhet» (engelsk: Maturity) brukes ofte i dagligtalen for å beskrive naturlige prosesser, som når frukt og grønnsaker er modne eller umodne. I tekniske og organisatoriske sammenhenger refererer begrepet til utviklingsnivået eller graden av utvikling i systemer, prosesser eller organisasjonsstrukturer (Bruno et al., 2020).

En modenhetsmodell er typisk strukturert i nivåer fra umoden til full modenhet. I tekniske sammenhenger er begrepet benyttet for å evaluere modenheten til teknologi eller systemer, og i hvilken grad de er pålitelige og effektive. Dette er ofte referert til som «Technology Readiness Level» (TRL) (Bruno et al., 2020). Organisatorisk modenhet evaluerer en organisasjons evne til å tilpasse seg og håndtere endringer. Begrepet er ofte benyttet for å bedømme kvaliteten og effektiviteten av en organisasjons prosjektstyringspraksis (Rolstadås, 2022). Modenhet anvendes også for å vurdere individuell modenhet, eksempelvis gjennom People Capability Maturity Model (P-CMM) (Dangmei, 2017; Yarmohammadian et al., 2013).

I byggeprosjekter benyttes modenhetsmodeller for å evaluere hvor effektivt en prosjektorganisasjon opererer i forhold til beste praksis (Rolstadås, 2022). Dette kan være innenfor områder som prosjektstyring, risikohåndtering, kvalitetskontroll, evnen til kontinuerlig forbedring, og så videre. Modenhetsmodellene spiller typisk en viktig rolle for å sikre at prosjekter blir levert på tid, innenfor budsjett, og med den forventede kvaliteten.

Det er flere modenhetsmodeller som er spesifikt utviklet for byggebransjen (Fløisbonn et al., 2022; Jayanetti et al., 2023; Lehtovaara et al., 2020; Pedersen, 2020). Modell Modenhets Indeks (MMI) er et eksempel hvor man måler og kommuniserer modenheten til elementer i bygningsinformasjonsmodeller (BIM) (Fløisbonn et al., 2022). Modellen anvendes typisk for kommunikasjon og styring av byggeprosjekter for å kunne planlegge og styre prosjektutviklingen i henhold til prosjektets behov og ressursbruk. Et annet, eksempel knyttet til takt er Takt Maturity Model. Denne evaluerer og veileder organisasjoner i implementeringen av taktproduksjon i byggeprosjekter og er strukturert i tre nivåer: Teknisk Taktplanlegging, Sosial Integrering & Taktstyring, og kontinuerlig forbedring, hver med sine spesifikke krav for hvert nivå i modellen (Lehtovaara et al., 2020).

Det finnes eksempler på modeller som er utviklet for å vurdere modenheten til prosjektorganisasjoner, med særlig fokus på selv prosjektgjennomføringen (Pedersen, 2020; Lehtovaara et al., 2020; Jayanetti et al., 2023). Byggeprosjekter involverer imidlertid alltid underentreprenører med varierende erfaring og derfor også ulike forutsetninger for å praktisere de spesifikke gjennomføringsmetoder som benyttes i prosjektene, som for eksempel Taktplanlegging. Likevel er det begrenset litteratur på bruk av modenhetsmodeller i tidlige faser av byggeprosjekter. Dette til tross for at underentreprenørens kompetanse og prestasjon er avgjørende for suksessen til et prosjekt (Mbachu, 2008). En tidlig vurdering av underentreprenørens evne til å følge den valgte prosjektstyringsmetoden kan avdekke potensielle risikoer og behov for ytterligere opplæring eller ressurser.

3.2 Valg av underentreprenør - prekvalifisering og kontrahering

Underentreprenører har en avgjørende rolle i byggeprosjekter, og på global basis er de ansvarlige for omtrent 85% av gjennomføringen (Mbachu, 2008). Valg av underentreprenør er derfor kritisk for suksessfull gjennomføring av prosjektet. Selv om det ikke er et krav, er det god praksis å gjennomføre en prekvalifisering av aktuelle underentreprenører. Prekvalifisering involverer vurdering av flere aspekter enn bare pris. Andre kriterier inkluderer kvalitetsstyring, forsikringsdekning og lisenser, HMS og opplæringsprogrammer, finansiell stabilitet, evaluering av referanser og tidligere referanseprosjekter (Eikeland, 2001; Ferstad, 2023; Lædre, 2006).

Etter prekvalifiseringen følger kontraheringsfasen, hvor detaljerte kontrakter utformes og forhandles. Denne prosessen inkluderer å fastsette vilkår og betingelser, definere omfang av arbeid, avtale om prisstrukturer, og etablere mekanismer for konfliktløsning. Effektiv kontrahering sikrer at begge parter har en felles forståelse av forventningene, og bidrar til å minimere risiko og uforutsette utfordringer under prosjektets gang (Eikeland, 2001; Ferstad, 2023; Lædre, 2006).

Å velge den riktige underentreprenør er en kompleks prosess som krever grundig vurdering og planlegging. Gjennom en effektiv prekvalifisering og kontrahering kan prosjektledere sikre at de har de beste teamene på plass, noe som er avgjørende for å oppnå prosjektets mål innen tid og budsjett. Imidlertid peker litteraturen også her på at kontrakter som i dag benyttes med underentreprenører i for liten grad er tilpasset gjennomføringsmetodikk i prosjekter (Keskiniva et al., 2022). Keskiniva et al. (2022) nevner spesielt at ved taktplanlegging og produksjon er det behov for å utvikle og tilpasse kontrakten med underentreprenør som bedre støtter taktproduksjonsmetodikken for å forbedre implementeringen og effektiviteten i byggeprosjekter.

3.3 Produksjonsteori

Dette delkapitlet introduserer begreper innen produksjonsteori som er relevante for taktplanlegging. Merk at deler av innholdet i dette og neste delkapittel delvis er basert på min prosjektoppgave fra våren 2023 hvor jeg skrev om målinger knyttet til Last Planner System og taktplanlegging. Konkret gjelder dette deler av 3.3.3 Toyota Production system & Lean Construction og 3.4 Last Planner system og plannivåer.

3.3.1 Produksjonssystem

Hopp & Spearman (2011) forklarer et produksjonssystem som en sammensetning av enheter som arbeider sammen for å gjøre materialer om til produkter. Dette inkluderer maskiner, arbeidskraft, materialer, informasjon og prosesser og samspillet mellom disse. I et produksjonssystem vil det være fokus på optimalisering. Optimalisering kan være å ha fokus på å redusere sløsing av materialer, tid og innsats for å skape mest mulig verdi (Koskela et al., 2002).

3.3.2 Arbeidsflyt, variabilitet og buffere

Et sentralt begrep er arbeidsflyt, som referer til jevn og uavbrutt arbeid gjennom produksjonsprosessen. Dette inkluderer bevegelse av materialer, arbeidere eller informasjon i ulike trinn i produksjonsprosessen (Hopp & Spearman, 2011). For å oppnå en effektiv arbeidsflyt er det viktig å eliminere sløsing, noe som fremmer konseptet om å redusere ledetid og variabilitet (Koskela et al., 2002). Med variabilitet menes tendensen til at noe endrer seg eller varierer (Drevland, 2019). I produksjonssystemer definerer Hopp & Spearman (2011) begrepet prosessvariabilitet. Det referer til variasjonen i tiden det tar å utføre en bestemt produksjonsprosess (Drevland, 2019).

Prosessvariabilitet kan videre deles inn i transformasjon- og flytvariabilitet. Transformasjon variabilitet er variasjonen i den effektive tiden det tar å utføre selve arbeidet ved en arbeidsstasjon (Hopp & Spearman, 2011, s.271 - 277). Flytvariabilitet refererer til variasjonen i tid i forflytningen

mellom hver enkelt arbeidsstasjon (Hopp & Spearman, 2011, s.277 - 278). Drevland (2019, s.161) foreslår en mer egnet definisjon av flytvariabilitet for byggebransjen som den tiden det tar før alle forutsetningene for en oppgave er til stede.

Variabilitet vil påvirke arbeidsflyten negativt (Deschamps et al., 2015), men det er ikke mulig å hindre variabilitet i et produksjonssystem (Hopp & Spearman, 2011, s. 306–309). Imidlertid kan effekten av variabilitet begrenses ved å benytte buffere. Buffere kan kompensere for variabilitet i et produksjonssystem og skape balanse i arbeidsflyten (Koskela et al., 2002). Eksempler på buffere er kapasitet, tid og lagerbuffere (Hopp & Spearman, 2011). Disse diskuteres mer i detalj senere.

3.3.3 Toyota Production System & Lean Construction

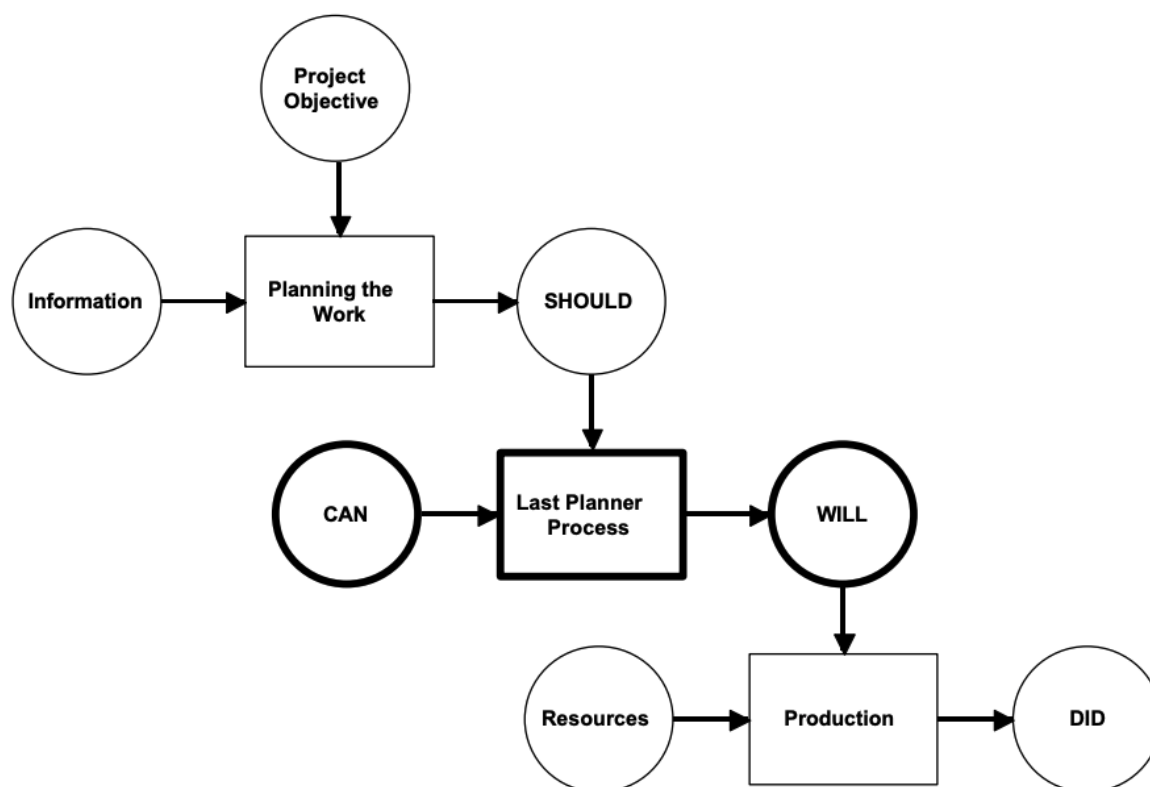
Toyota Production System (TPS) er et eksempel på en metodikk for å optimalisere et produksjonssystem. TPS har vært viktig i utviklingen av Lean-filosofien og taktplanlegging. Systemet er bygd på konseptet, just in time (JIT), som fokuserer på å produsere produktet til rett tid, slik at produksjonshastigheten er lik etterspørselen (Hopp & Spearman, 2011). Hensikten er å redusere varelageret og unngå overproduksjon ved å produsere akkurat den mengden som blir etterspurt. For å få til å dette er det avgjørende at hver arbeidsstasjon langs produksjonslinjen fullfører sitt arbeid innen tildelt tid, slik at det er klart for neste arbeidsoperasjon (Hopp & Spearman, 2011). Det var derfor ønskelig å opprettholde små arbeidsområder for å minimere bevegelser, i tråd med produksjonshastigheten og kapasitet til hver arbeidsstasjon. Systemet var avgjørende for å skape en jevn og uavbrutt flyt gjennom hele produksjonslinjen.

Lean Manufacturing, inspirert av Toyota Production System (TPS), ble populært globalt som en metode for å forbedre effektivitet og konkurransekraft i produksjonsbedrifter - «Lean Manufacturing». James Womack og Daniel Jones formaliserte disse prinsippene gjennom boken «The Machine That Changed the World» på 1990-tallet. Lean har senere blitt tilpasset og brukt i andre sektorer som for eksempel tjeneste, helsevesen og byggebransjen. Lean Construction tilpasser Lean-prinsippene til byggebransjens behov og utfordringer og fokuserer på å øke verdi for kundene gjennom prosessforbedring, ressursbruk, verdiskaping, og reduksjon av sløsing i alle faser av et byggeprosjekt (Ballard & Tommelein, 2021).

3.4 Last Planner System og plannivåene

Last Planner System (LPS) er en Lean-inspirert metode for prosjektplanlegging og styring som er tilpasset byggebransjen. Utviklet av Glenn Ballard og Greg Howell, ble LPS første gang presentert på IGLCs konferanse i Finland i 1993 (Ballard & Howell, 2003). Opprinnelig fokuserte LPS på planlegging og kontroll av produksjonsprosessen i prosjekter, men har senere utviklet seg til å inkludere hele prosjektets livssyklus (Ballard & Tommelein, 2021).

LPS skiller seg fra tradisjonell prosjektplanlegging ved å legge vekt på å redusere variabilitet (avvik) og sikre en effektiv arbeidsflyt. Det skiller mellom BURDE, KAN, og SKAL gjøres, samt hva som allerede er GJORT. Mens tradisjonell planlegging kun fokuserer på oppgaver som burde gjøres, har LPS en mer dynamisk tilnærming ved å inkludere oppgaver som kan gjøres, i tillegg til de som burde gjøres. LPS bidrar til å håndtere variasjoner (avvik) og redusere usikkerhet i prosjekter ved å gi rom for fleksibilitet i gjennomføringen. Figur 4 viser tydelig hvordan LPS er implementert som en integrert del av en tradisjonell tilnærming til prosjektplanlegging (Ballard, 2000).



Figur 4: LPS (uthevet) implementert i en tradisjonell projekttilnærming (Ballard, 2000).

I «2020 Current Process Benchmarking for the Last Planner System of Project Planning and Control» defineres seks nivåer for planlegging (Ballard & Tommelein, 2021):

1. Planlegging av prosjektgjennomføring (Go/No Go): Vurdering av prosjektets gjennomførbarhet ved å definere mål, muligheter, risiko og begrensninger.
2. Planlegging av hovedfremdriftsplan (BURDE): Identifisering av prosjektmilepæler og utvikling av en gjennomføringsstrategi og tidsrammer.
3. Faseplanlegging (BURDE): Definerer aktiviteter for hver fase, inkludert pull-planlegging og taktplanlegging. Her gjennomføres selve taktplanleggingen.
4. Utkikkplanlegging (KAN): Vurderer om aktiviteter i faseplanene kan gjennomføres uten hindringer. Her gjøres det en vurdering om arbeidsoppgavene i faseplanene er sunne, det vil si frigjort og uten hindringer. Typisk tidsperspektiv er 3 - 12 uker, avhengig ledetid nødvendig for å fjerne hindringer.
5. Forpliktende planlegging (SKAL): Ukentlig/daglig planlegging av arbeidsoppgaver som er frigjort og basert på troverdige lovnader mellom partene.
6. Læring (GJORT): Kontinuerlig evaluering og forbedring av planlegging og utførelse gjennom daglige og ukentlige møter.

3.5 Takt og stedsbasert styring

Taktplanlegging er metode som spesielt benyttes i faseplanleggingen (punkt 3 over) av Last Planner System (LPS). Her er fokus på å organisere arbeidet i henhold til en forhåndsbestemt takt for å oppnå kontinuitet og forutsigbarhet i gjennomføringen av prosjektet.

«Takt» er et tysk ord som betyr rytme eller et fastsatt tempo (Frandsen et al., 2013). I produksjonssammenheng, den planlagte rytmen eller tempoet for det som blir produsert. Denne

planlagte rytmen bestemmes ut ifra etterspørsel til produktet. Taktid er dermed den planlagte tiden til produksjonen for at den skal være lik etterspørselen til produktet (Frandsen et al., 2013). Taktid er et viktig element i Toyota Production System (TPS) og Just-In-Time (JIT) prinsippet hvor den benyttes for å synkronisere produksjonen med kundens etterspørsel (Linnik et al., 2013).

Dersom den faktiske produksjonsrytmen er raskere enn takttiden, vil dette føre til at man produserer flere produkter enn det som etterspørres. Omvendt, dersom den faktiske produksjonsrytmen er langsommere enn takttiden, vil dette medføre at man produserer færre produkter enn det som etterspørres. Ideelt sett bør den faktiske produksjonsrytmen matche takttiden for å maksimere effektiviteten, redusere sløsing og optimalisere ressursbruken. Taktid har blitt adoptert i byggebransjen og prøvd ut i en prefabrikkert betongfabrikk, der det førte til betydelig forbedring i produktiviteten (Ballard & Harper, 2003).

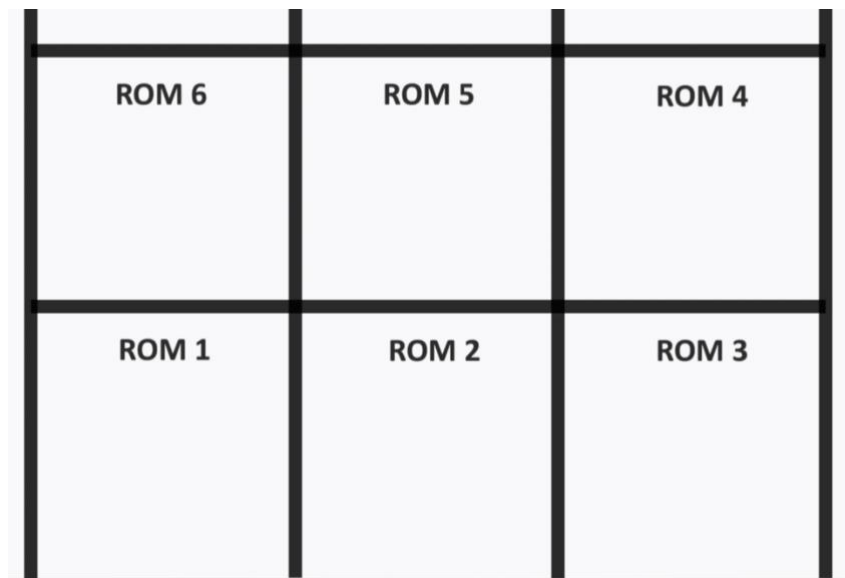
I en vanlig produksjonslinje beveger et produkt seg typisk fra start til slutt gjennom faste arbeidsstasjoner. Ved konstruksjon av bygg på derimot kan ikke delene flyttes på samme måte som på et samleband (Linnik et al., 2013). Dette innebærer derfor at arbeidsstasjonene beveget seg gjennom produktet snarere enn omvendt, med fokus på å eliminere «arbeidere som venter på arbeid» og «arbeid som venter på arbeidere» (Kenley & Seppänen, 2010). Location-Based Management (LBM) spilte en avgjørende rolle i å introdusere «arbeid som venter på arbeidere» for byggeprosjekter. I 2010 presenterte Kenley og Seppänen en tilnærming der tradisjonell aktivitetsbaserte arbeidsmetodikk, kjent som Work Breakdown Structure (WBS), ble erstattet med en struktur basert på lokasjoner, kjent som LBM. LBM var ikke nytt i byggebransjen, men bruken begrenset seg til områder der oppgaven var svært gjentakende. For eksempel ved bygging av en motorvei, eller legging av rørledninger (Kenley & Seppänen, 2010).

Konseptene takt-tid og LBM dreier seg begge om å oppnå kontinuerlig flyt i arbeidsprosessen (Frandsen et al., 2015). Når produksjonshastigheten er lik takttiden, oppnås kontinuitet i arbeidet som innebærer jevn flyt uten unødvendige pauser eller overflødig ventetid. Dette sikrer at arbeiderne alltid har nok arbeid tilgjengelig, og arbeidet kan kontinuerlig bevege seg gjennom prosessen uten stopp eller forsinkelser (Linnik et al., 2013). Begge disse prinsippene er en viktig del av utviklingen til taktplanlegging.

3.6 Taktplanlegging - enkelt forklart

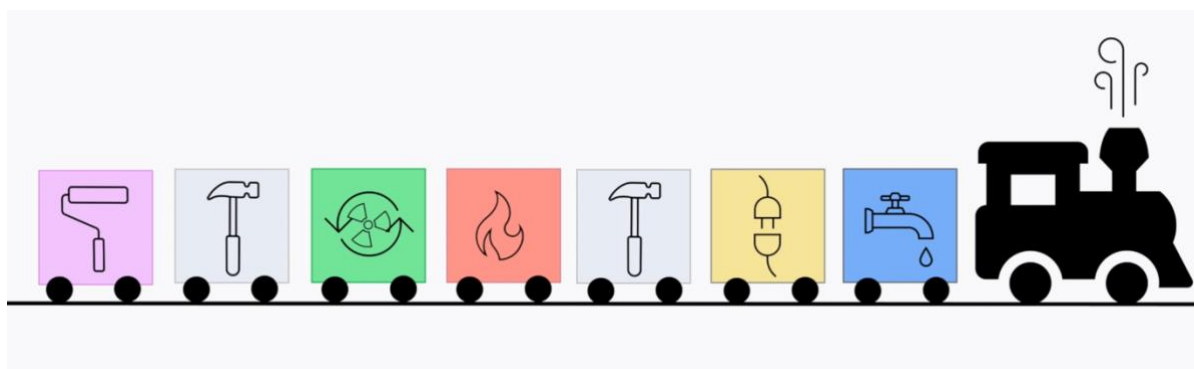
Taktplanlegging er en metode inspirert av prinsippene i Lean Construction, som innebærer å planlegge og organisere arbeidet slik at det følger en takt gjennom hele prosjektet (Linnik et al., 2013). Målet er å opprettholde en konstant arbeidsflyt, minimere flaskehals, og dermed forbedre produktiviteten og prosjektets leveringstid (Tommelein & Emdanat, 2022). Taktplanlegging er spesielt nyttig i prosjekter med gjentakende oppgaver eller faser, som for eksempel boligbygging (Haghsheno et al., 2016).

I planleggingen deles et bygg inn i arbeidssoner. Hver sone skal inneholde en lik mengde arbeid som skal utføres (Haghsheno et al., 2016). Det finnes ulike måter å bestemme størrelsen på disse sonene. For bygg med repeterbare rom eller områder, som bolig eller hotell, kan det være naturlig å dele inn sonene etter leiligheter eller hotellrom (Figur 5).



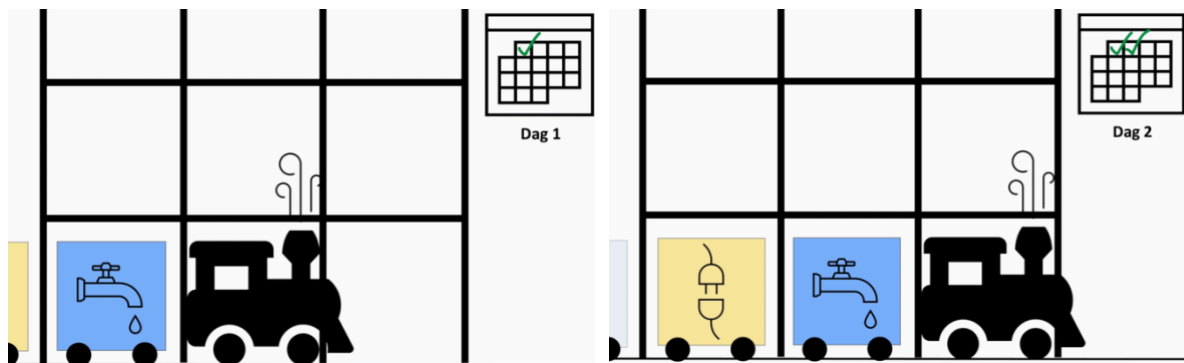
Figur 5: Et rom tilsvarer en arbeidssone.

For å klargjøre hvordan prosessen faktisk foregår benyttes ofte tog-metafor. I et tog bestående av flere vogner representerer en vogn den mengde arbeid som et fag skal utføre (Figur 6).



Figur 6: Et tog med flere vogner. Hver vogn representerer et fag. Fra venstre maler, tømrer, ventilasjon, brannsikrer, tømrer, EL og rør.

Hvert rom (eller hver sone) i bygget fungerer som en holdeplass. Toget beveger seg gjennom bygget og stopper ved hver holdeplass i en bestemt takt. Takttiden bestemmer hvor lenge toget stopper før det beveger seg videre. Hvis takttiden er satt til 1 dag, vil toget stå stille en hel dag før det kjører videre til neste holdeplass. Dette mønsteret fortsetter til alle vognene i toget har besøkt alle holdeplassene i bygget (Haghsheno et al., 2016).



Figur 7: Toget flytter seg til neste sone etter en dag.

Under planleggingen blir fagene enig om arbeidsomfang, hvilken rekkefølge arbeidet skal utføres i, og hvor mange ganger hvert fag må involveres i for å fullføre sitt arbeid. Dette er hensiktsmessig for å optimalisere arbeidsflyten (Haghsheno et al., 2016).

3.6.1 Fagparaden og flaskehalsfaget

Fagene utfører arbeid i et tog, i en bestemt rekkefølge. Dette kalles «fagparader» (Tommelein et al., 2001). Når et fag fullfører arbeidet i en sone, overføres sonen til neste fag i paraden. En fagparade for innredningsarbeid kan se slik ut: Montering av veggstendere (vogn 1), legging av elektrisk rørlegging (vogn 2), plassering av isolasjonsmaterialer (vogn 3), montering av gipsplater (vogn 4), og sparkling og maling (vogn 5) (Tommelein et al., 2001).

Det er flere momenter som må hensyntas i planleggingen, og som derfor gjør den kompleks:

- Enkelte fag må involveres flere ganger i samme fagparade før de er ferdig med alt arbeidet i sonen (Tommelein et al., 2001). For eksempel må rørleggeren inn å montere skjultanlegg, og returnere for å montere sprinkler og sluttmontering.
- Avhengigheten mellom fag påvirker rekkefølgen av arbeidet i fagparaden (Tommelein et al., 2001). For eksempel kan ikke maleren involveres før tømreren har montert gipsplatene. Avhengigheten gjør at man ikke kan hoppe over et fag eller vogn.
- Fagene trenger ulik tid til å fullføre arbeidet sitt. Linnik et al. (2013) introduserer begreper flaskehalsfaget, som er det faget som trenger lengst tid til å utføre arbeidet i sonen. Flaskehalsfaget er typisk fagene som har de «tyngste» arbeidsoppgavene i en vogn. For eksempel fag som monterer bæresystemet eller gipsvegger (Linnik et al., 2013).

Siden arbeidsoppgavene tar ulik tid og man ikke kan jobbe forbi de foregående fagene, vil man ikke kunne jobbe raskere enn det tregeste faget. På grunn av avhengigheter mellom fagene kan forsinkelser raskt forplante seg bakover i fagparaden (Tommelein et al., 2001). Uansett om man øker takttiden, eller justerer kapasiteten med buffere vil alltid noen gjøre jobben raskere enn flaskehalsfaget i en sone. En konsekvens kan være at fagene må vente på det tregeste faget, noe som skaper ujevn arbeidsflyt (Dahlberg & Drevland, 2021; Tommelein et al., 2001).

3.7 Taktplanlegging

Der er to hovedtilnærminger til taktplanlegging: Takt Time Planning (TTP) (Frandsen et al., 2013) og Takt Planning and Takt Control (TPTC) (Binniger et al., 2017). TTP er den tilnærmingen som er mest lik Constos prosjektmodell. Det vil si i planleggingsfasen, mens i produksjon ble der benyttet elementer fra TPTC. Nedenfor presenteres derfor TTP og de deler av TPTC som ble benyttet i oppfølgingen av produksjon.

3.7.1 Takt time planning (TTP)

Takt Time Planning (TTP) refereres ofte til som den amerikanske modellen (Frandsen et al., 2013). Modellen legger vekt på involverende planlegging, som innebærer å involvere fagene som skal utføre arbeidet i planleggingen. Målet er å skape en felles forståelse av planen, samt at aktørene har eierskap til den (Frandsen et al., 2013).

Frandsen et al. (2013) beskriver følgende fordeler med TTP sammenlignet med tradisjonell planlegging:

- Gir mulighet til å diskutere med andre fag hvordan de kan og ønsker å utføre arbeidet sitt. Slik kan flaskehals (de tyngste operasjonene) avdekkes og videre finne en tilnærming som passer fagene best for en optimal prosjektgjennomføring.
- Fagene vet hvor og når de skal jobbe. Kan bidra til enklere koordineringer på byggeplassen.
- Fagene kjenner sin plass i toget. Kan planlegge materialleveranse og blant annet koordinere bruk av vareheis med andre fag
- Fagene kan stole på forutsigbarheten til planen (når og hvor de skal jobbe), og dermed planlegge i detaljen hvordan jobben skal gjøres.
- Fagene får umiddelbar tilbakemelding på fremgangen de gjør: Holder vi takten? Hvordan er kvaliteten på arbeidet (overlevering)?
- Kan gi hyppige vurderinger av prestasjon (for hver overlevering av en sone). Det gjør det mulig å belønne og motivere arbeidet underveis i prosessen.

Videre definerer Frandsen et al. (2013) seks steg for å utvikle en taktplan. De fem første stegene er iterative (Frandsen et al., 2015):

Steg 1 - Innhente informasjon: Først bestemmes hvilket arbeid som skal utføres og omfanget av hvert fag ved hjelp av plantegninger. Dette gir en klar oversikt over arbeidsoppgavene for hvert fag, hjelper dem med å estimere tidsrammer, planlegge oppgavene sine, og fastsette den optimale rekkefølgen for arbeidsutførelsen.

Steg 2 - Definere arbeidssoner: Sonene blir definert basert på informasjonen samlet inn i steg 1. Takt-tiden, som representerer den tiden hvert fag har til rådighet i en sone, er foreløpig ikke bestemt siden det ikke er nok informasjon til å fastsette den.

Steg 3 - Forstå fagrekkefølgen: Arbeidet organiseres i en bestemt rekkefølge (fagparade). Her vurderes hvilke fag som må arbeide i de definerte sonene, når faget skal involveres, og hvor mange ganger hvert fag må gjennomføre arbeid i de aktuelle sonene. Det er også nødvendig å evaluere hvilke forutsetninger som må være oppfylt før hvert fag kan starte sitt arbeid.

Steg 4 - Balansere arbeidsflyten: I dette steget tilpasses planen for å oppnå en balansert arbeidsflyt. Typiske utfordringer inkluderer vurdering av hvilke fag som trenger å redusere eller øke tempoet, hvordan man kan håndtere variasjoner i arbeidsmengden, og hvordan sonene kan tilpasses for å forbedre arbeidsflyten.

Steg 5 - Forstå fagenes varighet: Dette steget innebærer å evaluere gjennomførbarheten og kvaliteten i planen gjennom et pilotprosjekt, ofte referert til som «First-run-studies» på engelsk. Målet er å sikre at planen er levedyktig og å få en grundig forståelse av planens detaljer. Gjennomføringen av denne fasen krever både tid og finansielle ressurser og kan være utfordrende. Det er derfor mer å betrakte som en anbefaling enn som noe som er absolutt nødvendig.

Steg 6 - Etablere produksjonsplanen: Planen og arbeidet gjennomgås nøye for å sikre bedre kontroll og styring gjennom prosjektene. Alle involverte parter gjennomgår taktplanen grundig, for å forsikre seg om at den er gjennomførbar, og at alle forplikter seg til å utføre arbeidet i tråd med planen.

3.8 Produksjonsoppfølging

I praksis er det umulig å opprettholde en optimal arbeidsflyt til enhver tid i et prosjekt. Det kan blant annet skyldes uforutsette hendelser eller variasjon. Selv med grundig planlegging og implementering av taktplanlegging, vil det oppstå avvik som krever justeringer underveis. For å oppnå en optimal arbeidsflyt, er det viktig å være fleksibel og kunne tilpasse seg endringer raskt.

3.8.1 Takt Planning and Takt Control (TPTC)

Kontrolldelen i TPTC har som mål å plassere kontrollen der verdiskapingen skjer - på byggeplassen. Nøkkelen for å motivere ansatte til å delta i møtene er å integrere dem i problemløsningsprosessen. I praksis skjer dette ved hjelp av daglige møter og visuelle styringsverktøy. De daglige møtene inkluderer alle involverte med ansvar for gjennomføring og ledes av byggeleder. Arbeidet administreres ved bruk av visuelle styringsverktøy, som er standardiserte og fungerer som et middel for å visualisere informasjon og oppnå gjennomsiktighet (Binninger et al., 2017).

3.8.2 Buffere

En buffer, som tidligere beskrevet, refererer til en ressurs eller strategi for å håndtere usikkerhet og variasjon i et produksjonssystem. Buffere gjør gjennomføringen mer fleksible og bedre forberedt på å takle endringer (Bataglin et al., 2021). Ifølge Bataglin et al. (2021), benyttes tre buffere innen taktplanlegging; Plass, kapasitet og tid. Hvor kapasitet igjen kan deles inn i tre typer ressurser som er materialer, arbeidere, og utstyr. Figur 8 viser en oversikt over disse med tilhørende ressurser, en beskrivelse av dem og eksempler.

Buffer	Plass	Kapasitet			Tid
Ressurs	Plass	Materialer	Arbeidere	Utstyr	Tid
Beskrivelse	Et ekstra område med arbeid som er tilgjengelig for å håndtere variasjon. Det kan være arbeid i et område som ikke er en del av taktplanen.	Ekstra materialer tilgjengelig på byggeplasser, dersom det er uventet behov for materialer.	Ekstra arbeidskraft tilgjengelig som kan flyttes rundt etter behov.	Ekstra verktøy eller maskiner som holdes tilgjengelig for å håndtere variasjon i behov eller uforutsette hendelser oppstår.	Ekstra tid som legges til i planen eller er tilgjengelig for å håndtere variasjon eller uforutsette hendelser.
Eksempler	Trappoppgang eller korridor.	Gipsplater, skruer, aggregat eller sikringsskap.	Arbeidere som jobber på områder utenfor taktplanen.	Lasermåler, sag eller boremaskin.	En ekstra dag, eller en uke.

Figur 8: Buffere som benyttes ved taktplanlegging, med tilhørende ressurser, beskrivelse og eksempler.

Det kan skilles mellom buffere som er proaktive og reaktive (Bataglin et al., 2021). Proaktive eller forebyggende buffere er strategisk plassert for å redusere usikkerhet ved at det reduserer sannsynligheten for at produksjonen blir påvirket hvis noe uforutsett skjer. Dette kan for eksempel være ekstra materialer (eller bufferlager). Bufferlageret vil redusere produksjonseffekten ved en forsinkelse eller svikt i leveransen. En reaktiv buffer brukes som en respons på en allerede oppstått

forsinkelse eller variasjon. Det kan for eksempel være å legge til en ekstra dag (eller buffervogn) i toget. Hensikten er å stabilisere arbeidsflyten.

3.8.3 Justering av planen

Justering av taktplanen representerer en reaktiv strategi som kan tvinge en til å gjøre endringer i taktplanen, for å balansere arbeidsflyt. Denne «justeringsteorien» er basert på en studie (Binniger et al., 2017). Studien presenterer 31 slike justeringsmekanismer og kategoriserte dem basert på hvor ofte de blir anvendt i et caseprosjekt. De fem mest anvendte beskrives i detalj. Fire av de fem ble også benyttet på Gjøa, og beskrives under:

(1) Flytting til annet taktområde: Hvis et taktområde ikke kan følge den opprinnelige togrekkefølgen, kan de kobles fra og omfordes. For eksempel, hvis et taktområde ikke er klart til å starte opp, kan toget bytte plass med et annet tog. På denne måten kan man starte opp i et annet taktområde, enn det som opprinnelig var tenkt, uten at det påvirker fremdriften i prosjektet

(2) Buffervogn (tom vogn): En tom vogn er en vogn uten noen planlagte arbeidsoperasjoner, men som er brukes for å gi mer slakk under produksjonen. For eksempel, dersom et fag ikke blir ferdig i et taktområde innenfor takttiden, vil en buffervogn gi faget ekstra tid til å fullføre arbeidet før neste fag skal ta over taktområdet. Dette kan føre til en viss forsinkelse.

(3) Utsatt oppstart: Dersom to tog er tenkt å starte samtidig, vil utsatt oppstart si at oppstarten til det ene toget utsettes. For eksempel dersom to boligblokker har oppstart samtidig, kan oppstart for den ene blokken utsettes. Det tilrettelegger for erfaringsbasert læring i det første toget, som man kan dra nytte av ved oppstart av det andre toget.

(4) Togstans: Det er en midlertidig stopp av hele takttoget. Dette skjer vanligvis når det oppstår hindringer eller forstyrrelser i produksjonsflyten som ikke umiddelbart kan løses. Produksjonen gjenopptas først når hindringen er håndtert. Dette vil medføre en forsinkelse i prosjektets fremdrift.

3.9 Mindre arbeidssoner og kortere takttid

I teorien kan man redusere den totale produksjonstiden, ved gjøre arbeidssonene mindre (Jabbari et al., 2020). Når sonene blir mindre, betyr også det at det er mindre arbeid som må utføres i hver sone. Antall arbeidsoperasjoner per vogn blir altså mindre. Videre betyr det at fagarbeiderne bruker mindre til å fullføre arbeidet i en sone, før de kan flytte seg til neste. Mindre tid i hver sone eller vogn betyr at takt-tiden kan reduseres, og dermed redusere den totale produksjonstiden (Jabbari et al., 2020). Figur 9 illustrer dette.

Jabbari et al. (2020) presenterer en formel som støtter dette argumentet. Varigheten av prosessen er lik summen av antall steg (S) i prosessen og antall soner (Z) minus 1, multiplisert med takttiden T(Z). En økning i antall soner tillater mer samtidig gjennomføring av steg i prosessen. Som nevnt, når en sone deles opp i flere soner, blir sonene mindre og takttiden vil derfor reduseres.

Formelen:

$$D = (S + Z - 1) \times T(Z)$$

Parameterne:

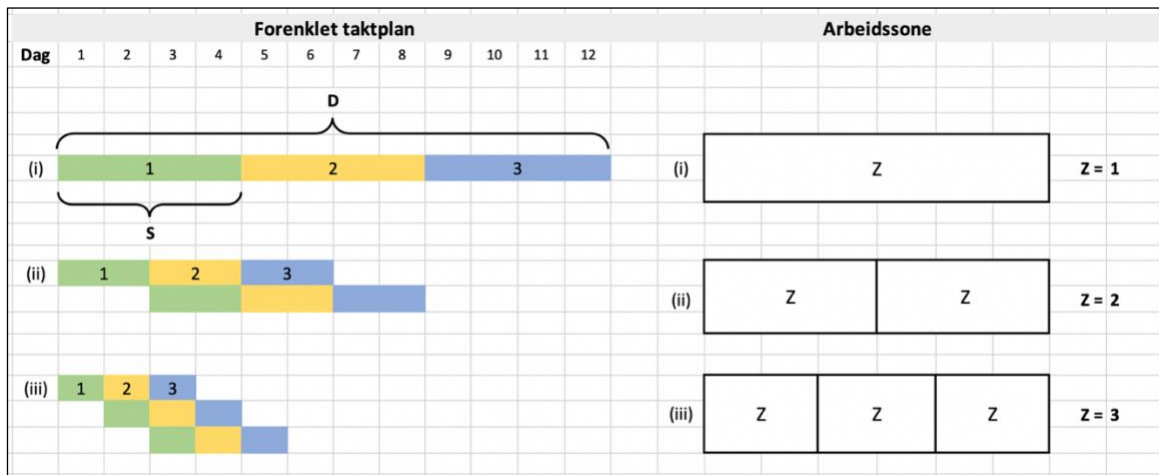
D – Varigheten til prosessen

S – steg i prosessen

Z – Antall soner

T – Takttiden

Figur 9, med tilhørende regneeksempler under, viser hva som skjer med taktplanen eller prosessen når en arbeidssone deles inn i flere soner. De grønne, gule og blå rutene representerer et steg (S).



Figur 9: Taktplanen vil komprimeres når en arbeidssone deles opp i flere soner.

Regneeksempler:

$$(i) D = (3 + 1 - 1) \times 4 = 12$$

$$(ii) D = (3 + 2 - 1) \times 2 = 8$$

$$(iii) D = (3 + 3 - 1) \times 1 = 5$$

I gjennomføringen av et taktprosjekt er den vanlig å benytte ukestakt (Haghsheno et al., 2016). Ukestakt vil si at man har en uke i en arbeidssone, før man må forflytte seg til neste sone. Kortere takttid kan potensielt bidra til å redusere produksjonstiden og kostandene i et prosjekt (Binninger et al., 2018; Jabbari et al., 2020). Samtidig vil dette sette andre krav og påvirke den praktiske gjennomføringen av prosjektet. For eksempel vil det endre logistikk, koordinering og kreve hyppigere overlevering av arbeidssoner.

4. Resultater fra systematisk litteraturstudie

I dette kapitlet presenteres resultatene fra den systematiske litteraturstudien. Formål har vært å avdekke relevante faktorer ved gjennomføring av prosjekter med kort takttid. Kort takttid i denne sammenheng ble definert som en takttid mindre enn ukestakt. For eksempel timestakt eller dagstakt. Hovedfokuset var å undersøke hva som blir spesielt avgjørende når den totale takttiden reduseres.

4.1 Hvordan påvirker en kortere takttid et prosjekt?

Det ble gjennomført en systematisk litteraturstudie i databasene Scopus og IGLC. Resultatene inkluderte til slutt 12 relevante artikler. Ingen av disse 12 artiklene så spesifikt på hva som skjer når man reduserer takttiden. Derimot var 11 av 12 artikler casestudier fra prosjekter med kort takttid, men hvor formålet var å undersøke andre problemstillinger. For eksempel studier som studerte implementeringen av taktproduksjon generelt (Lehtovaara et al., 2019), studier som så på taktproduksjon med ikke åpenbare repetitive soner (Binnering et al., 2018), studier som undersøkte logistikkhåndtering under taktproduksjon Heinonen & Seppänen (2016) og det er studier som sammenligner prosjekter med ulik takttid for å undersøke hva som er god implementeringen av taktproduksjon (Lehtovaara et al., 2021).

Litteraturen adresserer syv områder som har blitt ansett som viktig for suksess med kortere takttid i de tilfellene som er undersøkt.

- (1) Modenhet
- (2) Planlegging og opplæring
- (3) Produksjonsoppfølging
- (4) Visuell styring
- (5) Prøvemodell (eng: mock-up)
- (6) Logistikkhåndtering
- (7) Samarbeid

Blant artiklene som er inkludert, varierte takttiden fra 25 minutter til 2-dagers takt. De fleste av prosjektene benyttet seg av en 1-dags takt. Kort takttid ble hovedsakelig brukt i innredningsfasen av prosjektene og knyttet til prosjekter med høy grad av repetisjon, som bolig- og hotellprosjekter. De inkluderte studiene er primært fra Finland, men vi har også studier fra land som Norge, Tyskland, Irland og USA. De inkluderte studiene er presentert i Tabell 3.

Tabell 3: De inkluderte studiene, publiseringsår, antall caseprosjekter, takttid og prosjekttype.

Referanse	Land	Antall caseprosjekter	Takttid	Prosjekttype
Apgar & Smith (2023)	USA	Et prosjekt	1-dagers takt	Fem datasenter
Apgar et al. (2022)	USA	Et prosjekt	1-dagers takt	Tak-system
Binninger et al. (2018)	Tyskland	Et prosjekt	1-timers takt	Butikklokale
Gardarsson et al. (2019)	Norge	Litteraturstudie	Varierende, diskuterer kortere takttid	Ingen.
Heinonen & Seppänen (2016)	Finland	Et prosjekt	25-minutters takt	Båtkabiner
Keskiniva et al. (2021)	Finland	Et prosjekt	2-dagers takt	Bolig - Renovasjons prosjekt
Kujansuu et al. (2019)	Finland og California	Fire prosjekter	fra 1-dagers takt til ukestakt.	Bolig
Lehtovaara et al. (2021)	Finland	Seks prosjekter	Varierende takt. Fra 1-dagers takt til ukestakt	Hotell og bolig
Lehtovaara et al. (2020)	Finland	24 prosjekter	Varierende takt. Et prosjekt med 1-dagers takt.	Bolig
Lehtovaara et al. (2019)	Finland	Et prosjekt	Varierende takt. Fra 1-dagers til ukestakt.	Bolig
Rieki et al. (2023)	Finland	Et prosjekt	4-timers takt	Hotell
Tetik et al. (2019)	Finland	To prosjekter (Skipsindustri og byggebransjen)	1-dagers takt og 40-minutters takt	Båtkabiner

4.1.1 Modenhet (Erfaring)

Flere artikler diskuterer modenhet i sammenheng med bruk av kortere takttid og taktplanlegging. I fire finske studier (Lehtovaara et al., 2021; Lehtovaara et al., 2020; Tetik et al., 2019; Kujansuu et al. 2019) er begrepet modenhet anvendt, men sjeldent referert til ellers i litteraturen. Imidlertid benyttes det i andre studier begreper som naturlig kan knyttes til modenhet. Noen studier skriver at arbeiderne «overvurderte egen arbeidskapasitet» eller hadde «manglende forståelse» (Binninger et al., 2018). Mens en annen studie påpeker at aktørene «ikke var forberedt» på den intensive taktproduksjonen (Lehtovaara et al., 2019). På denne måten kan en si at begrepet modenhet er omtalt på ulike måter i litteraturen. I artiklene som diskuterer begrepet konkret, forklares det i hovedsak som grad av erfaring. Både Lehtovaara et al. (2021) og Lehtovaara et al. (2020) hevder at lite eller ingen erfaring med taktproduksjon indikerer lav modenhet. Selv om erfaring kan være en viktig del av modenhet, kan denne definisjonen begrense andre viktige aspekter ved modenhet, som for eksempel organisasjonskultur, lederskap, kommunikasjon, samarbeid og læring. Definisjonene som kun knytter modenhetsbegrepet til erfaring avviker fra et mer omfattende syn på modenhet, slik det tidligere er presentert i teori, og kan betraktes som en svakhet i studiene.

Lehtovaara et al. (2021) understreker viktigheten av modenhet ved kort takttid og mindre arbeidssoner. Studien sammenlignet seks ulike prosjekter, hvorav to benyttet dagstakt, mens resten benyttet ukestakt. Modenheten til prosjektorganisasjonen som fulgte dagstakt ble ansett som lav,

ettersom prosjektdeltakerne ikke hadde tidligere erfaring med taktproduksjon. Til tross for god planlegging, møtte de utfordringer med å opprettholde tilstrekkelig arbeidsflyt i prosjektet (Lehtovaara et al., 2021). Redusert takttid og mindre arbeidssoner skulle i teorien øke arbeidsflyten, men i praksis ble det ikke observert betydelige fordeler. Derimot oppnådde prosjektdeltakere med høyere modenhet, som hadde erfaring med takt og brukte ukestakt, tilsvarende fordeler.

Lehtovaara et al. (2020) har utviklet en modenhetsmodell for taktproduksjon ved å analysere 24 prosjekter med varierende takttider, fra ukestakt til dagstakt. Modellen reflekterer tre ulike modenhetsnivåer ved å vise en progresjon fra grunnleggende tekniske aspekter av taktplanlegging til mer avanserte og integrerte tilnærminger som omfatter både sosial integrasjon og kontinuerlig forbedring.

En tredje studie tar for seg begrepet «modenhet» sammenligner skipsverfts- og byggebransjen (Tetik et al., 2019). Den ser spesielt på integreringen av taktproduksjon og logistikk-løsninger. Nivået av modenhet for taktproduksjon er mer avansert innen skipskabinproduksjon. Selve modenhetsbegrepet defineres imidlertid ikke konkret, men forstås som utviklingsnivået av praksiser og prosesser knyttet til integrering og effektivisering av taktproduksjon og logistikk i byggeprosjekter.

4.1.2 Planlegging og opplæring

Funn fra litteraturstudien viser at nøye planlegging er avgjørende for suksessen i prosjekter med kortere takttid (Apgar & Smith, 2023; Apgar et al., 2022; Binninger et al., 2018; Lehtovaara et al. 2021; Lehtovaara et al., 2020; Lehtovaara et al. 2019; Rieki et al., 2023; Tetik et al. 2019).

Rieki et al. (2023) gjøre rede for planleggingsinnsatsen ved ombygging av et kontorbygg til hotell, med firetimers takt, var avgjørende for prosjektets suksess. Ledelsen prioriterte grundig planlegging, og seks måneder før prosjektstart arrangerte de en to-dagers workshop med produksjonsledelsen, fasilitert av eksterne eksperter. To i ledelsen jobbet fulltid med å finjustere taktplanen i tre måneder fram til byggestart. Samtidig fikk logistikkleverandørene ansvar for å definere prosessene som støttet materialhåndteringen i tråd med taktplanen. Før produksjonsstart ble det holdt forberedelsesmøter med involverte aktører. Forberedelsene inkluderte opplæring i taktprinsipper, innspill til planens detaljer ble gitt og taktplanens gjennomførbarhet ble vurdert. Ledelsesteamet rapporterte at disse forberedelse var avgjørende for en effektiv produksjonsprosess.

Resultatet samsvarer med funn fra Lehtovaara et al. (2019) som vektlegger grundig opplæring i taktprinsippene, detaljert planlegging og en forsiktig tilnærming i oppstart av produksjon som nøkkelkomponenter for effektiv taktproduksjon. Studien poengterer at nøye vurderinger og tilpasninger av arbeidsoperasjoner før produksjonsstart er avgjørende. Lærdommene fra prosjektet, som benyttet dagstakt, er viktigheten av grundig planlegging for å løse hindringer tidlig nok, samarbeid med involverte fag, slik at taktstyringen kan fokusere på forbedring av produksjonsflyten i stedet for reaktiv brannslukking. Uten god forberedelse risikerte man å vende tilbake til tradisjonelle arbeidsmåter.

I et prosjekt med 1-dages takt og 40- minutters takt avdekket Tetik et al. (2019) modenhetsutfordringer i planleggingsprosessene i byggebransjen. Ofte er ikke prosjekter tilstrekkelig prosjektert før byggestart. Denne mangelen på modenhet i planleggingsprosessen førte til utfordringer med å utvikle anskaffelses- og materialleveringsplaner fordi prosjektdetaljene ikke var tilstrekkelig detaljert.

I andre studier av Lehtovaara et al. (2021) og Lehtovaara et al. (2020), pekes på viktigheten av å identifisere hindringer i planleggingen for å optimalisere produksjonen ved bruk av kortere takttid. Lehtovaara et al. (2021) anbefaler integrering av taktproduksjonskrav tidlig i designfasen for å legge til rette for bedre samarbeid mellom designere og produksjonsteam, mens Lehtovaara et al. (2020) fremhever betydningen av proaktiv planlegging ved implementering av taktplanlegging. Dette reduserer behovet for å gjøre arbeidet om igjen og reduserer kvalitetsfeil, samt det skaper en jevnere produksjonsprosess ved bruk av mindre arbeidssoner og kortere takttid. Studiene advarer samtidig om at for små bufferområder, som er reserver eller marginer for å håndtere uforutsette hendelser, kan skape problemer i produksjonsflyten. Spesielt i situasjoner med høy variasjon i prosessen fordi det gir mindre rom for å håndtere uforutsette hendelser eller forsinkelser.

4.1.3 Produksjonsoppfølging

Når taktplanen er etablert og byggefasen starter, understreker forskningen betydningen av nøye oppfølging av produksjonen. Dette omfatter aktiv styring og overvåking av arbeidsflyten for å sikre at arbeidet følger den fastsatte takttiden. Viktige elementer i denne prosessen inkluderer gjennomføring av daglige koordineringsmøter (daily huddle) og styring av buffere. Flere studier bekrefter viktigheten av disse aspektene for å opprettholde en effektiv produksjonsflyt og at dette i sterkere grad gjør seg gjeldende ved kortere takttid (Apgar & Smith, 2023; Riecki et al., 2023; Lehtovaara et al., 2021; Gardarsson et al., 2019).

I en studie med en fire timers takt erfarte produksjonsledelsen økt arbeidsmengde, på grunn av økt behov for tettere oppfølging av produksjonen (Riecki et al., 2023). Senere ble den korte takttiden sett på som den viktigste faktoren for suksess. Lederteamet følte at den korte takttiden, til tross for den ekstra arbeidsbyrden den førte med seg, ga dem både muligheten til å være fleksible og å ha god kontroll under produksjonen.

Binninger et al. (2018) gjorde tilsvarende funn. Tett oppfølging og dedikert ledelsesengasjement var avgjørende for suksessen til et butikkinteriørprosjekt i Tyskland, spesielt etter at prosjektet støtte på startvansker (Binninger et al., 2018). Prosjektet, som var delt inn i 11 soner med en timetakt, møtte bekymringer fra underentreprenører knyttet til den stramme taktplanen. I starten jobbet arbeiderne ukoordinert, noe som resulterte i ineffektivitet og forsinkelser i planlagt fremdrift. Den initielle overvurderingen av egen arbeidskapasitet og manglende forståelse av oppgavens kompleksitet, fikk konsekvenser for både prosjektets tidsramme og ressursbruk. Arbeiderne opplevde en bratt læringskurve og tilpasset seg gradvis den nye arbeidsmetoden. Ledelsen var aktivt involvert gjennom hele prosjektet, og signaliserte tydelig engasjement, spesielt i løpet av de første utfordrende dagene. De gjorde hyppige inngrep, inkludert justeringer og omorganisering av taktområder, for å håndtere underentreprenørens forvirring relatert til den nye byggesekvensen. Lederen ga kontinuerlig veiledning for å hjelpe arbeiderne med å tilpasse seg den nye arbeidsmetoden og dette resulterte i at prosjektvarigheten ble redusert fra ti til tre dager. Like funn ble observert av Apgar & Smith (2023), som observerte at kortere takttid krevde økt engasjement fra både lederteam og entreprenører.

Flere studier peker på behovet for flere ressurser, samt aktiv produksjonsledelse og daglig oppfølging i styringen av prosjekter med kort takttid (Keskiniva et al., 2021; Lehtovaara et al., 2019). Ved kort takttid er det begrenset tid tilgjengelig for å håndtere produksjonsforstyrrelser. Lehtovaara et al. (2021) peker på behov for flere ressurser, spesielt innen stedsledelse og blant faglige ledere i planleggings- og oppstartsfasene. Dette økte behovet for ressurser skyldes hovedsakelig behovet for hyppigere koordinering og styring av taktproduksjonen.

Daglige koordineringsmøter

Daglige møter anses som helt nødvendige for den daglige styringen og er ansett som en vesentlig suksessfaktor i byggingen av et hotell med 4-timers takt (Riekkil et al., 2023). Riekkil et al. (2023) sier at møtene bidro til å skape en felles situasjonsforståelse og muliggjorde rask respons på utfordringer i arbeidet. Dette blir støttet av flere andre studier (Lehtovaara et al., 2019; Kujansuu et al. 2019). Ifølge Kujansuu et al. (2019) ble daglige møter sett på som en effektiv måte å starte arbeidsdagen på, ved å dele informasjon og evaluere fremgangen fra dagen før. Samme observasjon er gjort av Lehtovaara et al. (2019), men da som læringspunkt på grunn av fraværet av gode rutiner og daglige møter.

Buffere og justeringer av planen

Bufferstyring, som tidligere beskrevet, er en tilnærming innen produksjons- eller prosjektstyring som bruker reserver eller buffer for å håndtere usikkerhet og variasjoner i arbeidsflyten. Det innebærer å sette av ekstra tid, ressurser eller materialer for å håndtere uforutsette hendelser uten å forstyrre fremdriften.

Gardarsson et al. (2019) påpeker at kortere takttid begrenser tiden til å håndtere forsinkelser eller uventede utfordringer i prosjekter. Å dele inn i mindre arbeidssoner kan redusere den totale produksjonstiden og kostnadene, men øker risikoen for forsinkelser. Keskiniva et al. (2021) støtter dette og poengterer at taktplanlegging med kortere takttid kan være rigid, noe som kan gjøre det vanskelig å tilpasse seg endringer. Dette kan påvirke evnen til å opprettholde takten. Keskiniva et al. (2021) understreker at derfor at daglig overvåking og justeringer underveis er helt nødvendig for å unngå forsinkelser.

Lehtovaara et al. (2021) beskriver at i situasjoner med kort takttid kan taktproduksjon skape utfordringer dersom håndverkere ikke klarer å håndtere kapasitetsbuffer eller hvis ressursene er ubalanserte. Problemer oppstår når det er for mange eller for få arbeidere, utilstrekkelig med materiell eller mangel på utstyr for å fullføre arbeidet. Bruk av kortere takttid vil endre håndverkernes ansvar og tilnærming til kapasitetsstyring og planlegging. Lehtovaara et al. (2021) hevder arbeiderne må ta mer ansvar for å håndtere kapasitet og planlegge ressurser, i stedet for å bare stole på å ha ekstra tid og ressurser som man typisk vil ha ved lengre takttid. For å kunne dra nytte av den kortere takttiden, må håndverkere være flinkere til å proaktivt koordinere arbeidet.

En annen studie, som gjennomført 4-timers takt, lyktes godt med bruk av buffer og justeringer av planen under gjennomføringen (Riekkil et al., 2023). Dette inkluderte justering i arbeidssteg, vognrekkefølge, tillegg av nye steg og buffervogner. Den korte takttiden og en grundig planlegging gjorde taktplanen svært fleksibel for justeringer, selv om det krevde noe innsats å tilpasse planene.

Lehtovaara et al. (2019) som undersøkte dagstakt, rapporterer hvordan en for «hard start» i prosjektet, uten en gradvis økning av takten hadde negative konsekvenser. Den harde starten førte til manglende forpliktelse fra underentreprenørene til å følge takten. Det pekes også på at mer tid burde vært avsatt for å kontrollere arbeidet i de første leilighetene for å effektivt eliminere feil. Studien fremhever behovet for en mykere oppstart og økt engasjement fra underleverandørene.

4.1.4 Visuell styring

Flere studier trekker frem elementer av visuell styring som nyttige hjelpemidler ved bruk av dagstakt (Lehtovaara et al., 2021; Lehtovaara et al., 2019; Riekkil et al., 2023). Med visuelle styring menes for eksempel digitale verktøy, tavler og symboler for å effektivisere arbeidsflyt og kommunikasjon. I

denne oppgaven er bygningsinformasjonsmodellen (BIM), som brukes for å rapportere fremdrift og avvik, et eksempel på et digitalt hjelpemiddel.

Digitale verktøy

Digitale verktøy pekes på som sentrale i å opprettholde tidsplaner som samsvarer med faktisk produksjonen (Riekki et al., 2023). Lærdommer fra en studie med dagstakt viste at forbedret opplæring og bruk av digitale styringsverktøy bidro til mer effektiv taktstyring (Lehtovaara et al., 2019). Ifølge Lehtovaara et al. (2019) bør man prioritere digitale verktøy som tillater nøyaktig sporing av arbeidet og fremmer effektiv læring i produksjonsprosessen. For eksempel verktøy som lar deg følge fremdriften, registrere tidsbruk, identifisere hvor ressursene brukes, og generelt sett ha et klart bilde av hvordan arbeidet utvikler seg i sanntid. Digitale verktøy har potensial til å tilby visuell veiledning, skape en mer fleksibel og transparent daglig styring, og muliggjør kontinuerlig forbedring gjennom analyse av innsamlede data. For effektiv bruk av slike verktøy, er det nødvendig med god implementering og opplæring.

Justeringer av taktplanen under produksjonen kan kreve mye manuelt arbeid (Lehtovaara et al., 2021). Taktplanen ble utarbeidet i et regneark, med begrenset automatisering og hver endring krevde flere timer eller til og med en hel dags arbeid for å oppdatere og gjøre tilgjengelig. De manuelle endringer av taktplanen var tidkrevende og kunne forsinke håndteringen av produksjonsproblemer. Effektiviteten i justeringene kunne vært bedre med mer automatiserte verktøy, som ville tillatt raskere respons på oppståtte problemer.

Andre visuelle styringselementer

Et hotellprosjekt med 4-timers takt brukte også en rekke andre visuelle verktøy, for å styrke styringen og forbedre kommunikasjonen på byggeplassen. Dette inkluderte bruk av store og små taktplaner som ble hengt opp flere steder på byggeplassen, 4D-animasjoner som illustrerte arbeidsflyten, og gulvmarkeringer med malte romnumre. Disse verktøyene ble implementert for å hjelpe arbeiderne med å ikke bare forstå tidsplanene bedre, men også navigere seg effektivt på byggeplassen og forbedre den overordnede arbeidsflyten. Elementene bidro til å skape en felles forståelse blant teamet og gjorde det enklere for både erfarne og nye arbeidere å identifisere arbeidsområder. Spesielt ble gulvmarkeringene med romnumre sett på som spesielt nyttige for å orientere seg (Riekki et al., 2023).

4.1.5 Prøvemodell (eng: mockup)

Overnevnte prosjekt gjorde et forsøk på å planlegge og konstruere en prøvemodell av et hotellrom før byggstart, utenfor selve byggeområdet (Riekki et al., 2023). Studien fremhever at slike forsøk kan gi verdifull innsikt i potensielle utfordringer og muligheter til detaljer i arbeidsprosessene. Imidlertid fullførte de ikke prøvemodellen før byggstart, og fikk derfor begrenset læring fra den. Konklusjonen ble at slike prøvemodeller må fullføres for at man skal kunne dra nytte av potensielle fordeler i plan- og prosjektfasen.

4.1.6 Logistikkhåndtering

Logistikkhåndtering og kortere takttid er også behandlet i noen artikler. Nøye koordinering mellom leveranser av materialer og taktplanen ble fremhevet som viktig for fremdriften i en studie (Riekki et al., 2023). Andre studier utforsker anvendelsen av industrialisert logistikk fra skipsverftsbransjen som en strategi for å imøtekomme behovene i byggebransjen (Heinonen & Seppänen, 2016; Tetik et al., 2019).

Riecki et al. (2023) beskriver hvordan en systematisk tilnærming til logistikkhåndteringen bidro til å optimalisere materialflyten. Prosjektet benyttet fire timers takt, og beliggenheten var i et bysentrum. Materialer ble levert på to ulike måter for å effektivisere prosessen. Store og tunge materialer, som gipsplater og prefabrikkerte betongelementer, ble strategisk lagret eksternt og levert til byggeplassen etter behov. Samtidig ble mindre materialer som vannkraner og lysbrytere direkte levert til byggeplassen og lagret lokalt for enkel tilgang. Undersøkelsens observasjoner og intervjuer bekreftet at lagerbeholdningen ble holdt lav, noe som unngikk overfylte lagre og unødvendige forflytninger, da lagerbeholdningen for de viktigste materialene ikke oversteg én dags forbruk. Ifølge studien opplevde også byggeplassledelsen at de daglige leveringsplanene forenklet styringen av logistikken.

Tetik et al. (2019) viste at uønsket variasjon i taktproduksjonen kunne reduseres ved hjelp av spesifikke logistikk-løsninger. De baserte seg på erfaring fra skipsverftindustrien. Disse løsningene involverte plukking og forberedelse av materialene i et eksternt logistikk-senter. Videre indikerte studien at taktproduksjon og logistikk-løsninger måtte implementeres samtidig. Byggebransjen kunne lære av den erfarne skipsverftsindustrien når de utviklet logistikk-rutiner for å støtte taktproduksjonen.

I et annet skipsverftsprosjekt for bygging av kabiner med 25 minutters taktid, ble logistikk-løsninger som materialesekvensering og JIT-leveranser fremhevet som relevante for byggebransjen (Heinonen & Seppänen, 2016). Materialene til hver kabin ble organisert på traller og levert akkurat i tide og i henhold til taktplanen. Standardiserte arbeidsrutiner forenklet prosessen ytterligere, noe som sikret jevn flyt og tidsnok materialtilgang.

Kontinuerlig tilførsel av materialer til byggeplassen var også avgjørende for å hele tiden ha materialer tilgjengelig (Heinonen & Seppänen, 2016). Tett samarbeid med leverandører var nødvendig for å opprettholde JIT-leveranser. Leverandører ble integrert i prosessen, og tilførselen ble justert i tråd med prosjektets behov. Implementeringen av avanserte lagerstyringssystemer bidro til å gi leverandørene sanntidsinformasjon om prosjektets materialbehov. Dette tillot leverandørene å opprettholde optimale lagernivåer og levere materialer i henhold til fastsatte JIT-krav. I tillegg ble leveranser med lang ledetid nøye planlagt og kontinuerlig fulgt opp for å håndtere eventuelle forsinkelser. Grundig planlagte leveranser og materialflyt reduserte overflødig lagring og forhindret tidstap på grunn av manglende materialer.

4.1.7 Samarbeid

To hovedområder ved samarbeid går igjen i flere studier som avgjørende for vellykket gjennomføring av prosjekter med korte taktider. Det første er samarbeid gjennom involverende planlegging mellom designerteam, hovedentreprenør, underentreprenører og leverandører. Dette er belyst i 3.7.3 Planlegging og opplæring, og 3.7.6 Logistikkhåndtering. Det andre omhandler betydningen av kontraktsmodeller som effektivt støtter gjennomføring av takt og legger til rette for et godt samarbeid. Større fokus på samarbeid i kontraktsmodellene er avgjørende for å håndtere utfordringer knyttet til korte tidsfrister og komplekse arbeidsmetoder (Heinonen & Seppänen, 2016).

Kujansuu et al. (2019) avdekket at motstridende kontraktsmodeller skapte hindringer for samarbeidet i prosjektet. Uenighet om kontraktsstruktur og vilkår mellom partene, samt manglende praktisering av disiplinert Lean-ledelse påvirket tilliten negativt mellom hovedentreprenør og underentreprenører. Korte taktider krevde nøye ledelse, administrasjon og koordinering av endringer

i arbeidsmetodene. Studien avslørte at hovedentreprenørens ledelse ikke oppfylte nødvendige produksjonskrav. Utviklingsområdene fokuserte på åpenhet og samarbeid mellom partene, spesielt mellom hovedentreprenør og underentreprenører. Studien konkluderer med at det bør tas i bruk nye kontraktsformer som legger til rette for dette.

Lehtovaara et al. (2019) beskriver lignende funn om kontrakter og krav til taktproduksjon. Betaling basert på stykkpriser påvirket arbeidsprosessene negativt, spesielt ved installasjonen av gipsvegger. Heinonen & Seppänen (2016) har de samme funnene og foreslår nye kontraktsformer som legger vekt på samarbeid og belønner innovasjon.

4.2 Oppsummering av resultater fra systematisk litteraturstudie

Under gis en oppsummering av hovedfunnene i den systematiske litteraturstudien.

Modenhet: Hovedbudskapet utledet fra artiklene er at modenhet i prosjekter med kortere takttid og taktplanlegging er knyttet til erfaring og evnen til å tilpasse seg. Studiene indikerer at prosjekter med høyere modenhet bedre håndterer utfordringene med kortere takttider, mens de med lav modenhet møter større utfordringer.

Planlegging og opplæring: Grundig planlegging og forberedelse er viktig for at prosjekter skal lykkes med kortere takttid. Det vil si detaljert planlegging, tidlig integrering av taktproduksjonskrav, og opplæring i taktprinsipper. Artiklene viser også viktigheten av proaktiv planlegging for å unngå hindringer, redusere risikoen for kvalitetsfeil og behovet for å gjøre arbeidet om igjen.

Produksjonsoppfølging: Kortere takttid krever mer aktiv oppfølging i produksjonsfasen, men gir også fleksibilitet og bedre kontroll. Daglige koordineringsmøter spiller en viktig rolle for å håndtere utfordringer og sikre felles forståelse. Oppstartsfasen bør tilpasses og legge til rette for læring slik at de arbeidere og ledere kan tilpasse seg arbeidsmetodikken (kortere takttid). Kontinuerlig justering av planer og bufferstyring er viktig for å møte prosjektutfordringer og unngå forsinkelser.

Visuell styring: Digitale verktøy, som for eksempel BIM, vil kunne forenkle arbeidsflyt og kommunikasjon i prosjekter med kortere takttid. I tillegg er det positiv med bruk av flere visuelle verktøy, som for eksempel papirutgaver av taktplaner rund omkring på byggeplassen og gulvmarkeringer, for å forsterke styring og kommunikasjon på byggeplassen.

Prøvemodell (mock-up): Utvikling og testing i en prøvemodell kan gi verdifull erfaring til plan- og prosjektfasen.

Logistikkhåndtering: Artiklene tar for seg betydningen av at det er samsvar mellom leveranser og taktplaner med tanke på materialflyt og prosjektfremdrift. Effektive strategier inkluderer systematisk planlegging, læring av logistikk løsninger brukt i andre bransjer (skipsverftsindustrien) som for eksempel materialesekvensering og «Just-In-Time»-leveranser, samt integrering av leverandører. Til slutt diskuteres hvordan avanserte lagerstyringssystemer bidrar til å sikre kontinuerlig materialtilførsel og minimere tidstap.

Samarbeid: Flere artikler fremhever viktigheten av samarbeid gjennom involverende planlegging, og effektive kontraktsmodeller for å oppnå suksess i prosjekter med korte takttider. Konflikter i kontraktsstrukturer og mangel på samarbeid, spesielt mellom hoved- og underentreprenører, er identifisert som hindringer for suksessfulle prosjekter.

Litteraturgjennomgangen over har avdekket noen nøkkelutfordringer og suksessfaktorer i prosjekter med korte takttider. Dette har vært et fundament for å besvare forskningsspørsmålene og fokuset i datainnsamlingen. I neste kapittel presenteres funn fra casestudien.

5. Resultat

I denne delen vil resultatene fra casestudien bli presentert. Kapittelets struktur følger forskningsmålene som ble presentert i introduksjonen. Først vil en beskrivelse av casen bli presentert, inkludert hvordan planleggings- og produksjonsprosessen er gjennomført (FS1). Hva som endres i gjennomføringen når man går fra ukestakt til dagstakt (FS2). Deretter vil utfordringer knyttet til gjennomføringen av prosjektet bli presentert (FS3). Den siste delen vil belyse lærdommer til fremtidige prosjekter (FS4).

5.1 casestudie

Gjøa er et boligprosjekt i Tromsø sentrum og utgjør en del av Vervet-bydel, som inkluderer tre unike boligkonsepter: Fram, Gjøa og Maud. Gjøa består av syv boligblokker, med til sammen 189 leiligheter, med bod- og næringsareal i første etasje. Byggestart var i første kvartal av 2022.



Bilde 1: Illustrasjonsbilde av Gjøa. Brukes etter tillatelse av Vervet. Illustrasjon av LPO.

Prosjektet er delt inn i to byggetrinn. Det første byggetrinnet omfatter blokkene I, J, K og L. Det andre byggetrinnet involverer de gjenværende blokkene M, N og O (Bilde 1). Oppgaven vil videre kun omhandle byggetrinn 1.

Dette er det andre prosjektet hvor Consto benytter dagstakt, men det første som benytter dagstakt fra byggestart. Taktplanen ble kun benyttet for innredningsarbeidet i standardleilighetene. En standardleilighet er en boenhet uten unike løsninger og som gjentas flere steder i bygget. Fellesarealer som svalgang, bod- og næringsarealer var ikke en del av denne taktplanen. I tillegg ble det utarbeidet en egen taktplan for toppleilighetene, som fulgte ukestakt. Dette ble sett på som mer egnet siden disse leilighetene var større, hadde unike planløsninger og flere av dem hadde plass-støpte bad.

Dagstakt ble gjennomført på standardleilighetene, disse områdene er markert på Figur 10 og 11. To leiligheter ble definert som en arbeidsone. Hvert fag fikk en dag til å fullføre sitt arbeid i en sone, med overlevering til neste fag påfølgende morgen. Like planløsning og leilighetsstørrelser på standardleilighetene tillot en «naturlig» soneinndeling. Alle leilighetene (bortsett fra noen av toppleilighetene) hadde prefabrikkerte baderom. Baderommene ble levert ferdig på byggeplass, og var allerede plassert i leilighetene når innledningsfasen startet. Tabell 4 viser en oversikt over blokkene, antall etasjer, antall leiligheter, totalt gulvareal og grad repetitivt arbeid.

Tabell 4: Antall standardleiligheter per blokk.

Blokk	I	J	K	L
Antall etasjer	6	8	7	10
Antall standard leiligheter	35	16	30	21
Gulvareal per enhet	42 – 50 kvm	42 – 63 kvm	42 – 50 kvm	50 – 60 kvm
Toppleiligheter	-	3	-	2

De markerte områdene, i Figur 10, viser leilighetene som var en del av dagstakten. Hver farge i Figur 10 representerer separate tog. Det første toget fulgte ruten gjennom I- og J-blokkene (oransje), det andre gjennom K-blokken (grønn), og det siste gjennom L-blokken (blå). Den samme taktplanen ble implementert gjennom alle blokkene, med kun små justeringer underveis.

Tallene og punktlinjen gir en visuell fremstilling av togenes bevegelse gjennom blokkene. Tallet 1 indikerer at toget startet i den sonen og fulgte pilretningen. Når pilen stopper, markerer det at toget fortsatte i etasjen under (ved neste tall, 2 i dette tilfellet) og deretter langs pilretningen.



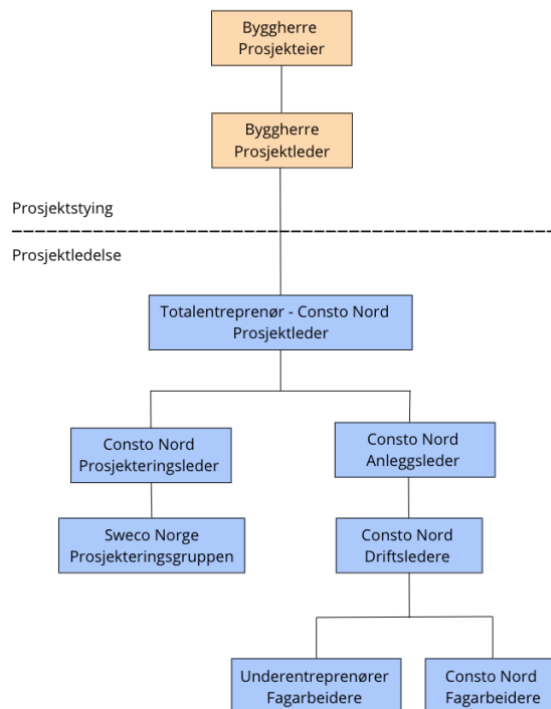
Figur 10: De markerte områdene (oransje, grønn og blå) viser hvor dagstakt ble gjennomført.



Figur 11: Soneinndelingen i 4.etasje i byggetrinn 1.

Prosjektorganisasjonen

Consto var totalentreprenør og ledet prosjektgjennomføringen. Prosjektledelsen besto av prosjektsjef, anleggsleder og driftsledere. Consto AS hadde noen egne fagarbeidere på blant annet betong og tømmer, men flesteparten av fagarbeiderne var kontraherte underentreprenører. Figur 12 viser et forenklet organisasjonskart over prosjektorganisasjonen.



Figur 12: Prosjektorganisasjonen.

I starten av prosjektet var det kun en anleggsleder, referert til som Anleggsleder 1 (AL1). I løpet av byggetrinn 1 ble en ekstra anleggsleder satt på prosjektet, kalt Anleggsleder 2 (AL2). AL1 fikk ansvaret for utvendig produksjon, mens AL2 for innvendig produksjon. De to samarbeidet tett under byggetrinn 1, hvor AL2 hadde mer ansvar for oppfølging av taktplanen og koordinering av fagene. Hen ledet daglige møter på byggeplassen, ukentlige fremdriftsmøter og ble ofte kontaktet ved eventuelle utfordringer med fremdriften i prosjektet.

5.2 Hvordan ble taktplanen planlagt og gjennomført? (FS1)

Dette delkapitlet tar for seg forskningsspørsmål 1 (FS1), som omhandler planlegging og gjennomføring av prosjektet. Først gis en beskrivelse av vurdering som ble gjort av underentreprenør før de ble valgt til prosjektet. Deretter beskrives planleggingen av taktplanen og hvordan det første taktmøtet ble gjennomført. Begrunnelsen for hvorfor det ble valg å benytte dagstakt basert på intervjuresultater, blir presentert. Til slutt gis en beskrivelse av utførelsen og gjennomføringen av taktplanen.

5.2.1 Vurdering av underentreprenør

Consto gjorde en totalvurdering ved anskaffelsen av underentreprenøren. Vurderingskriterier som ble vektlagt var pris, kapasitet, kunnskap & kompetanse, og organisatoriske (HMS, ledelse, kvalitetssikring). En av informantene kommenterte at dette ofte også påvirkes av markedet. Under kontraheringsfasen på GjØa var det en periode med betydelig usikkerhet, hvor mange tilbydere ikke ønsket å påta seg oppdraget, hovedsakelig på grunn av økende materialkostnader og begrenset tilgang på varer.

5.2.2 Planlegging

Taktplanen for byggetrinn 1 ble utarbeidet i flere møter. Hovedfokus er på det første møtet, da den første versjonen av taktplanen ble laget. De påfølgende møtene ble organisert ved behov, med hensikt å gjennomgå arbeidet og evaluere de valgene som var tatt. Målet var å sikre enighet blant alle involverte om den endelige taktplanen.

Før første møtet

Litt under to måneder før det første taktmøtet, ble det sendt ut en innkalling til taktmøtet til alle involverte aktører på e-post. I innkallingen var en kort beskrivelse av arbeidet som allerede var i gang på GjØa, forslag til takttid på en dag og en soneinndeling med to og to leiligheter, noen definerte oppgaver som aktørene måtte forbedre før første taktmøte og en vedlagt taktplan fra et tidligere dagstakt prosjekt som referanse.

Det forberedende arbeidet underentreprenørene skulle gjøre er vist i punktlisten nedenfor:

- Definere egne arbeidsoperasjoner: Aktøren skulle vurdere og definere hvilke arbeidsoperasjoner som er nødvendig for å gjennomføre i prosjektet.
- Vurdere varighet av hver arbeidsoperasjon: Aktøren skulle vurdere ut fra de definerte arbeidsoperasjonene, hvor lang tid de trolig vil trenge per arbeidsoperasjon. Dette basert på egne erfaringstall.
- Vurdere bemanning til hver arbeidsoperasjon: Hvor mange trengs for å gjennomføre aktiviteten gitt den definerte arbeidsoperasjon og varigheten på den.
- Identifisere avhengighet med andre fag: Se om det er noen arbeidsoperasjoner som er avhengig av andre fags arbeid. For eksempel er tømmeren avhengig av at skjultanlegget er lagt, før hen kan begynne å legge gulv.

Valget om å benytte dagstakt

Consto ønsket at prosjektet skulle gjennomføres med dagstakt. I intervjuene ble det kommentert at valget om dagstakt var basert på erfaringer med at det gikk fortere enn ukestakt. Som nevnt i teorikapitlet, kan en kortere takttid gi en kortere prosjektgjennomføring fordi det komprimerer byggetiden. En informant forklarte dette:

«Forskjellene er også at du får tettet de åpne rommene du har i en ukestakt. Hvis kjøkkenmontøren har en uke, men er ferdig etter to dager, så står leiligheten tom i tre dager. Det var de åpne rommene vi ønsket å prøve å tette med å kjøre dagstakt.»

En viktig begrunnelse for å benytte dagstakt var å rekke fristen for overlevering. Blant annet fordi det var det en forsinkelse med bæresystemet, noe som også ga følgeforsinkelser for resten av prosjektet og gjorde det nødvendig å se hvordan innredningsfasen kunne kortes ned.

Dagstakt ble også ansett av Consto som en mer passende tilnærming for dette prosjektet sammenlignet med ukestakt. Dette på grunn av prosjektets struktur med små og få leiligheter per etasje. Likartete leilighetene la til rette for gjentakende arbeidsoperasjoner, som passer godt med dagstakt. Under intervjuene kom det også fram at dagstakt legger til rette for at arbeiderene gradvis kan øke sin effektivitet, etter hvert som de blir mer kjent med denne måten å arbeide på. Det vil si hyppigere gjentakelse av oppgavene gjør dem mer fortrolige og effektive i arbeidsmetoden. Forventningen var at dette skulle resultere i en stadig økende hastighet utover i prosjektgjennomføringen.

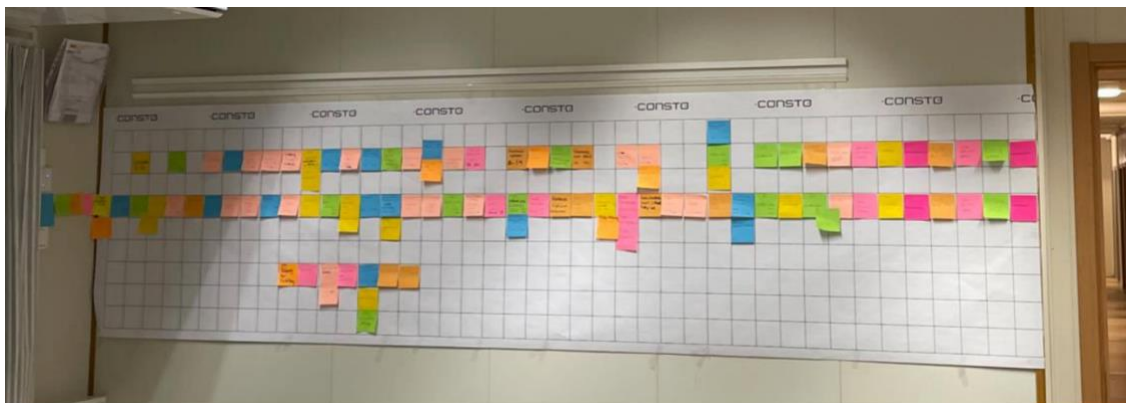
Første taktmøte

Alle deltakerne på møtet var kjent med prinsippene for taktplanlegging. Samtlige hadde erfaring med ukestakt, mens kun noen få hadde tidligere erfaring med dagstakt. Disse deltakerne hadde deltatt i Bjerkaker Sjøpark, et annet Consto-prosjekt, hvor de siste byggetrinnene ble gjennomført med dagstakt. Bjerkaker Sjøpark var Constos første prosjekt med denne takttiden.

Det første taktmøtet ble avholdt som en dags workshop 12. januar 2023. Det ble innledet med en presentasjon av «Involverende Bygging Consto» (IBC). Dette er en tilnærming til planlegging og gjennomføring som er basert på Lean filosofien og er noe Consto benytter i alle sine prosjekter. I gjennomgangen av IBC ble aktørene presentert for ulike verktøy og metoder i IBC. I tillegg ble det vist til referanseprosjekter og tidlige erfaringer, for å demonstrere hvordan tilnærmingen fungerer. Deretter fulgte en gjennomgang av «Syv steg med taktplanlegging», som er IBC sin fremgangsmåte for å lage en taktplan. Det var disse stegene som ble fulgt når taktplanen skulle utarbeides.

Utarbeidelse av taktplanen

Utarbeidelsen av taktplanen ble gjennomført på en veggtafle i brakkeriggen på GjØa (Bilde 2). I intervjuene ble det kommentert at planleggingen fulgte de syv stegene for taktplanlegging. En kortfattet beskrivelse av disse stegene er presentert i punktlisten nedenfor, mens den fulle versjon er tilgjengelig på Constos nettsider.



Bilde 2: Veggtavlen som ble brukt til taktplanlegging på Gjøa. IBC-ansvarlig sin PowerPoint.

Syv steg med taktplanlegging

1. Etablere taktområder: Plantegninger brukes til å dele bygget i soner, kalt taktområder, hvor ulike fag skal utføre arbeid.
2. Finne arbeidsrekkefølge (vogner): Alle de involverte aktørene lager en egen liste over arbeidsrekkefølge ved å skrive ned arbeidsoperasjonene på Post-it lapper.
3. Tog formes: Arbeidsoperasjonene settes sammen i et «tog» som representerer planlagte rekkefølger for byggeprosessen i hvert taktområde.
4. Kalkulere arbeidsmengde: Etter å ha formet toget, beregner hver aktør tidsbruken de trenger for hver arbeidsoperasjon. Dette gjøres på egne lister. Det er nå rekkefølgen blir endelig konkretisert.
5. Toglengden bestemmes: Lengden på hvert tog bestemmes i felleskap, og det definerer den totale byggetiden, vanligvis med én aktivitet per vogn, men justerbart ved behov.
6. Taktområde kontrolleres/justeres: En felles gjennomgang og kvalitetssikring av taktområdenes størrelse og omfang.
7. Byggestrategi utformes og taktplan etableres: Beslutninger tas om logisk rekkefølge med hensyn til kompleksitet, som resulterer i den endelige taktplanen og togstrukturen.

Under utviklingen av taktplanen ble den tidligere distribuerte versjonen, som hadde blitt sendt via e-post, vist på skjerm. Denne planen fungerte som eksempel og referanse, og ble brukt til å belyse strukturen til en taktplan med 1-dagers takt. Den ga også innsikt i hvordan arbeidsoperasjoner hadde vært definert og hvordan vognrekkefølgen organisert.

Det ble videre gjennomført flere taktmøter før aktørene var enige om taktplanen. Flere av informantene fortalte at de var fornøyde med taktplanen, mens andre var mer skeptiske. En informant sa:

«Jeg var veldig skeptisk. Jeg trodde kanskje ikke det var gjennomførbart. Jeg var veldig spent på at det skulle bli en veldig utrivelig byggeplass, med tanke på avvik.»

En annen sa:

«Jeg så jo at det ble tight, men trodde det var mulig å overholde [...] Men (vi var) avhengig av at alt gikk på skinner [...] Men førsteinntrykket var bra, og ideen er bra.»

Den ferdige taktplanen ble til slutt justert av AL2 ved at kontrollvogner ble lagt til før gjennomføring. En kontrollvogn er totalentreprenørens avsatte tider for å kontrollere kvaliteten på arbeidet som er utført.

5.2.3 Gjennomføring

En typisk morgen på byggeplassen

Arbeiderne starter klokken 07:00, en time før de daglige morgenmøtene klokken 08:00. Denne timen ga arbeiderne tid til å sjekke statusen på arbeidet før møtet. De gikk en runde på bygget for å se at arbeidet deres var fullført og at sonen var klar til overlevering. Samt at sonen de selv skulle ta over var klargjort. Det innebar at det forrige faget hadde avsluttet sitt arbeid, sonen var ryddet og støvsuget. Arbeideren ga til slutt tilbakemelding til BAS om tilstanden i sonen.

Dersom sonen var klar for overlevering kunne arbeideren klargjøre verktøy og materiell som skulle benyttes, og ta over sonen. Til klargjøring av materiell tok arbeiderne utgangspunkt i materialister og arbeidstegninger. Mindre materiell ble hentet av arbeiderne selv i varelageret i første etasje, mens større materiell ble hentet på større lagerplasser utenfor bygget.

Dersom det var avvik i sonen, ble dette tatt opp med BAS før morgenmøtet klokken 08:00. Et typisk avvik var når en sone ikke var ferdigstilt av forrige fag. En vanlig løsning var å utsette overleveringen til arbeidet var ferdigstilt, og det kunne for eksempel være til lunsj samme dag.

BAS hadde en viktig rolle på byggeplassen. BAS er laveste leder i prosjektorganisasjonen og et viktig bindeledd mellom prosjektledelsen og fagarbeiderne. BAS-ens ansvarsoppgaver på Gjøa var flere. De var fagarbeidere og bidro i selve produksjonsarbeidet. De skulle ha oversikt over fagets fremdrift og oppdatere dette i StreamBIM, registrere avvik, delta på morgenmøter og ukentlige fremdriftsmøter, samt å ha dialogen med prosjektledelsen dersom utfordringer oppstår.

Morgenmøte

På byggeplassen var det daglige morgenmøtet en viktig rutine som startet kl. 08:00. Møtene ble normalt ledet av AL2, men også andre driftsledere ved behov. Deltakerne i møtet var BAS for hver faggruppe og driftslederne som hadde ansvar for hver sitt fagområde. For eksempel driftsleder betong, HMS, tømmer, tekniske fag.

Morgenmøte var todelt. Den første delen, «Daily Huddle», involverte alle Bas'ene for innvendig og utvendig arbeid. Her ble fem hovedpunkter diskutert: HMS, ryddighet, fremdrift, leveranser og rigg. Kommentarer fra møtet ble skrevet ned på tavla veggtafva (Bilde 3). For eksempel, dersom det var leveranser den dagen ble det skrevet på tavla «Kl. 14: Ankomst av to paller med gips», dersom det var bemerkninger angående ryddighet ble det skrevet «Rydd materialer på svalgang.». AL2 avsluttet denne delen med å gi alle mulighet til å ta opp eventuelle utfordringer eller stille spørsmål. Hele møtet tok vanligvis 5-15 minutter.



Bilde 3: Daily huddle rommet på GjØa.

I det andre delen av møtet, Oppfølging ProduksjonsPlan (OPP), deltok Bas'ene for innvendige arbeid. En digital versjon av taktplanen i StreamBIM ble vist på skjerm i huddelrommet. Her så de over vognene som hadde oppstart i ny sone denne dagen. Hvis noen vogner lå etter, ble Bas'ene spurt om årsak til forsinkelsene. Noen ganger skyldtes dette bare manglende registrering i StreamBIM, mens andre ganger var det mer arbeidsrelaterte årsaker.

Etter gjennomgang av taktplanen ble registrerte HMS-avvik i gjennomgått. Dette var kun avvik som ikke var lukket eller avsluttet. Typisk kunne dette være avvik registrert under vernerunden, eller som fagarbeiderne hadde oppdaget under arbeid i sonene. Selve OPP-delen av møtet tok normalt 5-15 minutter.

Alle informantene som ble intervjuet så på morgenmøtene som nyttige. Noen fortalte at de så på det som en viktig kontroll av fremdriften, og andre mente at det lettet koordineringen i det daglige arbeidet.

Etter morgenmøte gikk alltid driftslederne en runde på bygget for å kontrollere fremdriften. På denne runden ble også spørsmål og avklaringer i produksjonen fulgt opp.

Ukentlige fremdriftsmøter

Det ble gjennomført ukentlige fremdriftsmøter hver torsdag ledet av AL2. Her deltok Bas'ene og prosjektledere hos underentreprenørene. I disse møtene gikk man igjennom aktiviteter lengre frem i tid. Typisk tidshorisont var en uke eller mer. Møtet hadde en fast agenda som inkluderte generelle problemstillinger på byggeplassen, langsiktig plan, nye områder som skulle produksjonsettes, orden og ryddighet, lager og logistikk. Møtene var viktig for å finne løsninger med sikte på å forbedre generell effektivitet og forholdene for alle involverte i prosjektet.

StreamBIM

StreamBIM var den digitale plattformen som ble brukt under prosjektgjennomføringen. StreamBIM er en programvare knyttet til en bygningsinformasjonsmodell (BIM). Den tilbyr funksjoner som 3D-

modell av bygget, tilgang til plantegninger, sjekklister, dokumentstyring, registrering av avvik og hendelser på byggeplassen, mengdeberegninger i sanntid, samt tilgang til en taktplaner som kan fremdrifts-oppdateres og mer. Alle involverte, fra arkitekter til fagarbeidere har tilgang til den samme 3D-modellen, med tilhørende taktplan og plantegninger. I tillegg kan hver enkelt underentreprenør selv legge til egne sjekklister og tegninger i plattformen. Tilgangen til disse kan begrenses slik at kun brukerne som har behov for tegningene eller sjekklisterne har tilgang til dem.

På GjØa var det arbeidere som ikke hadde tilgang til denne plattformen av ulike årsaker. Noen vegret seg for å bruke den på grunn av manglende kompetanse i verktøyet. Noen underentreprenører ønsket ikke å gi alle sine ansatte tilgang på grunn av språkbarriere eller andre faktorer. På byggeplassen var det naturlig nok BAS 'ene som benyttet verktøyet mest.

Taktplanen i StreamBIM

Bilde 4 viser grensesnittet på StreamBIM av taktplanen. Hver vogn i toget har en spesifikk farge og et nummer. Fargene representerer faggruppen som vognen tilhører. For eksempel representerer oransje innvendig tømmerarbeid og grønn ventilasjon. Nummereringen av vognene reflekterer deres plassering i toget. Vogn nummer 1 er den første, etterfulgt av vogn nummer 2, og så videre.

En vogn kan strekke seg over flere arbeidsdager og omfatte flere arbeidsoperasjoner. Noen vogner, spesielt de som involverer mer omfattende arbeidsoperasjoner, tar lengre tid enn en dag å fullføre. Som eksempel kan vi ta den oransje vognen, «4. Innredning». Denne spenner over fem arbeidsdager. Vognen inkluderte tre ulike arbeidsoperasjoner: De to første dagene ble det lagt gulvsystem, de neste to dagene ble gulvspon lagt og den siste dagen ble det satt opp lettvegger og kubbing utført. Til sammenligning brukte grønn vogn «5. Ventilasjon» kun en dag på en arbeidsoperasjon (Bilde 4).



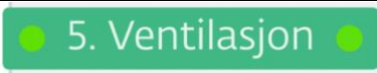
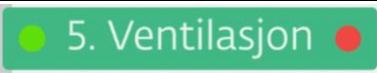

	18							19						
	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	
Leilighetstog I-J														
1601-1602	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei	Con			5. Ventil	6. Rør	6. Rør	6. Rør	6. Rør			
1603-1604	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei			Con	5. Ventil	6. Rør	6. Rør	6. Rør			
1605-1606	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei			4. Innrei	Consto	5. Ventil	6. Rør	6. Rør			
1607-1601	3. Rør	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei			4. Innrei	4. Innrei	Con	5. Ventil	6. Rør			
1501-1502	2. Innrei	3. Rør	4. Innrei	4. Innrei			4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei	Consto	5. Ventil			
1503-1504	1. Elektr	2. Innrei	3. Rør	4. Innrei			4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei	Consto			
1505-1506	Sjeki	1. Elektr	2. Innrei	3. Rør			4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei			
1507-1501		Sjeki	1. Elektr	2. Innrei			3. Rør	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei			
1401-1402			Sjeki	1. Elektr			2. Innrei	3. Rør	4. Innrei	4. Innrei	4. Innrei			
1403-1404				Sjeki			1. Elektr	2. Innrei	3. Rør	4. Innrei	4. Innrei			
1405-1406							Sjeki	1. Elektr	2. Innrei	3. Rør	4. Innrei			
1407-1401								Sjeki	1. Elektr	2. Innrei	3. Rør			
1301-1302									Sjeki	1. Elektr	2. Innrei			
1303-1304										Sjeki	1. Elektr			
1305-1306											Sjeki			

Bilde 4: Skjermbilde av taktplanen i StreamBIM.

I StreamBIM var hver vogn utstyrt med to grå prikker, plassert henholdsvis i begynnelsen og slutten av vognen (Tabell 5). Fargen på prikkene reflekterte arbeidsstatusen i vognen. Den første prikken, på venstre side av vognen, lyste grønt dersom faggruppen hadde overtatt sonen. Den andre prikken, på høyre side av vognen, lyste grønt når arbeidet i sonen var fullført og klart for overlevering. Hvis en eller begge prikkene lyste rødt, indikerte dette at faget lå bak den planlagte fremdriften. Dette kunne

bety enten at arbeidet ikke var påbegynt eller at det ikke var ferdigstilt i henhold til den forventede progresjonen i taktplanen. Alle som hadde tilgang på modellen, og tillatelse til å oppdatere statusen på en vogn kunne gjøre dette. Vanligvis var det BAS som oppdaterte statusen på vognene. Tabell 5 viser en ventilasjonsvogn og hvordan statusen på en vogn kunne se ut i StreamBIM med tilhørende beskrivelse av hva statusen indikerte.

Tabell 5: Status på vognene i StreamBIM med tilhørende beskrivelse.

Nr.	Status på vogn	Beskrivelse
1		Faget har ikke tatt over sonen. Arbeidet ikke påbegynt.
2		Faget har tatt over sonen. Arbeidet pågår. Arbeid à jour med taktplanen.
3		Faget har tatt over sonen. Arbeidet fullført. Arbeid à jour med taktplanen.
4		Faget har tatt over sonen. Arbeidet ikke fullført innen planlagt tid. Arbeid ikke à jour med planen.
5		Faget har ikke tatt over sonen. Arbeidet ikke påbegynt. Arbeid ikke à jour med planen.

I hver leilighet ble det hengt opp en QR-kode. Ved å skanne koden fikk man umiddelbar tilgang til den tilsvarende sonen i 3D-modellen på StreamBIM, arbeidstegninger og annen informasjon som tilhørte sonen. Dette muliggjorde effektiv opplastning av tegninger og sjekk av status i sonen, samt tillot hurtig innrapportering av eventuelle avvik.

Underveis i gjennomføringen ble det behov for å benytte buffere og justere planen for å opprettholde fremdriften. Dette beskrives under.

Buffere

Som nevnt under teori benyttes tre buffertyper i taktplanlegging: Plass, kapasitet og tid. Alle disse ble brukt under produksjonen.

Plassbufferen ble hyppig brukt når fagene ventet på å overta en sone. Flere av informantene delte erfaringer om bruk av plassbuffer. Her ble arbeidere omplassert til arbeidssoner utenfor taktplanen fordi de måtte vente på andre fag som ikke hadde fullført sitt arbeid i sonen. Hvilke arbeidssoner utenfor taktplanen de ble omplassert til varierte og var avhengig av hvor det var behov. En informant fortalte at de flyttet folk til plan 1 (område utenfor taktplanen), siden de hadde mye arbeid der.

Kapasitetsbuffer med arbeidere som ressurs ble brukt når fag lå bak taktplanen og måtte hente inn forsinkelsen. En informant fortalt at de måtte øke bemanningen med 50% mer enn de hadde planlagt, fordi de slet med å fullføre arbeidet i sonen i henhold til planen. Det var også fag som hadde materialbuffere. Dagstakten og lang ledetid gjorde dem mer sårbare for forsinkelser. De hadde derfor mer materiell på lager enn taktplanen skulle tilsi.

Tidsbuffer ble benyttet for å hente inn forsinkelser. Det var noen fag som måtte arbeide i helgene for å hente inn forsinkelsene. En informant fortalte at hen måtte arbeide flere lørdager for å ta igjen tapt tid.

Justering av planen

Det ble gjort justeringer i taktplanen under gjennomføring.

Buffervogn – en ekstra dag: Under gjennomføringen var det to vogner som fikk en ekstra dag (eller en buffervogn) til å fullføre arbeidsoperasjonen. Det var en underentreprenør som ofte var forsinket med spesielt to vogner. Dette var vogner som hadde avhengigheter med andre fag. Derfor ble disse to vognene tildelt en ekstra dag eller buffervogn, slik at de skulle ha mulighet til å fullføre arbeidet i tide.

Flytting til annet taktområde: I byggetrinn 1, ved oppstarten av blokk L, oppstod en justering. En baderskabin var feilplassert og dette hindret oppstarten av første tog i dette taktområdet. For å omgå denne utfordringen ble det første toget i stedet startet i den påfølgende sonen, som var klar for oppstart.

Justering og forsinkelser etter sommerferie: Det var produksjon på byggeplassen i sommerferie, men færre funksjonærer til å følge opp arbeidet. Etter sommerferien var det en del forsinkelser i prosjektet som gjorde det nødvendig å gjøre justeringer i taktplanen. Det var en del utenlandske arbeidere på prosjektet. Flere av disse kom ikke tilbake til rett tid etter ferien. Årsakene var flytider som ikke passet eller ferieplaner som fikk konsekvenser for oppstart etter ferien forteller en informant. Informanten fortalte at dette var en generell utfordring i byggeprosjekter, og ikke bare på GjØa. En annen utfordring var manglende bemanning hos enkelte underentreprenører. I tillegg var der en del feilproduksjon i sommerferien som krevde opprettingsarbeid.

Utsatt oppstart av blokk K og L: Oppstart av taktplanen i blokk K og L ble utsatt. Grunnet forsinkelser på de tidligere blokkene.

5.2.4 Logistikk og lagring

Plassutfordringene på GjØa gjorde logistikken utfordrende. Det var en trang adkomstvei inn til byggeplassen med privat biltrafikk. Hovedårsaken til privattrafikken var fordi prosjektet delte parkeringskjeller med Fram, en allerede overlevert del av Vervet-konseptet. I tillegg ble næringsareal i første plan, samt port og innkjørsel til kjelleren overlevert fra GjØa-prosjektet i juni. Innkjørselen ble tatt i bruk av privatbiler som hadde rett til parkering i kjelleren. Dette var bare noen meter unna bygningens vareheis hvor vareleveranser ble levert og derfor mer trafikk i området enn tidligere.

Det var lagringsplass både inne og ute. Inne ble første plan, hvor det skulle bygges boder, brukt som lagringsplass av plukkmaterialer. Avtalen var at det kunne lagres plukkmaterialer for en ukes drift. Ute ble større materialer lagret, for eksempel betongelementer til balkong eller rekkverk. På nabotomten startet byggingen av et nytt hotell i juni, som medførte at GjØa måtte gi fra seg deler av lagringsplassen ute. Den allerede begrensede lagringsplassen ble dermed mindre.



Bilde 5: Adkomstvei (mørk blå) til byggeplassen, samt byggeaktivitet på nabotomt (oransje). Brukes etter tillatelse av Vervet. Dronebilde tatt av Vegard Stien.

5.3 Hva endres i gjennomføringen når man går fra ukestakt til dagstakt? (FS2)

Dette delkapitlet beskriver endringene som oppstår når man skifter fra ukestakt til dagstakt. Alle deltakerne i prosjektet hadde tidligere arbeidet med ukestakt, men i varierende grad. Noen hadde kun noen få prosjekter bak seg, mens andre hadde vært involvert i slike prosjekter siden 2015. Gjennom studien ble det gjort flere funn hvor produksjonen endres ved overgangen til dagstakt. Disse funnene var:

- (1) Potensiale for økt arbeidsflyt og disiplin
- (2) Redusert fleksibilitet og tid til å respondere
- (3) Hyppigere materialhåndtering og høyere krav til materialorganisering
- (4) BAS får hyppigere behov for oppfølging og koordinering
- (5) Økt behov for bemanning
- (6) Større bufferlager

(1) Potensiale for økt arbeidsflyt og disiplin

Overgangen fra ukestakt til dagstakt ga en betydelig endring i arbeidsstrukturen. Dagstakt innebærer en mer fastlåst struktur for arbeidsdagen. Det krever at arbeiderne følger en strengere timeplan gjennom arbeidsuken, i motsetning til ukestakt med større frihet til å strukturere arbeidsuken selv. Dette strengere kravet til disiplin ville kunne bidra til en jevnere og kontinuerlig flyt i arbeidet.

Ifølge informantene tillot ukestakt arbeiderne å disponere egen tid i sonen over en hel uke (typisk fra mandag til fredag), for å fullføre arbeidet sitt. Dette ga en viss grad av frihet og selvstendighet i struktureringen av arbeidet innenfor tildelt tid. Imidlertid viser funn fra studien at denne tilnærmingen kunne føre til mer variert arbeidsflyt. Det ble påpekt at tilnærmingen tillot perioder med lavere produktivitet. For eksempel kunne arbeidere som ikke brukte tiden sin optimalt ende opp med å arbeide roligere i starten av uken for så å få det hektisk mot slutten. Selv om ukestakt tillot

mer fleksibilitet, bidro den også til ujevnhet i arbeidsflyten. Dette ble understreket av en informant som sa:

«På ukestakt så får man plutselig litt mer slinger. Det gjør at man utsetter arbeidet og så får man et helsikes jag på å slutte av uken.»

En annen informant belyste dette fra et annet perspektiv, med fokus på hvordan dagstakt påvirker arbeiderne. Det stiller høyere krav til arbeidernes selvdisiplin og pusher dem til å jobbe mer kontinuerlig for å holde tritt med takttiden. Informanten understreket dette ved å si:

«Folk må være litt strengere med seg selv når de jobber på denne måten. De fleste føler jo et press for at de er nødt til å komme seg ut av leiligheten, for neste dag kommer det noen andre.»

Dagstakt krever at arbeiderne tar en mer målrettet og ansvarlig tilnærming til eget arbeid for å sikre fremdriften. Dette kan bidra til bedre arbeidsflyt og potensielt resultere i et mer jevnt og effektivt arbeidstempo.

(2) Redusert fleksibilitet og tid til å respondere

Selv om dagstakt legger til rette for økt arbeidsflyt, begrenser det samtidig mulighetene for endringer og tilpasninger underveis. Dagstakt har en mer kompakt plan med strengere tidsramme, mens ukestakt tillater mer rom for justeringer underveis. Overgangen til dagstakten ga begrenset fleksibilitet når det gjald disponering av tid og tilpasningsmuligheter.

Arbeiderne får større kontroll over eget arbeidstempo med ukestakt og kan derfor tilpasse det etter behov. Hvis et fag henger etter midt i uken, eller om det oppstår en uventet hendelse som forsinker arbeidet, har de muligheten til å forlenge arbeidsdagene resten av uken og eventuelt bruke helgen for å ta igjen forsinkelsene. Selv om denne tilnærmingen medfører varierende arbeidsflyt, gir den økt fleksibilitet og mulighet til å kompensere for forsinkelser uten å påvirke fremdriften i prosjektet. Som en informant sier:

«På ukestakt går det greit å havne litt skjevt ut, fordi du kan bare arbeide deg opp, og du klarer å hente deg inn før uka er over. Mens her, når du havner skeivt ut, så er det vanskelig å hente det inn. Vi har liksom ikke noe slingringsmonn.»

Ved dagstakt er strukturen mer rigid og fast og man har i mindre tid til å respondere på forsinkelser. Forsinkelsene må håndteres samme dag for at det ikke skal få konsekvenser for andre vogner eller fag. Man har i praksis bare «samme dag» til å ta igjen tapt arbeid eller tid. Det er således mer koordineringsintensivt og gjør gjennomføringen mer sårbar for endringer, ettersom små avvik eller forsinkelser kan ha en innvirkning på fremdriften. Det krever derfor rask respons for å unngå at forsinkelser eller feil får større konsekvenser for prosjektets fremgang. Dette kommenteres av flere informanter:

«Når ting skjærer seg med dagstakt, så skjærer det seg kraftig. Det er ikke mye rom for å hente seg inn.»

Og:

«Det er litt enklere å justere i ukestakt. Ofte så kjører du en takttid på fem ukedager. Så er det jo sånn i byggebransjen at hvis du ikke er ferdig med det du skal på fredag, så er du nødt til å bruke lørdagen på å innhente det.»

(3) Hyppigere vareopptak og høyere krav til materialorganisering

Overgangen fra ukestakt til dagstakt fører til økt hyppighet av vareopptak på byggeplassen. I dagstakt gjennomføres fem overleveringer i uken, mens ukestakt har kun én. Dette resulterer i en betydelig økning av vareopptak og håndtering av materiell. Etter hver overtakelse av ny sone må de ulike faggruppene hente nødvendig materiale og utstyr fra første etasje og opp til sonen for å kunne utføre arbeidet. Dette skaper økt trafikk mellom sonene og lageret, samt hyppig bruk av vareheisen. En av informantene forklarer hvordan hyppigheten av vareopptak endres med dagstakt:

«Det er en ganske stor forskjell. Ved dagstakt tar du opp varer fem ganger så ofte. I ukestakt tar du opp de varene du trenger for å produsere en gang i uken, og da har du gjerne et større område. Da har du kanskje en korridor med tilhørende leiligheter som en sone. Men her er sonene mindre, det er to og to leiligheter.»

De mindre sonene begrenser også plassen til oppbevaring av utstyr og materialer. Noe som stiller høyere krav til organisering og effektiv plassbruk. En informant uttrykker at den daglige rutinen med å ta opp nødvendige materialer og ta ned søppel, er enklere og mer hensiktsmessig for dette prosjektet:

«På et prosjekt som dette, med kun trange svalganger som adkomst, ville det blitt kaotisk med ukestakt. Med dagstakt er det langt enklere, for du har det du skal gjøre den dagen, og så må du ned med søppel og sånt når du er ferdig.»

I studien ble det avdekket at utstyr og materiale ofte ble plassert utenfor de angitte sonene. Det var en enighet mellom prosjektledelsen og fagarbeiderne om at områdene rett utenfor sonene, i svalgangen, kunne brukes som midlertidig oppbevaring dersom det foregikk arbeid inne i sonene. Imidlertid oppsto det tilfeller der utstyr eller materiale ble etterlatt selv etter at arbeidet i sonene var ferdigstilt og faget hadde flyttet seg videre til andre soner. Dette var blant annet lagring av overskuddsmateriale, utstyr eller avfall.

Som nevnt av informanten var plassen i svalgangen begrenset, og dette området fungerte også som den eneste adkomsten til sonene. Mangelen på tilstrekkelig plass og manglende opprydding av utstyr og materiale utenfor de angitte sonene ble diskutert under flere morgenmøter og fikk mye fokus under vernerundene.

(4) BAS får hyppigere behov for oppfølging og koordinering

Overgangen fra ukestakt til dagstakt økte oppfølgingsansvaret til Bas'ene. I tillegg til at de deltok i det praktiske arbeidet fulgte de opp fremdriften i faget, deltok på morgenmøter og oppdaterte StreamBIM. Bas'ene måtte bruke mer tid på dette og hadde mindre tid til det praktiske arbeidet. Flere informanter understreket den nye dynamikken i Bas'ens arbeidshverdag ved dagstakt. En informant beskrev rollen som mer tilretteleggende og overvåkende:

«Jeg får ikke produsert mye, for å si det sånn. Min jobb er egentlig bare å springe rundt og følge med, være litt barnevakt for de ansatte, passe på at de gjør det de skal, og oppdatere datasystemene.»

Noen informanter poengterte behovet for økt oppfølging:

«På dagstakt er jeg mye mer ute og hele tiden ser at vi er der vi skal være. Jeg liker ikke å være bakpå. På ukestakt utsetter jeg det helt til slutt.»

Og

«Nei, ukestakt. Fordi da trenger du ikke daglig oppfølging. Da sparer jeg mye tid og slipper å gå gjennom hele blokka hver dag. Hvis vi har ukestakt, så holder det med at jeg gjør det kanskje to ganger.»

Disse synspunktene fremhever hvordan innføring av dagstakt endret BAS'enes arbeidsmåte og ansvar i prosjektet. Fra en mer periodisk til en mer kontinuerlig oppfølging av arbeidet til fagarbeiderne.

(5) Økt behov for bemanning

Dagstakt reduserte den planlagte produksjonstiden fordi planen ble mer komprimert, men behovet for bemanning økte. Både i planen og intervjuene fremkommer det at bemanningen økte under dagstakt fordi enkeltfag hadde flere vogner i produksjonen samtidig.

En informant delte sine observasjoner om bemanningsforskjellen mellom de ulike takttidene. Ved bruk av ukestakt var et team på fem personer tilstrekkelig for å arbeide i en sone. Overgangen til dagstakt krevde imidlertid en betydelig økning i mannskap. Informantens erfaring var at det krevde nærmere åtte til ni personer for å opprettholde takten, fordi man måtte fordele mannskapet på flere soner. Det økte bemanningsbehovet gjorde noen skeptiske til dagstakt:

«Det er mer bemanning [...] Derfor er jeg litt imot dagstakt. Jeg må ha tilstrekkelig bemanning, (siden) jeg administrerer flere prosjekter, må jeg beregne bemanningen nøye for hvert (prosjekt).»

(6) Større bufferlager

Noen underentreprenører hadde et større bufferlager enn i tidligere prosjekt. Økt produksjonstempo gjorde at underentreprenørene var mer sårbare dersom de ikke fikk materialene de trengte i tide. Avtalen var at materialer ikke skulle lagres lengre enn en ukes produksjon. En informant forklarte hvordan dette skapte utfordringer og at de måtte lagre materialene for en lengre periode:

«Vi har ca. tre uker (lager) [...] det måtte vi gjøre for å sikre oss. Hadde en lastebil kjørt over veien, så hadde ikke det gjort noe. For vi kunne fortsatt levert i henhold til takten. Havner vi bak, ja vi kan sende ut varsel på hva som har hendt og sånne ting, men vi må fortsatt ta igjen det tapte.»

Et større bufferlager bidro til å redusere usikkerheten ved forsinkelser eller svikt i leveranser. Hvis en leveranse ble forsinket, kunne de opprettholde produksjonstakten ved å ta materialer fra bufferlageret.

5.4 Hvilke utfordringer oppsto under gjennomføringen av dagstakt? (FS3)

Under presenteres utfordringene under gjennomføringen av prosjektet. Utfordringer man ikke kan påvirke, er ikke tatt med her. For eksempel værforhold, sykefravær, og andre uforutsette hendelser. Utfordringer som ble avdekket var:

- (1) Manglende kvalitet i planen
- (2) Uppreis vurdering av arbeidsmengde på grunn av lite erfaring

- (3) Manglende kapasitet og kompetanse
- (4) Oppfølgingsutfordringer – koordinering og arbeidsmengde for BAS'ene.
- (5) Timing og Kontroll – koordineringsutfordringer
- (6) Utfordringer med StreamBIM ved dagstakt
- (7) Behov for bemanningsjustering
- (8) Plassutfordringer

(1) Manglende kvalitet i plan

En utfordring nevnt av flere informanter var manglende kvalitet i planen. Flere fag opplevde å måtte besøke samme sone unødvendig mange ganger, og pekte på for dårlig planlegging og en lite gjennomtenkt taktplan som årsaken. Ikke-optimaliserte vogner og vognrekkefølge medførte økt arbeidsbelastning for enkelte fag. En informant fortalte de kunne fullført arbeidet i sonen med færre besøk enn det taktplanen opprinnelig la opp til. Informanten opplevde at noen vogner virket unødvendige, enten fordi arbeidsoperasjoner i en vogn kunne blitt kombinert med operasjoner i en annen eller fordi vognenes plassering i togstrukturen var ugunstig. Dette ga en opplevelse av kaos og tap av oversikt:

«Når man må inn i en leilighet unødvendig mange ganger, fører det raskt til kaos og en manglende oversikt over hva som skjer.»

Informanten fortalte om et tidligere prosjekt som brukte ukestakt, hvor lignende arbeid ble utført mer effektivt da flere arbeidsoperasjoner kunne gjennomføres samtidig i en sone. Likevel erkjenner hen at tekniske løsninger kan variere fra prosjekt til prosjekt og dermed påvirke utførelsen.

Flere informanter opplever at manglende detaljplanlegging har ført til ekstra arbeid og komplikasjoner under gjennomføringen fordi enkelte faktorer og operasjoner ikke ble tilstrekkelig vurdert i planleggingsfasen. Dette resulterte i en ugunstig organisering av vognrekkefølgen, som igjen førte til redusert arbeidsflyt og økt arbeidsmengde for flere fag. En informant kommenterte dette:

«... det er jo hvor dypt i materien du går i planleggingen. Vi ser jo at det er en del ting her som har glippet, og som man kanskje kunne unngått hvis man hadde gått gjennom tegningene grundig.»

Et konkret eksempel illustrerer dette: Gipsen over badekabinen ble montert før de tekniske fagene hadde koblet til ventilasjon og sprinklersystemer. Dette tvang tømmerne til å fjerne gipsplatene for deretter å montere dem på nytt etter at de tekniske fagene hadde fullført arbeid sitt.

(2) Upresis vurdering av arbeidsmengde på grunn av lite erfaring

Feilvurdering av arbeidsmengde og tidsbruk har vært en utfordring i prosjektet. I planleggingen av taktplanen skulle alle aktørene selv estimere tidsbruk for arbeidsoperasjonene i hver vogn. I henhold til «Syv steg med taktplanlegging» i IBC-metoden baserte aktørene disse estimatene på egne erfaringstall. Noe som nok var en fordel for de erfarne underentreprenørene, men mer utfordrende for de med mindre erfaring. En informant har tydelig beskrevet denne utfordringen:

«Utfordringen er å ha nok erfaringstall til å planlegge nok i detalj. Dette har også vært en utfordring på dette prosjektet. Det er jo i hovedsak at folk ikke blir ferdig og ikke har planlagt sitt eget arbeid godt nok.»

Denne utfordringen gjaldt spesielt ett fag. Informanten pekte på manglende detaljfokus i planleggingen som førte til undervurdering av den faktiske tidsbruken for arbeidet:

«I planlegging har i hvert fall ikke vi tatt forbehold om små rom, detaljer og løsninger som også tar tid å gjøre, og som ikke framkommer i mengder. Disse detaljløsningene tar mer tid enn en gjennomsnittlig produksjon tar.»

Videre påpeker informanten at dette har blitt synlig gjennom at de har havnet bakpå og ikke har vært à jour med planen.

(3) Manglende kapasitet og kompetanse

En annen utfordring oppsto grunnet mangel på tilstrekkelig arbeidskraft og kompetanse i prosjektet hos en underentreprenør. De måtte øke bemanningen betraktelig mer enn planlagt:

«... vi har sikkert hatt en økning på ca. 50% av bemanningen enn vi opprinnelig planla ...»

Mangelfull kvalitetssikring av innleid fagarbeideres ferdighetsnivå skapte også startvansker. Det var utfordrende å vurdere ferdighet på forhånd for personer man ikke kjente. Dette medførte en prøve- og-feile-periode i starten av byggefasen for å tilordne arbeiderne passende oppgaver. Språkbarriere forverret situasjonen ytterligere og forsinket arbeidsprosessen.

Underentreprenøren hadde tidligere erfart det samme i et ukestakt-prosjekt. De innleide fagarbeiderne gjorde flere feil i begynnelsen som resulterte i forsinkelser. Det var imidlertid lettere å hente inn forsinkelsen fordi ukestakt ga faget mer autonomi og mer tid på å korrigere forsinkelsene.

(4) Oppfølgingsutfordringer - koordinering og arbeidsmengde for BAS'ene

Mangel på Bas'er og dårlig intern struktur førte til overarbeid og krevende oppfølging. En underentreprenør med ansvar for ni vogner i taktplanen, og som hadde pågående produksjon i 30 leiligheter på det meste, understreket behovet for flere baser til å følge opp produksjonene tilstrekkelig:

«Jeg har sprunget mer i trappen her enn jeg noen gang har gjort i livet, sikkert [...] Det går nok på for dårlig intern struktur. Vi har hatt lite baser som jeg kunne ha kommunisert med, og det har vært for stor rullering på de basene som har vært.»

Hen som hadde ansvaret for å følge arbeiderne, ble tvunget til å påta seg oppgaver som normalt skulle vært håndtert av flere Bas'er. Dette resulterte i betydelig overbelastning på enkeltpersoner:

«Vår lærdom er at vi burde hatt en bedre intern struktur før neste gang vi tar fatt på et slikt prosjekt [...] Fordi det går ikke at en mann skal følge opp 30 stk.»

Informanten kaster lys over den interne strukturen som en sentral årsak til utfordringene, spesielt med hyppige skifter mellom baser. Ved å påpeke dette, belyser informanten hvordan den ujevne arbeidsfordelingen har forstyrret effektiviteten i oppfølgingen av prosjektet.

(5) Timing og Kontroll – kommunikasjon og koordinering

En av utfordringene var å bestemme det riktige tidspunktet å gripe inn og justere planen for å opprettholde fremdrift og kontroll. Koordineringsutfordringer oppstår når timingen for justeringene ikke var optimal. På den ene siden kan justeringer som kommer sent føre til tap av kontroll eller vanskeligheter med å håndtere forsinkelser. På den andre siden kan for tidlige justeringer forstyrre situasjoner som kanskje ville løst seg selv over tid. Balansen ligger i å gripe inn akkurat når det trengs for å sikre fremdrift og kontroll.

På Gjøa var en underentreprenør ofte forsinket i forhold til planen. I morgenmøtene ble det bli gitt lovnader om at de skulle bli ferdige og ta igjen tapt tid i løpet av dagen. Dette var typisk for soner som allerede skulle ha vært overlevert til neste fag. Generelt var utfordringen å vite akkurat når man skulle gripe og endre planen, slik at man ikke mistet kontrollen. Samtidig som man ønsket å legge til rette for nødvendige fleksibilitet i prosessene. En informant sa:

«Utfordringene har kommet når det sklir litt ut og man taper fremdrift og kontroll. Der har vi kanskje ikke verktøyene eller vært flinke nok til å justere deretter. Det er vanskelig med dagstakt, å se det tidlig nok, for du er ikke der, før du er der.»

Mangel på kommunikasjon og for sen justering av planen skapte også utfordringer for et fag i en av toppleilighetene. Toppleilighetene var som nevnt ikke en del av dagstaktplanen, men benyttet ukestakt. Her var det opprinnelig planlagt oppstart rett før ferien. Imidlertid måtte ukestaktplanen justeres og oppstart ble utsatt til etter ferien. Dette medførte skader på materiale som ble liggende ubehandlet for lenge. Ekstra tid og ressurser gikk derfor med på å rette opp i situasjonen. En informant peker på manglende og upresis kommunikasjonen i gjennomføring av prosjektet som årsak:

«[...] da burde de jo kommet tidligere inn [...] og sagt «Nei, bare stopp hele L902 for eksempel. Den blir utsatt til over sommerferien. Så får vi ta et nytt møte da. Noe må jo rapportere inn [...] og si at vi blir ikke ferdige til taktoppstart. Vi må bare utsette.»

(6) Utfordringer med StreamBIM ved dagstakt

Flere av brukerne av StreamBIM opplevde tekniske utfordringer med verktøyet. Dette til tross for at flere også satte pris på funksjonaliteten det ga. Noen synes grensesnittet ikke var selvforklarende, men hovedutfordringene var funksjonelle feil og problemer med systemets stabilitet. Flere hadde brukt verktøyet i tidligere prosjekter, uten å ha møtt de samme utfordringene. En av informantene mente dette hadde sammenheng med endring fra ukes til dagstakt:

«Den store forskjellen er at her er det dagstakt, mens på andre prosjekter har det vært ukestakt. Så på et eller annet vis er ikke brukergrensesnittet helt der for dagstakt.»

Overgangen fra en ukestakt til dagstakt førte til betydelig økning i antall vogner i planen. Følgelig måtte programmet håndtere en større mengde data. Et problem som ofte kunne dukke opp var at det ble vanskelig skanne seg inn i rett vogn i den digitale planen fordi appen låste seg. Informanten understreket viktigheten av at appens funksjonalitet er pålitelig og effektiv for at prosjektdeltakerne skulle være motivert til å bruke verktøyet.

En annen arbeider ble observert i å ha hadde utfordring med oppdatering av taktplanen i StreamBIM. Vedkommende fikk ikke huket av vognen i taktplanen som overtatt eller fullført, fordi at appen låste seg og dermed ble ikke fremdriftsinformasjon oppdatert.

Det var vanskelig å gjøre endringer eller justeringer i vognrekkefølgen. Det ble dermed en mismatch mellom plan og faktisk status i arbeidet. Der var generelt utfordringer med å tilpasse planen i forhold til endrede forhold eller behov som oppsto under prosjektet. Følgelig ble planprosessen og koordinering i prosjektet lidende. Trolig var disse utfordringen et resultat av både mangler i funksjonaliteten og begrenset kompetanse i bruk av verktøyet:

«[...] hvis jeg har forstått riktig så var ikke så lett å gjøre de endringene i StreamBIM. Når taktplanen var ferdig og lagt inn, og så var det ikke så lett å få flyttet og endret på (vognene). Noe man burde ha gjort.»

(7) Behov for bemanningsjustering

Noen vogner i taktplanen strakk seg over flere dager, og medførte at man måtte øke bemanningen gradvis i starten og redusere gradvis i slutten av produksjonen. Dette skjedde når en vogn med like arbeidsoperasjoner ble gjentatt i taktplanen og dannet en vognserie. For å følge denne serien måtte faget øke bemanningen så lenge etterfølgende vogner ikke involverte andre fag. Tilsvarende redusere bemanningen når vognserien ble avsluttet. Dette krevde mer fleksibilitet fra underentreprenørene. De måtte justere bemanningen for å klare å følge taktplanen.

På GjØa var det noen fag som hadde tyngre arbeidsoperasjoner. Dette førte til at enkelte fag måtte ha flere vogner etter hverandre i planen for å ha nok tid til å fullføre arbeidsoperasjonene i sonen. Det var ikke nødvendigvis slik at flere folk i sonen ville medført at arbeidsoperasjonen gikk fortere, da sonene allerede var relativt små. Flere arbeidere kunne potensielt komme i veien for hverandre og dermed redusere effektiviteten. Som et resultat, ble flere vogner med samme fag satt etter hverandre og skapte behov for å justere bemanningen i begynnelsen og slutten av taktplanen.

(8) Logistikk og lagerutfordringer

Plassutfordringene gjorde at det var kronglete å få levert varer til byggeplassen. Veien inn til byggeplassen var smal, og det var ingen naturlig snuplass. I tillegg var det et annet byggeprosjekt med en annen entreprenør ved innkjøringen til byggeplassen. En informant som fikk spørsmål om hen opplevde at logistikken var en kilde til utfordring, sa:

«Jo, det har det, men ikke noe annet enn man kan forvente. Forutsetningene våre er at det er fryktelig trangt her, og det er vanskelig å få inn biler, trange veier, og en byggeplass med en annen aktør, fem meter ifra oss. Så har det egentlig gått ganske bra.»

Lagringsplassen var også begrenset. Underentreprenørene fikk derfor kun lov til å lagre materialer og utstyr for en ukes produksjon. Imidlertid viste det seg å være svært utfordrende å etterleve dette i praksis og de lagret varer lengre enn avtalt. En informant mente det var urimelig å forvente at man kunne klare seg kun med materialer for én ukes drift.

«[...] det er jo litt problemer med vareleveranser, eller ikke leveransen, men å lagre det (leveransen) [...] vi har ikke sjans til å bare ha materiell for en ukes drift. Det lar seg ikke gjøre. Det er ikke gjennomførbart.»

På spørsmål om taktplanene hensyntok logistikkbehovene i prosjektet, svarte en annen informant:

«Nei, på en måte ikke. For mengden som produseres i takten i løpet av en uke samsvarer ikke med lagringsområdet vi har på en uke.»

En justering eller revidering av taktplanen kunne føre til enda flere varer på lager. Dersom det ble lagt til buffervogner, eller man fikk forskyvninger i planen, kunne det medført at bestilte varer ankom før de var nødvendige. Altså, enda flere varer på lager som utfordret den allerede begrensede lagringskapasiteten. Noen informanter antydte også at leveransene trolig var større enn nødvendig, fordi det var ønskelig å få varer tidligere og med god margin for å unngå forsinkelser.

Noen underentreprenører løste plassutfordringene selv ved å benytte lokale leverandører som mellomledd. Under intervjuene kom det frem at to informanter hadde håndtert plassutfordringene ved å lagre materialer hos nærliggende leverandører. En av informantene fortalte at deres leverandører hadde økt lagerbeholdningene og fikk hyppigere leveranser enn normalt. De fikk varene levert fredager som holdt til onsdag, så kom det en ny leveranse.

5.5 Hvilke lærdommer kan utledes med tanke på forbedring i fremtidige prosjekter? (FS4)

Intervjuene avdekket også områder for forbedring. Områdene som ble avdekket er presentert i punktlisten under:

- (1) Bedre planlegging og tilpasning av arbeidsoperasjoner
- (2) Flere buffervogner i starten av taktplanen legge til rette for læring
- (3) Flere visuelle styringselementer
- (4) Burde benyttet ukestakt

(1) Forbedret planlegging og tilpasning av arbeidsoperasjoner

Resultatene fra intervjuene tyder på at en grundigere planleggingsprosess ville vært til fordel for prosjektet. Alle informantene ble spurt om det var noe som kunne vært gjort eller håndtert annerledes i planleggingen eller gjennomføringen av prosjektet. Selv om ingen nevner spesifikke tiltak, pekte flere informanter på momenter knyttet til planleggingsprosessen og taktplanen. En informant uttrykte det slik:

«En bedre gjennomtenkt taktplan. Absolutt.»

En annen sa:

«[...] en del avklaringer som skulle vært gjort i forkant. Blant annet med skjevhet i baderomskabinene, og gått mer nøye igjennom rekkefølgen på takten. Det er mange ting som dukker opp (i gjennomføringen) som man ikke (har) tenkt på.»

(2) Flere buffervogner i starten av taktplanen legger til rette for læring

Det var som nevnt en underentreprenør som hadde utfordringer med å holde følge med takten, spesielt i starten av byggefasen. Informanten fortalte at dersom de kunne fått bedre tid i starten til å tilpasse seg, og bli kjent med arbeidsoperasjonene, kunne dette virket positivt inn på fremdriften i gjennomføringen. Hen påpeker at de ble mer effektiv utover i prosjektet fordi de hadde lært hvem som jobbet godt sammen i team, og fordi de samme arbeiderne ble satt på de samme arbeidsoperasjonene gjennom hele prosjektet. Gjentakelse førte til erfaring og læring.

En informant hadde en ide om flere buffervogner i starten, for så redusere vognene utover i prosjektet:

«[...] flere buffersoner. For [...] det er jo samme sluttdato for I-leilighetene som for J-leilighetene. Så da hadde i hvert fall I-leiligheten kunne hatt to dager buffer [...] eller [...] tre dager buffer [...] i begynnelsen, i de første leilighetene I-blokkene, fordi det er der de fleste erfaringene blir gjort. Og da hadde vi hatt tid til å justere oss inn på neste blokk.»

Å inkludere ekstra buffer-vogner i starten kunne gitt mulighet til å bedre håndtere uventede problemer og lære av dem tidlig i prosessen. Disse lærdommene kunne man dratt nytte av senere i byggeprosessen.

(3) Flere visuelle styringselementer

Under intervjuene påpekte to informanter at det ville vært gunstig å ha en fysisk taktplan synlig på byggeplassen til enhver tid eller rullende på en TV-skjerm i pauserommet. Planen var litt usynlig for de som ikke var direkte involvert i daglige møter, og det var flere som ønsket at planen var synlig andre plasser enn bare i StreamBIM. De fremhevet at flere kommunikasjonskanaler for å visualisere arbeidet eller planen kunne gjort det enklere å nå ut til flere arbeidere. Dette kunne ha bidratt til at flere var informert om de daglige og ukentlige arbeidsoperasjoner, og i hvilken sone de skulle utføres. Informantene påpekte at dette generelt ville forbedret kommunikasjonen på byggeplassen.

(4) Burde benytte ukestakt

To informanter uttrykte bekymring for at den valgte takttiden ikke var optimal for prosjektet, og dette ble tydelig under gjennomføringen. En informant uttrykte et klart ønsket om å benytte ukestakt. En annen informant ga følgende kommentar da vedkommende ble spurt om hva som burde vært gjort annerledes:

«Ja, gi oss mer tid i dagstakten på enkelte områder [...] Vi burde satt ned foten, og sagt at det her går ikke. Men vi var i god tro, og så viser det seg at det gikk ikke så på skinner som man skulle ønske. I teorien går det meste opp, men i praksis blir det mye annerledes. Så dette har vært det største problemet.»

De nevnte bekymringene understreker viktigheten av å nøye vurdere valg av takttid i prosjekter og å være åpen for justeringer basert på reelle utfordringer som oppstår underveis.

6. Diskusjon

I dette kapittelet diskuteres resultatene fra studien med teori. Strukturen følger forskningsspørsmålene (FS). Først tar jeg for meg planleggingen og gjennomføringen (FS1) i forhold til teori i kapittel 3. Deretter diskuteres endringer ved overgang fra ukestakt til dagstakt (FS2) med teori fra kapittel 4. Det samme gjelder utfordringer under gjennomføringen av dagstakt (FS3). I delkapitlet 6.4 oppsummeres de viktigste lærdommene fra studien (FS4). Nummereringen av funnene for FS2 og FS3 er som i kapittel 5. Til slutt vil studiens begrensninger bli belyst.

6.1 Hvordan ble taktplanen for dagstakt planlagt og gjennomført? (FS1)

Planlegging

Funn fra studien viser at en helhetlig vurdering av underentreprenørene ble gjennomført før de ble kontrahert til Gjøa-prosjektet. Hovedentreprenørens prekvalifiseringskrav samsvarer delvis med de som er beskrevet i teorikapitlet. Herunder pris, budsjett, kapasitet til oppdraget, HMS, ledelse, faglig kompetanse, og så videre. Imidlertid mangler både studien og litteraturen spesifikke prekvalifiseringskrav som vurderer underentreprenørenes modenhet innenfor taktplanleggingsmetodikk. Det kan generelt være behov for at vurderinger av underentreprenører ikke bare baserer seg på hva de kan levere, men også hvordan. I dette tilfelle en tidligere vurdering av deres erfaring med arbeidsmetodikken som skal benyttes i et prosjekt.

Syv steg for taktplanlegging fra IBC ble brukt som retningslinjer for å utarbeide en taktplan i flere taktmøter. Sammenlignet med TTP, er det klare paralleller. Begge tilnærmingene inkluderer flere av de samme trinnene som etablering av arbeidssoner, definisjon av arbeidsrekkefølge og forsøk på å balansere arbeidsflyten. En styrke i praksisen på Gjøa var involveringen av aktørene gjennom taktmøter, noe som samsvarer med god praksis beskrevet i teorien og funn i den systematiske litteraturstudien.

I Gjøa-prosjektet var retningslinjer for dagstakt og soneinndeling kommunisert før taktmøtene og utarbeidelsen av planen. Som presentert i teorikapitlet er dette vanligvis en del av prosessen med å utarbeide planen, der alle involverte er med på å bestemme takttiden og sonestørrelsen. I TTP blir takttiden fastsatt i steg 4 i planleggingsprosessen. Der påpekes også at prosessen er iterativ, med potensielt mange iterasjoner før endelig plan og takttid blir satt. Det kan virke som den «stramme» tidsplanen på Gjøa har påvirket prosessen og ført til at de involverte aktørene ikke fikk like stor innflytelse på takttid og soneinndeling, som beskrevet i teorien.

Der var en del av informantene som kommenterte i intervjuene at de var fornøyde med planen. Der var samtidig en utbredt skepsis til dens gjennomførbarhet. En årsak til dette kan være at underentreprenørene ikke hadde vært tilstrekkelig involvert i planleggingsprosessen eller helt forsto hvilken avgjørende rolle planen spiller for koordinering av arbeidet. Det kan således sies at de ikke hadde tilstrekkelig eierskap til, og forståelse for planen. Dette kan videre forplante seg i gjennomføringen ved at de ikke kjenner på samme forpliktelsen til å holde planen à jour og dermed kan planen fungere motsatt av det som er hensikten fordi den ikke reflekterer det som faktisk skjer i praksis.

Et læringspunkt fra dette er at alle aktørene i større grad er involvert i beslutningsprosessen om takttid og soneinndeling. Først og fremst for å sikre eierskap og forståelse, men også for å utelukke tvil om planens gjennomførbarhet blant de involverte. Når aktørene har mulighet til å bidra og påvirke sentrale beslutninger i planleggingen, skaper det trolig en sterkere felles forpliktelse til å følge og justere planen i gjennomføring av prosjektet.

Gjennomføring

Det ble holdt daglige møter (daily huddle) og benyttet digitale hjelpemidler (StreamBIM) for å følge opp fremdriften. Dette samsvarer med anbefalinger beskrevet i TPTC som effektivt for kontroll og styring i gjennomføringen. De daglige møtene la til rette for god koordinering, og raske avklaringer. Noe som alle informantene opplevde som nyttig. Funn fra den systematiske litteraturstudien beskriver også at møter muliggjør raske avklaringer og i prosjekter med kort taktid er dette sett på som helt nødvendig.

Imidlertid var opplevelsen av StreamBIM ikke helt den samme. Flere opplevde funksjonsfeil og utfordringer med å justere planen. Det medførte at den digitale planen ikke alltid gjenspeilet den faktiske fremdriften i prosjektet. Funn fra den systematiske litteraturstudien peker på at ideelt sett bør verktøyet la deg følge fremdriften og gi et klart bilde på hvordan arbeidet utvikler seg i sanntid. Det er vanskelig å si om de opplevde utfordringene kun kom av programvarens dårlige evne til å håndtere store mengder data eller om det også var et resultat av for dårlig brukeropplæring. Trolig er årsaken sammensatt. Verktøyene vil uansett kun være så nyttige som deres funksjonalitet og brukernes forståelse tillater. Den viktigste lærdommen fra både Gjøa-casen og teorien er at kvalitet i implementering og opplæring av slike verktøy er viktig for effektiv taktstyring. Herunder fordi det øker sannsynligheten for at planen blir holdt à jour og dermed raskere reflekterer den faktiske tilstanden i prosjektet.

I prosjektet ble det benyttet buffere og planjusteringer for å håndtere variasjoner i gjennomføringen, noe som er i tråd med anbefalinger i litteraturen. En styrke var at arbeiderne hadde flere arbeidsoppgaver utenfor den fastsatte taktplanen. Dette ga fleksibilitet til å omfordele arbeidskraft til områder utenfor taktplanen ved behov, spesielt når flaskehalsfag opplevde forsinkelser eller det oppstod behov for justeringer i planen. Tilnærmingen tillot en mer effektiv ressursbruk og bidro til å minimere forstyrrelser i den generelle arbeidsflyten.

6.2 Hva endres i gjennomføringen når man går fra ukestakt til dagstakt? (FS2)

Resultatene fra studien viser at en overgang til dagstakt har potensiale for økt arbeidsflyt (1), men krever mer disiplin i prosjektet. Imidlertid kan det føre til redusert fleksibilitet og mindre tid til å respondere (2). Den stramme timeplanen og korte takttiden tvinger arbeiderne til å være mer disiplinerte og jobbe i et jevnere tempo. Planen ga mindre rom for fleksibilitet og tid til å gjøre justeringer underveis. Dette ble påpekt av flere informanter, både ledere og arbeidere. Punkt 2 avviker imidlertid fra funnene i den systematiske litteraturstudien, der to studier opplevde taktplaner med kortere taktid som svært fleksibel for justeringer. Her kan det være man må skille mellom hvem som opplever økt/reduert fleksibilitet. På Gjøa opplevde arbeiderne redusert fleksibilitet fordi de ikke kunne disponere tiden selv i like stor grad som ved ukestakt. Mens funn i den systematiske litteraturen beskriver dette fra et ledelsesperspektiv. Der lederne opplevde å få bedre kontroll over gjennomføringen, og økt fleksibilitet ved at man får raskere «respons» på justeringene som gjøres. En mulig årsak til at man i Gjøa prosjektet ikke opplevde det samme, kan være fordi man ikke helt forsto hvordan redusert taktid endrer kravene til prosess, styring og kompetanse. En lærdom fra denne studien er derfor at når det skjer endringer i arbeidsmetoden, må tilsvarende justeringer gjøres i prosjektstyring og arbeidsprosesser. Herunder for at den nye metoden skal bli effektivt integrert i prosjektene.

Det var behov for hyppigere materialhåndtering, samt høyere krav til plassbruk (3). Ved ukestakt tas det opp materialer i sonen for en hel uke, mens ved dagstakt kreves hyppigere materialhåndtering. I tillegg var sonene mindre ved dagstakt og lagringsplassen begrenset. Dette stilte høyere krav til at

man organisering og effektiv plassbruk. For eksempel gode rutiner for opptak av nødvendige materialer og nedtaking av søppel. Dette var ikke alltid tilfelle i Gjøa-prosjektet. Dette førte til svalganger som var rotete og arbeidere som ble frustrerte. Byggeplassen var derfor noe kaotisk og det gikk trolig ut over effektiviteten i arbeidet. I litteraturen understrekes også betydningen av god materialhåndtering som forutsetning for å lykkes med taktplanlegging. Samt at byggenæringen har mye å lære fra andre bransjer (for eksempel skipsverft). En åpenbar læring av dette er at redusert takttid også krever økt disiplin ikke bare i gjennomføring av arbeidet, men også i forberedende aktiviteter som materialhåndtering og rydding. En løsning for å møte denne utfordringen kan være å styrke logistikkavdelingen, som da vil ha det overordnede ansvaret for å sikre orden og ryddighet på arbeidsplassen, inkludert spesifikke oppgaver som å rydde svalgangene.

Et annet funn i studien var at Bas'ene fikk økt ansvar og måtte bruke mer tid på oppfølging og koordinering, mens tiden til faglig arbeid ble redusert (4). Dette samsvarer delvis med funn fra litteraturen, selv ikke Bas'er nevnes spesifikt. Litteraturen antyder imidlertid et økt behov for tett oppfølging av produksjonen. Flere studier understreker betydningen av oppfølging fra produksjonsledelsen gjennom fysisk tilstedeværelse og engasjement som kritiske faktorer for suksess. Samtidig representerer Bas'en en form for leder i prosjektorganisasjonen, med ansvar som strekker seg utover det en vanlig fagarbeider har. Dette understreker den betydelige rollen som BAS har i å balansere oppfølgingsansvar og lederskap på byggeplassen. Sentrale læringspunkter som kan utledes fra dette er at redusert takttid krever mer ressurser til oppfølging og Bas'ene får i sin rolle mer behov for å prioritere ledelse framfor å utføre faglig arbeid. I tillegg vil et tettere samarbeid mellom BAS'ene kunne lette arbeidsbelastningen, heve kompetansen og fremme et mer effektivt arbeidsmiljø. Til slutt ligger det kanskje et uforløst potensial i anvendelsen av digitale verktøy for å forsterke kommunikasjonen og koordinering mellom fagarbeidere, BAS'er og prosjektet.

Dagstakten gjorde at flere fag økte bemanningen (5) og sikret seg større bufferlager (6). Funn fra den systematiske litteraturstudien peker på at korte takttid endrer underentreprenørens ansvar og tilnærming til å håndtere og regulere kapasitetsbufferne (materialer, arbeidere og utstyr). Problemene oppstår når det enten er for mange eller for få arbeidere, utilstrekkelig med materiell eller mangel på utstyr for å fullføre arbeidet. Dette samsvarer med behovet for større bufferlager og økt bemanning som ble identifisert som et funn ved overgang til dagstakt. Underentreprenørene må tilpasse seg den nye dynamikken, ta mer ansvar for kapasitetsstyring og planlegging, og forstå hvordan endringene i takttiden påvirker arbeidsprosessene.

6.3 Hvilke utfordringer oppsto under gjennomføringen av dagstakt? (FS3)

Studien avslører at mangelfull kvalitet i planleggingen var en utfordring (1). Informantene opplevde at en ugunstig vognrekkefølge og muligheten for å kombinere arbeidsoperasjoner ble oversett. Dette tyder på utfordringer i planleggingen, noe som ifølge litteraturen er avgjørende for suksess. God faglig kvalitet i planen med tilstrekkelig detaljering av arbeidsoperasjoner er avgjørende for å løse hindringer tidlig vil fokus i taktstyringen i større grad rettes mot forbedring av produksjonsflyten, i stedet for å håndteres reaktivt. En metode som kan bidra til å løse hindringer tidligere er utkvikksplanlegging (KAN). Utkvikksplanlegging beskrives i teorien som en metode for å sikre gjennomførbarheten av aktiviteter identifisert i faseplanleggingen (BURDE). En anbefaling for å bedre kvaliteten i planprosessen er å ta i bruk metoder som utkvikksplanlegging. Dette vil gi en proaktiv tilnærming til planlegging. Det vil bidra til å identifisere og løse hindringer tidlig i prosessen som

ugunstige vognrekkefølger og ikke optimale arbeidsoperasjoner. Og dermed også øke gjennomførbarheten av aktiviteter og forbedre arbeidsflyten.

I prosjektet ble det observert at en underentreprenør møtte utfordringer med å opprettholde jevn fremdrift. Årsakene var komplekse og vanskelige å isolere. Studien identifiserte tre hovedfaktorer: unøyaktig vurdering av arbeidsmengde (2), manglende kompetanse og kapasitet (3), og utilstrekkelig antall Bas'er for oppfølging av fremdrift (4). Funn (2) samsvarer delvis med lærdommer fra overnevnte litteratur, som understreker behovet for grundig planlegging av arbeidsoperasjoner. En studie i den systematiske litteraturgjennomgangen viste at, til tross for at dagstakt i teorien skulle korte ned produksjonstiden, opplevde prosjekter med ukestakt tilsvarende fordeler. Erfarne og kompetente deltakere, som var kjent med gjennomføringsmetoden, var bedre rustet til å håndtere utfordringer og derfor en viktigere forklaring på hvorfor prosjekter lyktes i gjennomføringen. I studien ble «modenhet» og «erfaring» benyttet om hverandre for å referere til det samme konseptet.

I teorien refererer modenhet til evnen til å tilpasse seg og håndtere endringer. I byggeprosjekter benyttes modenhetsmodeller for å evaluere prosjektorganisasjonens modenhetsnivå. Der er begrenset litteratur som tar for seg entreprenørers vurdering av underentreprenørers modenhet i arbeidsmetodikk før de blir valgt til prosjektet. På Gjøa ville trolig en slik vurdering vært gunstig i valget av underentreprenør og for å tilrettelegge opplæringen og veiledningen i arbeidsmetodikken. En tidligere modenhetskartlegging ville gjort det mulig å bedre håndtere variasjonen i kompetanse hos underentreprenørene. I byggeprosjekter med tidsbegrensninger blir dette spesielt viktig fordi det gir bedre beslutningsgrunnlag ved valg av underentreprenør og øker sannsynligheten for effektiv gjennomføring av prosjektet. Alternativt, siden Gjøa introduserer dagstakt, kunne det vært hensiktsmessig å vurdere ukestakt, fordi prosjektorganisasjonen totalt sett ikke var tilstrekkelig moden for å etterleve kravene til dagstakt.

I studien ble det identifisert at upålitelig kommunikasjon og for sen justering av planen var en utfordring (5). Dette ble særlig merkbart når en underentreprenør var forsinket. Det oppsto vanskeligheter med å finne riktig tidspunkt å gripe inn, samtidig som man ønsket å opprettholde nødvendig flyt og fleksibilitet. Problemer oppsto spesielt når løfter om ferdigstilling ikke ble oppfylt. Ifølge teorien må troverdige lovnader være basert på en realistisk vurdering av ressurser, tid, forhold og kompetanse. Dette kan indikere enten en overvurdering av egen arbeidskapasitet eller en manglende forståelse av arbeidets kompleksitet. En studie fra litteraturen rapporterte lignende observasjoner, med arbeidere som overvurderte egen arbeidskapasitet. Aktiv ledelse gjennom tett oppfølging og hyppige justeringer i prosjektets tidlige faser ble avgjørende for suksessen til prosjektet. Det er imidlertid viktig å merke seg at denne studien var av mindre skala, og kan ikke nødvendigvis sammenlignes direkte med Gjøa-prosjektet. I den studien kunne ledelsen være mer «hands-on». På Gjøa-prosjektet var avhengigheten av troverdige lovnader og åpenhet i koordineringen mer avgjørende. Det er behov for en realistisk vurdering av tid, og åpen kommunikasjon i prosjektets status. Dette peker videre på et behov for å etablere et miljø som fremmer eierskap og ansvarlighet til planen. En følelse av et felleskap som jobber mot samme mål, hvor hver enkelt har forståelse for sin rolle og hvordan den er viktig for prosjektet som helhet.

Resultater fra undersøkelsen avdekket flere tekniske utfordringer med bruk av StreamBIM (6). Mens noen brukere verdsatte funksjonaliteten, opplevde mange problemer med grensesnittet, funksjonsfeil og ustabilitet. En informant fremhevet viktigheten av at applikasjonen for å opprettholde brukermotivasjonen. Problemer med oppdatering av taktplanen i StreamBIM førte til

manglende oppdatering av fremdriftsinformasjon. Trolig var disse utfordringen et resultat av både mangler i funksjonaliteten og begrenset kompetanse i bruk av verktøyet. I litteraturen understrekes viktigheten av opplæring i digitale styringsverktøy for effektiv taktstyring. Disse verktøyene bør muliggjøre nøyaktig sporing av arbeidet, effektiv læring, og gi et klart bilde av arbeidsutviklingen i sanntid. Som nevnt tidligere i diskusjonen er det et uforløst potensial i digitale verktøy, men dette krever at teknologien er stabil og at brukerne har tilstrekkelig kompetanse i bruk av disse.

Plassutfordringene rundt og på byggeplassen gjorde logistikken utfordrende (7). Det var en smal adkomstvei, trange svalganger, og lite lagringsplass. Flere informanter lagret større mengder med materialer og lengre enn avtalt. Plassutfordringen diskuteres ikke spesielt i litteraturen. Derimot beskrives i flere studier hvordan de fikk varer levert til byggeplassen med JIT. JIT vill på den ene siden trolig lettet lagertrykket på Gjøa, men kanskje samtidig flyttet utfordringen til en annen del av logistikk-kjeden. En studie fra litteraturen anbefaler at logistikk-løsninger utarbeides samtidig som taktplanen, og dermed blir en støtte til produksjonen, framfor å være en flaskehals. En lærdom fra Gjøa er at logistikken må planlegges med utgangspunkt i forutsetningene til prosjektet. Gitt forutsetningen, kunne større soner og lengre takttider vært vurdert. Det ville tillatt lagring av materialer i sonene, og trolig redusert belastningen på lagerkapasiteten i første etasje. En annen løsning kunne vært og fått levert leveransen etter arbeidstid, og deretter plassert materialene i sonene når arbeiderne hadde forlatt byggeplassen. Dette ville ikke bare minimere forstyrrelsene for arbeidsflyten, men også utnytte at det var mindre personbiltrafikk på kveldstid.

Det var behov for å justere bemanningen (8). Noen vogner strakk seg over flere dager. Konsekvensen av dette var at enkelte fag måtte bemanne opp og ned, i henholdsvis starten og slutten av taktplanen. Det krevde mer planlegging og oppfølging av prosjektlederne til underentreprenørene i disse fasene. Som tidligere nevnt, når arbeidsmetoder endres er det viktig å tilpasse seg de samtidige endringene i prosjektstyring og arbeidsprosessene som følger med metodeendringene. I litteraturen blir det ofte framhevet at suksess med taktplanlegging krever en godt gjennomtenkt tilnærming og forståelse for dynamikkene i arbeidsflyten og styringen som følger av kortere takttider. En konkret anbefaling fra dette er at prosjekter av denne typen og med dagstakt legger til rette for fleksibel bemanningsplanlegging. For eksempel at planen tillater rask opp- og nedskalering av arbeidskraft tilpasset arbeidsmengden. Planen bør videre inkludere en strategi for å ha reservepersonell tilgjengelig. Dette kan være arbeidere som arbeider uavhengig av den primære taktplanen, og trer i kraft ved spesielle behov eller uforutsette situasjoner. I tillegg er det viktig å etablere fleksible avtaler med underentreprenørene, slik at arbeidskraften kan tilpasses dynamisk etter prosjektets behov.

6.4 Hvilke lærdommer kan utledes med tanke på forbedring i fremtidige prosjekter? (FS4)

I dette delkapitlet oppsummeres de viktigste lærdommene fra studien. Disse tar utgangspunkt i teorikapitlet (kapittel 3), funnene fra den systematiske litteraturstudien (kapittel 4), de konkrete læringspunkter identifisert i casestudien (kapittel 5.5), samt lærdommer og anbefalinger fra overnevnt diskusjonen (kapittel 6.1-6.3).

Lærdom 1: Bedre planlegging – koordinering av vognrekkefølge og arbeidsoperasjoner

I casestudien rapporterte informantene om behovet for forbedret planlegging og tilpasning av arbeidsoperasjoner, spesielt i kontekst av utilstrekkelig koordinering av vognrekkefølge og arbeidsoperasjoner. Dette førte til misnøye med planens kvalitet, og understreker viktigheten av detaljert planlegging, som også er fremhevet i litteraturen.

I Gjøa kunne man brukt mer tid på detaljplanlegging og anvendt metoder slik at prosjektdeltakerne i større grad kunne fordype seg mer i de spesifikke arbeidsoperasjonene og den spesifikke konteksten arbeidet skulle foregå i.

I litteraturstudien beskrives hvordan bygging av en fysisk prøvemodell (mock-up) kan gi verdifull innsikt i utfordringene og mulighetene knyttet til arbeidsprosessene. Implementering av slike tiltak, spesielt i prosjekter med kortere takttider, kan bidra til å identifisere og minimere hindringer tidlig i planleggingsfasen og redusere behovet for justeringer underveis.

Videre kan anvendelsen av utviklingsplanlegging, en metode som fokuserer på korttidsplanlegging og identifisering av potensielle hindringer, bidra til mer effektiv koordinering av arbeidsoppgaver. Det å bruke slike metoder støtter arbeidere og prosjektledelsen i å identifisere konkrete arbeidsoppgaver, og blir særlig viktig når underentreprenører har varierende faglig erfaring. Dette er kritisk i prosjekter med kortere takttid, hvor det er mindre rom for endringer underveis.

Et konkret læringspunkt er å bruke slike metoder for støtte arbeidere og prosjektet i å identifisere konkrete arbeidsoppgaver, i stedet for å bare basere seg på tidligere erfaringer og generelle data. Herunder spesielt når underentreprenører har varierende grad av faglig erfaring. Dette er spesielt viktig ved innføring av kortere takttid fordi har mindre slakk dermed kortere tid til å gjøre endringer underveis i prosjektet.

Lærdom 2: Forsterke eierskap til plan – involvering av underentreprenører

Dette forbedringsområdet kan knyttes til lærdom 1, men her fokuseres hvordan prosjektet involverte underentreprenører. I Gjøa-prosjektet var det god involvering i taktmøtene og hvor fokus var på det faglige innholdet i planen. Imidlertid var det mindre grad av involvering i beslutninger relatert til metoden (takttid og soneinndeling). Funn fra intervjuene kan tyde på at dette var noe av årsaken til informantene skepsis til planens gjennomførbarhet. Dette kan være en av årsakene til det noe manglende kollektive eierskap og etterlevelsen av planen.

Man kan bli sårbar hvis man blir for avhengig av en part for å drive prosessen og planen fremover, i motsetning til en tilnærming hvor alle bidrar. I gjennomføringen av Gjøa-prosjektet erfarte man at manglende og upresis kommunikasjon førte til for sen justering av planen, spesielt når underentreprenørene var forsinket. Dette var en utfordring for prosjektlederne.

Et læringspunkt fra studien er at aktiv involvering av underentreprenørene når beslutninger om arbeidsmetode gjøres, for eksempel takttid og soneinndeling, vil styrke motivasjonen og engasjementet i planleggingsprosessen. Planen og de beslutninger som er tatt blir et produkt av en felles innsats og prosess. Dette igjen vil kunne bidra til at flere har motivasjon til å etterleve planen og bidra aktivt til å holde den oppdatert i gjennomføring av prosjektet.

Lærdom 3: Vurdering av underentreprenørers modenhet og behov for opplæring

Funn fra casestudien viser at underentreprenører som deltok i prosjektet hadde ulik erfaring i taktplanlegging. Spesielt ble dette tydelig da en underentreprenør hadde utfordringer med å holde takten. I den systematiske litteraturen benyttes ordet erfaring ofte synonymt med begrepet modenhet. Litteraturen er full av eksempler på modenhetsmodeller, men det er begrenset litteratur på bruk av disse i tidlige faser av byggeprosjekter. Dette til tross for at underentreprenørens kompetanse og prestasjon er avgjørende for hvor godt man lykkes i prosjekter.

En anbefaling fra studien er å i større grad benytte modenhetsmodeller i til å kvalifisere leverandører. Det vil si en kartlegging av underentreprenørers evne til å tilpasse seg og effektivt implementere prosjektspesifikke arbeidsmetoder som taktplanlegging. Dette blir kanskje spesielt

viktig når takttiden intensiveres. En tidlig modenhetsvurdering ville også økt innsikt hos hovedentreprenøren i hvor stor grad underentreprenøren trenger veiledning og oppfølging gjennom produksjonsprosessen. Mer konkret ville man hadde et grunnlag for å tilrettelegge opplæring som er tilpasset den enkelte underentreprenørs behov.

En annen anbefaling er å legge til rette for læring i prosjektets tidligfase. En informant foreslo flere buffervogner i starten av taktplanen for rom for prøving og feiling og dermed bedre til rette for læring. I den systematiske litteraturstudien ble det gjort tilsvarende observasjoner med startvansker tidlig i byggefasen. En viktig lærdom fra denne studien er at en gradvis økning av takten i begynnelsen av taktplanen ville gitt underentreprenørene bedre tid til å tilpasse seg arbeidsoperasjonene. Dette ville også tillatt mer tid til å kontrollere arbeidet i de første leilighetene og effektivt eliminere feil.

Lærdom 4: Optimalisering av logistikk og materialhåndtering

I den systematiske litteraturstudien er det flere som vurderer byggebransjen som nokså umoden i integreringen av logistikk i taktplanleggingen. Casestudien viser at kortere takttid medførte hyppigere vareopptak og høyere krav til materialorganisering. Dette skyldes primært at arbeidssonene ble mindre, og overleveringer forekom oftere. Altså kravene til logistikk endret seg, uten at dette nødvendigvis var like godt reflektert i planen og de spesifikke prosjektforholdene. Studien understreker viktigheten av å justere logistikkstrategier i takt med endringer i prosjektets tids- og arbeidsstruktur.

En anbefaling fra studien er å implementere en mer dynamisk og tilpasset tilnærming til materialhåndtering som tar hensyn til de spesifikke kravene til dagstakt. Dette inkluderer å disiplin og effektive rutiner for opptak av nødvendige materialer og rydding av arbeidsplass for å unngå rot og kaos. Vurdere å styrke logistikkavdelingen for å sikre orden og ryddighet på arbeidsplassen, med spesielt fokus på effektiv plassbruk og koordinering av materialflyt.

En annen anbefaling er at logistikk-løsninger må utarbeides samtidig taktplanen slik at de bedre støtter produksjonen. Et sentralt punkt å hensynta de spesifikke forutsetningene til den fysiske plassen. Det kan være byggeplassens størrelse, nærliggende infrastruktur og tilgjengelig lagringsplass for å optimalisere plassbruk og minimere hindringer i arbeidsflyten.

En annen sentral vurdering, som følger overnevnte, er å vurdere om større soner og lengre takttider i prosjekter hvor plassbegrensninger er en utfordring, vil for å gi mer fleksibilitet i materialhåndtering og lagring.

Lærdom 5: Styrke oppfølgingsressursene og visuell styring

I den systematiske litteraturstudien påpekes at kortere takttid medfører økt arbeidsmengde for ledere og behov for tettere oppfølging. Tilsvarende, viser funn i casestudien at flere Bas'er opplevde at mer av tiden gikk med til oppfølging og koordinering ved innføring av dagstakt.

En anbefaling ved overgangen til dagstakt å styrke støtten og ressursene for ledelsesoppfølging. Dette kan for eksempel innebære å utvikle ledernes (Bas'er) kompetanse i nye arbeidsmetoder og å sikre at de har tilstrekkelige ressurser og support for å håndtere sine utvidede ansvarsområder effektivt.

Videre er det viktig å vurdere hvilke muligheter digitalisering og visualisering kan bidra til å for å redusere belastning for ledere. Gode og funksjonelle digitale løsninger og visualisering vil kunne bidra til å forenkle kommunikasjon mellom alle nivåer i prosjektet. I Gjøa-casen var det mange arbeidere som, av ulike årsaker, ikke hadde tilgang til taktplanen i StreamBIM. En løsning påpekt av to

informanter var å visualisere planen på andre måter. For eksempel fysisk flere steder på byggeplassen og/eller på skjermer i lunsjrommet.

Forslaget om å bruke visuelle hjelpemidler som digitale verktøy, tavler, symboler og farger støttes også av funn i den systematiske litteraturstudien. Slike hjelpemidler er effektive for å forsterke kommunikasjon og arbeidsflyt i byggeprosjekter. Mobiltelefoner er også et lett tilgjengelig alternativ for kommunikasjon av planen, ettersom nesten alle har en smarttelefon. En brukervennlig mobilapplikasjon, som er lett å forstå og tilgjengelig for alle, kan være en løsning. Applikasjonen bør kunne vise nøyaktig prosjektets fremgang og på den måten støtte arbeidsflyten i prosjektet.

6.5 Begrensninger

Casestudien gir god innsikt i Gjøa-prosjektet, men muligheten for å generalisere funnene er noe begrenset ettersom casen er unik i sin kontekst. For eksempel var studiens begrenset til ett boligprosjekt i Tromsø sentrum. Der var plassbegrensninger som satte rammebetingelser for gjennomføringen. Faktorer som plass, ressurser og prosjektets omfang, vil variere fra prosjekt til prosjekt. Denne variasjonen vil virke inn på hvordan prosjektet faktisk gjennomføres, og hvilke gjennomføringsmetoder det tillater. Dette begrenser generaliserbarheten av funnene i forhold til andre kontekster.

Hovedkilden til data var intervjuer. Informantenes egne erfaringer og perspektiver vil prege deres beskrivelser og oppfatninger av prosjektet. Denne subjektiviteten kan føre til skjevhet i dataene, fordi den baserer seg på individuelle perspektiver og ikke objektive observasjoner. På samme måte kan min tolkning av dataene være påvirket av min erfaring fra sommerjobben i Consto. Sammen kan denne doble subjektivitet gjøre det utfordrende å anvende funnene i andre situasjoner uten ekstra validering.

Det er generelt lite litteratur på kortere takttid. Begrenset dokumentert forskning på området gjør at det mangler et solid teoretisk grunnlag og dermed variert praktisk anvendelse. Denne mangelen på studier begrenser kunnskapen om hvordan man effektivt kan implementere og håndtere kortere takttider i byggeprosjekter.

Et for ensidig utvalg av informanter kan også ha påvirket studiens resultater. Datamaterialet baserer seg hovedsakelig på intervjuer av prosjektledelse og Bas'er. Dette kan gi et for ensidig bilde av prosjektet. Mangelen av tilsvarende studier av andre byggeprosjekter gjør det i tillegg vanskelig å fastslå om de dokumenterte og observerte utfordringene i Gjøa-prosjektet er unike ved bruk av dagstakt eller om de er generelle for flere byggeprosjekter.

Det er også en mangel på variasjon i datakilder. Hovedkilden er erfaringer fra kun ett prosjekt. Dette kan begrense en mer helhetlig forståelse av problemstillingene i forhold til et bredere spekter av byggeprosjekter.

I denne perioden var markedet preget av høye materialkostnader og få tilbydere. Prosjektet opplevde begrenset tilgang på materialer og høye kostnader. Markedstilstanden kan ha påvirket overførbarheten av studiens konklusjoner ved andre markedsforhold, fordi vurderinger og beslutninger som fungerer i et stramt marked kan være mindre relevante i et mer stabilt marked.

7. Konklusjon

I denne studien er det samlet erfaringer med dagstakt fra Gjøa boligprosjekt byggetrinn 1. Det er gjennomført en systematisk litteraturstudie og en casestudie for å besvare følgende problemstilling:

Hva skjer i gjennomføringen av et boligbyggeprosjekt når man innfører dagstakt og hvilke konkrete erfaringer kan trekkes for å forbedre fremtidige prosjekter?

Studien har vist at innføring av dagstakt i boligprosjekter kan føre til økt arbeidsflyt, men samtidig er det fare for redusert fleksibilitet og mer krevende koordinering og logistikkhåndtering.

Studien avdekket flere utfordringer i gjennomføringen. Blant annet manglende kvalitet i plan, upresis vurdering av arbeidsmengde, manglende kapasitet og kompetanse hos underentreprenør, utfordringer med digitale verktøy og plassutfordringer.

På tross av disse utfordringene, indikerer studien at dagstakt kan være en effektiv metode for å øke produksjonseffektiviteten i byggeprosjekter, forutsatt at det er nøye planlagt og tilrettelagt.

Følgende lærdommer er utledet for framtidige prosjekter

- Det er viktig med tilstrekkelig detaljplanlegging for sikre gjennomførbareheten. Bruk av metoder som fysiske prøvmodeller (mock-up) og utviklingsplanlegging er eksempler på tilnærminger som kan bidra til en bedre plan med færre hindringer.
- Involvering av underentreprenører i beslutningsprosesser kan styrke eierskap og motivasjon, og sikre etterlevelse av planen.
- Modenhetsvurderinger anbefales for å vurdere og forbedre underentreprenørers tilpasningsevne og prestasjon, spesielt ved kortere takttider.
- Logistikk-løsninger må samsvare og utarbeides parallelt med taktplanen. Dette inkluderer at kontekstspesifikke forhold som plassbruk og materialflyt hensyntas.
- Økt støtte til ledelsesoppfølging ved bruk av digitale løsninger og visualiseringsteknikker forbedrer kommunikasjon og arbeidsflyt, særlig ved overgang til dagstakt.

Casestudien gir verdifull innsikt, mens dens anvendelse og generaliserbarhet til andre prosjekter er begrenset på grunn av kontekstuelle faktorer, subjektive datakilder, markedstilstand og mangel på bredere forskning på temaet.

Fremtidig forskning på kortere takttid bør inkludere flere casestudier fra forskjellige geografiske områder og prosjekttypen for å øke generaliserbarheten av funnene. En studie som følger prosjekter over tid, fra start til slutt, vil være verdifull for å forstå langtidseffektene av dagstakt.

Forskning på sammenhengen mellom modenhet og hvilke effekter det har ved implementeringen av taktplanlegging kan gi nyttig innsikt for bransjen. Mer konkret sammenhengen mellom underentreprenørers modenhet i taktplanlegging og hvordan det virker på prosjektresultatet.

8. Referanser

- Apgar, B., & Smith, J. P. (2023). Do Failures in a Takt Plan Fit the FMEA Framework? *Proceedings of the 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC31)*, 1383–1394. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2023/0246>
- Apgar, B., Smith, J. P., & Copenhaver, D. (2022). How Does Flow Impact Data Center Roofing Durations? A Case Study. *Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 681–692. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2022/0175>
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*.
- Ballard, G., & Harper, N. (2003). Learning to See Work Flow: Application of Lean Production Concepts to Precast Concrete Fabrication. *Engineering*, 10. <https://doi.org/10.1108/09699980310466505>
- Ballard, G., & Howell, G. A. (2003). *AN UPDATE ON LAST PLANNER*.
- Ballard, G., & Tommelein, I. D. (2021). *2020 CURRENT PROCESS BENCHMARK FOR THE LAST PLANNER® SYSTEM OF PROJECT PLANNING AND CONTROL*.
- Bataglin, F. S., Viana, D. D., Coelho, R. V., Tommelein, I. D., & Formoso, C. T. (2021). *Buffer Types and Methods of Deployment in Construction*. 849–858. <https://doi.org/10.24928/2021/0171>
- Binninger, M., Dlouhy, J., & Haghsheno, S. (2017). Technical Takt Planning and Takt Control in Construction. *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 605–612. IGLC.net. <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. *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 1133–1143. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2018/0472>
- Binninger, M., Dlouhy, J., Steuer, D., & Haghsheno, S. (2017). Adjustment Mechanisms for Demand Oriented Optimisation in Takt Planning and Takt Control. *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 613–620. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2017/0086>
- Bruno, I., Lobo, G., Covino, B. V., Donarelli, A., Marchetti, V., Panni, A. S., & Molinari, F. (2020). Technology readiness revisited: A proposal for extending the scope of impact assessment of European public services. *Proceedings of the 13th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, 369–380. <https://doi.org/10.1145/3428502.3428552>
- Dahlberg, T. Ø., & Drevland, F. (2021). Preventing the Parade of Delays in Takt Production. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 777–786. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2021/0175>
- Dangmei, J. (2017). People Capability Maturity Model (P-CMM) Facing the Key HR Challenges of MSME in India: A Theoretical Approach. *Asian Journal of Management*, 8, 2321–5763. <https://doi.org/10.5958/2321-5763.2017.00022.1>
- Deschamps, R. R., Esteves, R. R., Rossetto, R., Tomazi, L. F., & Silva, G. G. M. P. D. (2015). The Impact of Variability in Workflow. I O. Seppänen, V. A. González, & P. Arroyo (Red.), *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (s. 826–835). IGLC.net.
- Drevland, F. (2019). *Optimising Construction Projects as Value Delivery Systems—Expanding the Theoretical Foundation*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36741.47842>
- Eikeland, P. T. (2001). *Samspillet i Byggeprosessen*.

- <https://v1.prosjektnorge.no/files/pages/362/samspillet-i-byggeprosessen-eikeland.pdf>
- Ferstad, H. K. (2023). *Strategisk samarbeid mellom byggherre, entreprenør og underentreprenør*. <https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262028207/Masteroppgave+HKF.pdf/93662a35-8a1f-58d8-041a-b1fe16397db0?t=1696422299556>
- Fløisbonn, Håkon W., Hoel, C., Lystad, Ø., Markussen, B., Rasmussen, S., Ræder, M. M., Sunesen, S., & Yggeseeth, H. (2022). *MMI-veilederen 2.0*. <https://mmi-veilederen.no/wp-content/uploads/2022/10/MMI-veileder-2.0.pdf>
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2013). Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding. I C. T. Formoso & P. Tzortzopoulos (Red.), *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (s. 527–536). IGLC.net.
- Frandsen, A. G., Seppänen, O., & Tommelein, I. D. (2015). Comparison Between Location Based Management and Takt Time Planning. I O. Seppänen, V. A. González, & P. Arroyo (Red.), *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (s. 3–12). IGLC.net.
- Gardarsson, M. H., Lædre, O., & Svalestuen, F. (2019). Takt Time Planning in Porsche Consulting, the Boldt Company and Veidekke. *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 551–562. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2019/0232>
- Guetterman, T. C., & Fetters, M. D. (2018). Two Methodological Approaches to the Integration of Mixed Methods and Case Study Designs: A Systematic Review. *American Behavioral Scientist*, 62(7), 900–918. <https://doi.org/10.1177/0002764218772641>
- Haghsheno, S., Binniger, M., Dlouhy, J., & Sterlike, S. (2016). History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 53–62. IGLC.net.
- Heinonen, A., & Seppänen, O. (2016, juli 20). Takt Time Planning: Lessons for Construction Industry from a Cruise Ship Cabin Refurbishment Case Study. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, Massachusetts, USA. IGLC.net.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory Physics: Third Edition*. <https://books.google.no/books?id=TfcWAAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=no#v=onepage&q&f=false>
- IGLC. (2023). *IGLC.net—About*. <https://iglc.net/Home/About>
- Jabbari, A., Tommelein, I. D., & Kaminsky, P. M. (2020). Workload leveling based on workspace zoning for takt planning. *Automation in Construction*, 118, 103223. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103223>
- Jayanetti, J. K. D. D. T., Perera, B. A. K. S., & Waidyasekara, K. G. A. S. (2023). Key attributes of construction maturity models: A systematic review. *11th World Construction Symposium - 2023*, 658–670. <https://doi.org/10.31705/WCS.2023.54>
- Kenley, R., & Seppänen, O. (2010). *Location-Based Management for Construction: Planning, scheduling and control*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203030417>
- Keskiniva, K., Saari, A., & Junnonen, J.-M. (2022). Suggestions for takt production subcontract clauses – a conceptual study. *Construction Innovation*, 23(2), 425–442. <https://doi.org/10.1108/CI-09-2021-0176>
- Keskiniva, K., Saari, A., & Junnonen, J.-M. (2021). Takt Production Monitoring and Control in Apartment Renovation Projects. *Buildings*, 11(3), Artikkel 3.

<https://doi.org/10.3390/buildings11030092>

- Koskela, L., Ballard, G., Howell, G., & Tommelein, I. (2002). The foundations of lean construction. *Design and Construction: Building in Value*.
- Kujansuu, P., Lehtovaara, J., Grönvall, M., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2019). Comparison of Collaboration and Trade Partner Commitment in Takt Implementation Cases. *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 1219–1228. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2019/0166>
- Kujansuu, P., Lehtovaara, J., Salerto, S., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2020). How Does Takt Production Contribute to Trade Flow in Construction? *Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 445–454. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2020/0069>
- 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. *Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 433–444. IGLC.net. <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. *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 417–428. IGLC.net. <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>
- Linnik, M., Berghede, K., & Ballard, G. (2013). An Experiment in Takt Time Planning Applied to Non-Repetitive Work. I C. T. Formoso & P. Tzortzopoulos (Red.), *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (s. 609–618). IGLC.net.
- Lohne, J., Torp, O., Andersen, B., Aslesen, S., Bygballe, L., Bølviken, T., Drevland, F., Engebø, A., Fosse, R., Holm, H. T., Hunn, L. K., Kalsaas, B. T., Klakegg, O. J., Knotten, V., Kristensen, K. H., Olsson, N. O. E., Rolstadås, A., Skaar, J., Svalestuen, F., ... Laedre, O. (2022). The emergence of lean construction in the Norwegian AEC industry. *Construction Management and Economics*, 40(7–8), 585–597. <https://doi.org/10.1080/01446193.2021.1975041>
- Lædre, O. (2006). *Valg av kontraktstrategi i bygg- og anleggsprosjekt*. <https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1261995997/Valg+av+kontraktstrategi+i+bygg+og+anleggsprosjekter.pdf/1c97d1c7-e66e-42a7-ae0b-dea44ca85a01>
- Mbachu, J. (2008). Conceptual framework for the assessment of subcontractors' eligibility and performance in the construction industry. *Construction Management and Economics*, 26(5), 471–484. <https://doi.org/10.1080/01446190801918730>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pedersen, T. U. (2020). *Last Planner i norsk byggenæring* [Master thesis, NTNU]. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2779389>
- Power, W., Sinnott, D., & Lynch, P. (2023). An Examination of IGLC Takt Literature—Learnings &

- Opportunities. *Proceedings of the 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC31)*, 1557–1569. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2023/0218>
- Riekki, J., Rannisto, J., Lehtovaara, J., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2023). Achieving a 4-Hour Takt Time – and Driving Change With It. *Proceedings of the 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC31)*, 1184–1195. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2023/0146>
- Rolstadås, A. (2022). Organisasjonsmodenheter – prosjektledelse. I *Store norske leksikon*. https://snl.no/organisasjonsmodenheter_-_prosjektledelse
- Scopus. (2023). <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/scopus>
- Tetik, M., Peltokorpi, A., Seppänen, O., Viitanen, A., & Lehtovaara, J. (2019). Combining Takt Production With Industrialized Logistics in Construction. *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 299–310. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2019/0156>
- Tommelein, I. D., & Emdanat, S. (2022). Takt Planning: An Enabler for Lean Construction. *Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 866–877. IGLC.net. <https://doi.org/10.24928/2022/0198>
- Tommelein, I. D., Riley, D., & Howell, G. A. (2001). *PARADE GAME: IMPACT OF WORK FLOW VARIABILITY ON SUCCEEDING TRADE PERFORMANCE*. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-df803078-72c3-4acb-aa9d-862064ad6a7b.pdf>
- Yarmohammadian, M., Tavakoli, N., Shams, A., & Hatampour, F. (2013). Evaluation of organizational maturity based on people capacity maturity model in medical record wards of Iranian hospitals. *Journal of Education and Health Promotion*, 2. <https://doi.org/10.4103/2277-9531.134743>
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods*. SAGE.

9. Vedlegg

Intervjuguide

Formål: Samle erfaring med dagstakt. Caseobjektet er Gjøa boligprosjekt.

Formalia:

Navn:

Firma:

Utdanning:

Rolle i prosjektet:

Tidligere erfaringer/prosjekter:

Deltagelse:

Har du deltatt under planleggingen av taktplanen? (Ja/Nei)

Har du deltatt i fremdriftsmøter (ukentlige møter)? (Ja/Nei)

Har du deltatt i daily huddle? (Ja/Nei)

Innledning

1. Hva er takt og taktplanlegging for deg?
2. Har du tidligere deltatt i prosjekter som har benyttet taktplanlegging? Kan du dele dine erfaringer?
 - Hva har du opplevd som har fungert godt/vært utfordrende på tidligere prosjekter?
 - Hvilken takttid ble benyttet? Hva var dine erfaringer med denne takten?
 - Sammenlignet med tidligere prosjekter, hvor en annen takttid ble benyttet (for eksempel ukestakt), opplever du noe forskjell?
 - Hva opplever du som de viktigste forskjellene?

Hoveddel

Planlegging:

3. Kan du si litt om din rolle og deltakelse i planleggingen av taktplanen i dette prosjektet?
 - Hvordan opplevde du din egen deltakelse og innflytelse i taktplanleggingsmøtene?
 - Opplevde du å bli involvert? Eller ønsker du å være mer eller mindre involvert?
 - Kan du forklare hvordan beslutninger angående sone-størrelse, takttid og bemanning ble tatt?
 - Sammenlignet med tidligere prosjekter, opplever du at denne måten å planlegge på er lik eller ulik? Hvis ulik, hva er de viktigste forskjellene du har lagt merke til?
4. Hvor fornøyd var du med planen?
 - Hvorfor/hvorfor ikke?

Gjennomføring:

5. Hvordan har det vært å delta på dette prosjektet? Hvilke erfaringer har du gjort deg?
 - Har ditt fag opplevd utfordringer med å følge takten? Hvordan har dere håndtert slike utfordringer?
 - Opplever du at dere har god/dårlig tid til å fullføre arbeidsoppgavene i en vogn?
 - Har dere opplevd å ikke bli ferdig innenfor takttiden? Hva har dere gjort da?
 - Har du opplevd at ditt fag noen gang har vært i forkant av takten? Hva har dere gjort da?
 - Har det vært noen endringer i måten du utfører arbeidet på sammenlignet med tidligere prosjekter? Hva har endret seg?

6. Hvordan har samarbeidet fungert?
 - Har du opplevd at samarbeidet med andre har vært spesielt utfordrende eller vanskelig? Hvorfor/ hvorfor ikke?
 - Kan du gi noen eksempler på situasjoner der samarbeidet har fungert godt og/eller vært utfordrende.
 - Hvordan har du opplevd viljen til å samarbeide? Hvorfor/hvorfor ikke?

7. Det har blitt gjort endringer av taktplanen underveis. Hvordan har disse endringene påvirket ditt fag?
 - Hva var årsaken til endringene?
 - Har dere måtte tilpasse dere endringer som er blitt gjort? Hvordan har dere håndtert disse tilpasningene?

Ledelse og koordinering:

8. Kan du fortelle litt om hvordan oppfølgingen av produksjonen har vært?
 - Dersom du har hatt spørsmål eller behov knyttet til produksjonen, hvordan har du gått fram?
 - Har du opplevd å få tilstrekkelig oppfølging/hjelp ved spørsmål eller behov? Hvorfor/hvorfor ikke?
 - Kan du gi noen eksempler.

9. Dere gjennomfører daglige og ukentlige møter som Daily Huddle og fremdriftsmøter. Hva syns du om disse tilnærmingene?
 - Har du opplevd disse som nyttige? Hvorfor/hvorfor ikke?
 - Har du benyttet andre tilnærminger for å koordinere arbeidet med andre fag?

Digitale verktøy:

10. Dere har brukt StreamBIM som et digitalt verktøy i dette prosjektet. Kan du si litt om hvordan StreamBIM har påvirket ditt daglige arbeid?
 - Opplever du at StreamBIM har vært en nyttig ressurs for deg? Hvorfor/hvorfor ikke?

- Har det vært noen utfordringer eller begrensninger knyttet til bruken av det? Hvordan har disse blitt håndtert?
- Er det spesifikke funksjoner i verktøyet som du har funnet spesielt nyttig eller krevende å bruke? (sjekkliste funksjon)
- Er det noen funksjon du savner med verktøyet?
- Har du erfaring med denne type verktøy fra tidligere?

Visuell styring:

11. Dere har brukt elementer av visuell styring i prosjektet, som for eksempel takt-tavle, planlegging over varelager og StreamBIM. Hva synes du om disse tilnærmingene?
- Opplever du disse som nyttige? Hvorfor/hvorfor ikke?
 - Kunne du tenke deg at det ble brukt flere slike elementer?
 - Er det noe du savner?

Logistikk og lagring:

12. Hvordan har du opplevd logistikken på prosjektet?
- Har logistikken vært en kilde til utfordringer? Hvilke?
 - Kan du si litt om lagring og transport av materialer i prosjektet. Noen utfordringer?
 - Har bruken av dagstakt gjort logistikken enklere/vanskeligere? Hvordan?
 - Har dere opplevd å mangle materialer? Hvorfor?
 - Opplever du at taktplanen har tatt nok hensyn til logistikkbehovene?

Avslutning

13. Burde noe blitt gjort annerledes, enten i planleggingen eller under produksjonen?
14. Kunne du tenke deg å benytte dagstakt i fremtidige prosjekter? Hvilke?
- Hvorfor/hvorfor ikke?
15. Er det noe du vil legge til?

