



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp  
Institutt for matematiske realfag og teknologi

# **Avdekking av ikke-verdiskapende aktiviteter i byggeprosjekter ved bruk av verdistrømkartlegging**

Revealing Non-Value Adding Activities in Construction  
Projects by Using Value Stream Mapping

Rudi André Søråsen  
Byggeteknikk og arkitektur



## Forord

Denne mastergradsoppgaven er skrevet ved Institutt for matematiske realfag og teknologi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven utgjør det avsluttende arbeidet ved studiet, og er utarbeidet våren 2016.

Arbeidet med oppgaven har vært en svært verdifull erfaring som har gitt meg nyttig kunnskap jeg vil ta med meg videre i arbeidslivet. Arbeidet med masteroppgaven har både vært interessant og krevende, og samtidig en veldig lærerik prosess.

Jeg vil takke min hovedveileder ved NMBU Professor John Petter Langdalen ved Institutt for matematiske realfag og teknologi som har veiledet meg i det faglige arbeidet, samt vært behjelpelig med oppgavens oppbygning og struktur.

Gjennom utdannelsen både ved Høgskolen i Oslo og Akershus samt masterstudiet ved Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet har jeg studert mange interessante emner innen byggeteknikk og arkitektur. De senere årene har jeg samtidig opparbeidet meg kunnskap og fått en økende interesse for prosjektteori knyttet til byggebransjen.

Jeg ble virkelig oppmerksom på temaet i denne oppgaven gjennom egne arbeidsdager og erfaringer i Veidekke Entreprenør. Her jobbet jeg ved et prosjekt kalt Portalen den første sommeren ved masterstudiet. Dette gav meg nyttig innsikt i et stort og omfattende byggeprosjekt. Det var også her jeg ble introdusert for bruken av verdistrømkartlegging.

Byggeprosjektet er en sentral del av oppgaven hvor jeg er svært takknemlig over å ha fått anledning til å komme tilbake dette semesteret. Flere personer her inspirerte meg til arbeid med temaet og jeg vil takke disse for god veiledning og nyttige tilbakemeldinger.

Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet, Mai 2016





## Sammendrag

Byggebransjen har over en lengre periode hatt utfordringer knyttet til lav og fallende produktivitet, økende kostnader og forsinkelser i gjennomføringsfasen. Flere studier peker på kompleksiteten til stadig nye og omfattende prosjekter, nye krav til utførelse og endringer i regelverk som noen av årsakene til dagens situasjon. Fallende produktivitet og effektivitet kan gi økonomiske konsekvenser, samt føre til at mye av tiden i byggeprosjekter går med til å utføre oppgaver som ikke er verdiskapende for kunden eller entreprenøren.

I denne masteroppgaven blir det sett nærmere på denne tematikken. For å avgrense omfanget i oppgaven er det valgt å fokusere på sløsing med arbeidstid. I samarbeid med Veidekke Entreprenør AS har det blitt utført verdistrømkartlegginger av utvalgte arbeidsprosesser ved byggeprosjektet Portalen på Lillestrøm. Gjennom fem forsøk ble det avdekket hvor mye av arbeidstiden til en utvalgt håndverker som går med til henholdsvis verdiskapende, nødvendige og ikke-verdiskapende aktiviteter. Med bakgrunn i tematikk og avgrensninger som forklart ble følgende problemstilling og forskningsspørsmål utarbeidet:

Hvordan kan man ved bruk av verdistrømkartlegging avdekke arbeidstid som går med til ikke-verdiskapende aktiviteter i gjennomføringsfasen ved et byggeprosjekt?

- Hva er typiske ikke-verdiskapende aktiviteter som forårsaker tapt arbeidstid?
- Hvilket utgangspunkt gir verdistrømkartlegging for å videre kunne gjennomføre forbedringsarbeid?

Funnene i kartleggingene indikerer at opp mot 35 % av arbeidstiden går med til aktiviteter som ikke tilfører prosjektet verdi for kunden. Noen av de ikke-verdiskapende aktivitetene som utpreget seg var venting og uproduktiv tid uten noen form for byggeaktivitet. I tillegg utgjorde omarbeider av utførte oppgaver, håndverksfag som kom i veien for hverandre, flytting av arbeidsutstyr og materialer og leting en betydelig andel av tiden. Ved å utføre verdistrømkartlegginger som beskrevet i oppgaven oppnådde man detaljerte og oversiktlige fremstillinger. Kartleggingen kan videre gi et grunnlag både for forbedringsarbeid og utvikling av nye løsninger for byggeprosesser med mål om å øke produktivitet og effektivitet.



## Summary

The construction industry has for a long period of time faced challenges with regard to low and declining productivity, increased costs and delays in the implementation phase. Several studies have pointed out the complexity to new and comprehensive projects, new requirements for design and regulatory changes as some of the explanations for the current situation. Falling productivity and efficiency may lead to economic consequences.

Furthermore, a considerable amount of time in construction projects may be spent doing non-value adding activities for the client or the contractor itself.

The themes presented will be further discussed in this master thesis. In order to delimit the scope, this thesis will mainly focus on waste of working time. In collaboration with Veidekke Entreprenør AS value stream mapping has been conducted at selected work processes in the construction project Portalen at Lillestrøm. Through five trials it was uncovered how much of the work time a craftsman used to respectively value added, necessary and non-value added activities. Based on the theme and the delimitations, the following research questions are examined:

How can use of value stream mapping reveal work time spent on non-value added activities during the implementation phase in a construction project?

- What are typical non-value added activities that cause lost time?
- What basis give value stream mapping to make further improvements?

The results indicated that up to 35 % of the work time was spent on non-value added activities. Some of the typical non-value added activities was waiting and unproductive time. In addition, rework, crafts preventing each other from doing continuously work, relocation of equipment and materials and seeking amounted to a significant proportion of time. Using value stream mapping as described in the thesis, detailed and clear results were presented. The mapping may also provide a basis for both improvement and development of new solutions for a construction process, aiming to increase productivity and efficiency.



## Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Formålet med masteroppgaven.....	3
1.3 Problemstilling.....	5
1.4 Avgrensninger .....	5
1.5 Metoder og disposisjon av masteroppgaven .....	7
2. Teori .....	9
2.1 Veidekke sin historie, tjenester og visjoner .....	9
2.2 Prosjekt Portalen i Lillestrøm .....	13
2.3 Sløsing med ressurser i bygg- og anleggsnæringen.....	15
2.3.1 Byggebransjen i Norge og behovet for forbedringsarbeid .....	15
2.3.2 Fallende produktivitet sammenliknet med andre bransjer.....	16
2.3.3 Definisjon av begrepet sløsing og omfanget i byggebransjen.....	18
2.3.4 Hendelser i gjennomføringsfasen som kan forårsake sløsing og økte kostnader ..	21
2.3.5 Utfordringer knyttet til utvikling i gjennomføringsfasen ved et byggeprosjekt .....	24
2.4 Sløsing med arbeidstid i byggeprosjekter .....	26
2.4.1 Kartlegging av arbeidstid ved boligbygging.....	26
2.4.2 Kartlegging av arbeidstid fordelt på håndverksgrupper ved bygging av skole.....	28
2.5 Lean i byggebransjen.....	29
2.5.1 The Toyota Production System .....	29
2.5.2 Lean production .....	32
2.5.3 Lean construction.....	34
2.5.4 Implementering av lean construction .....	37
2.5.5 Transformasjon, flyt og verdi – TFV teorien .....	38
2.5.6 The Complete Kit.....	41
2.5.7 The Last Planner System.....	42
2.6 Verdistrømkartlegging.....	43
2.6.1 Kartlegging av en byggeprosess og videre arbeidsmuligheter .....	43
2.6.2 Valg av verdistrøm, avgrensninger og forskjellige typer av tidsmålinger.....	48
2.6.3 Kartlegging av en valgt verdistrøm.....	50

2.7 Involverende planlegging i Veidekke Entreprenør .....	51
2.7.1 Prosjektbasert produksjon for utvikling av gjennomføringsfasen.....	51
2.7.2 Hovedelementer i involverende planlegging .....	52
2.7.3 Effekter av involverende planlegging .....	55
2.7.4 Forbedringsarbeid i bedriften .....	56
3. Metode og forsøksplaner .....	59
3.1 Metode for kartlegging .....	59
3.2 Oversikt over byggene og området ved prosjektet .....	61
3.3 Skjemaet for verdistrømkartlegging.....	62
3.4 Forsøksplaner .....	64
4. Resultater .....	67
4.1 Verdistrømkartlegging 1 – Graving og fylling .....	67
4.2 Verdistrømkartlegging 2 – Armering før dekkestøp.....	70
4.3 Verdistrømkartlegging 3 – Sette opp stenderverk .....	73
4.4 Verdistrømkartlegging 4 – Montere brannhemmende plater .....	76
4.5 Verdistrømkartlegging 5 – Installere plattendekker .....	79
5. Diskusjon .....	83
5.1 Avdekking av ikke-verdiskapende aktiviteter ved bruk av verdistrømkartlegging .....	83
5.2 Verdistrømkartlegging av arbeidsprosesser ved Prosjekt Portalen .....	90
5.3 Typiske ikke-verdiskapende aktiviteter i byggeprosjekter .....	95
5.4 Verdistrømkartlegging som utgangspunkt for forbedringsarbeid.....	98
6. Konklusjon.....	101
7. Videre arbeid.....	105
8. Litteraturliste.....	107
9. Vedlegg.....	113
Vedlegg 1 - Håndnotater fra verdistrømkartlegging 3 .....	113
Vedlegg 2 - Fremstilling av data fra verdistrømkartlegging 3.....	118

## Figurliste

Figur 1: Disponeringen av masteroppgaven.....	8
Figur 2: Veidekke sin logo og tjenester dem tilbyr (Veidekke 2016e).....	9
Figur 3: Asfaltering på 1930-tallet og rullebanearbeid på 1950-tallet (Veidekke 2016h).....	9
Figur 4: Veidekkehuset (Veidekke 2016g).....	11
Figur 5: Operahuset i Oslo og Hardangerbrua i Hordaland (Veidekke 2016f).....	12
Figur 6: Boligbygg på Tjuvholmen i Oslo og Europavei E10 i Lofoten (Veidekke 2016f).....	12
Figur 7: Prosjekt Portalen (Veidekke 2016f).....	13
Figur 8: Utvikling i timeverksproduktivitet (Stortingsmelding nr 28 2011-2012).....	17
Figur 9: Byggekostnader, boligpriser og KPI (Stortingsmelding nr 28 2011-2012).....	18
Figur 10: Anvendelse av arbeidstid (%) i et byggeprosjekt (Josephson & Saukkoripi 2005) ...	28
Figur 11: Anvendelse av arbeidstid (%) for håndverksgrupper (Kalsaas 2010).....	28
Figur 12: Principles of lean (Womack & Jones 1996).....	33
Figur 13: Produksjon som transformasjon (Koskela 2000).....	39
Figur 14: Produksjonsflyt (Rother & Shook 1999).....	44
Figur 15: Stegene ved bruk av Value Stream Mapping (Rother & Shook 1999).....	46
Figur 16: PDCA – syklusen (Salem et al. 2006).....	47
Figur 17: Kontinuerlig forbedring - Valg av kartlegging (Rother & Shook 1999).....	48
Figur 18: Ulike metoder for måling av tid (Rother & Shook 1999).....	49
Figur 19: Erfaring med tidsforbruk i gjennomføringsfasen (Veidekke 2016b).....	52
Figur 20: Planlegging av tidshorisont i forhold til stilling (Veidekke 2015b).....	53
Figur 21: Syv forutsetninger for en "sunn" aktivitet (Veidekke 2015b).....	53
Figur 22: Planleggingsprosess med "lappe-planlegging" (UiO 2015).....	54
Figur 23: Plan- og møtestruktur (Veidekke 2015b).....	54
Figur 24: Risikostyring (Veidekke 2015b).....	55
Figur 25: Byggene ved portalen (Veidekke 2016d).....	61
Figur 26: Skjema for verdistrømkartlegging benyttet av Veidekke Entreprenør.....	62
Figur 27: Oversiktsbilde over graving og oppfylling av grunn.....	67
Figur 28: Målt tidsbruk ved graving.....	68
Figur 29: Detaljert diagram over aktivitetene ved graving.....	69
Figur 30: Oversiktsbilde over montering av armering.....	70

Figur 31: Målt tidsbruk ved armering.....	71
Figur 32: Detaljert diagram over aktivitetene ved armering.....	72
Figur 33: Oversiktsbilde over tømring av stenderverksvegg .....	73
Figur 34: Målt tidsbruk ved tømring .....	74
Figur 35: Detaljert diagram over aktivitetene ved tømring.....	75
Figur 36: Oversiktsbilde over montering av brannhemmende plater .....	76
Figur 37: Målt tid ved montering av brannhemmende plater .....	77
Figur 38: Detaljert diagram over aktivitetene ved montering av brannhemmende plater....	78
Figur 39: Oversiktsbilde over installering av plattendecker .....	79
Figur 40: Målt tid ved installering av plattendecker .....	80
Figur 41: Detaljert diagram over aktivitetene ved installering av plattendecker.....	81

## Tabelliste

Tabell 1: Forkortelser og definisjoner .....	xi
Tabell 2: Informasjon om Prosjekt Portalen.....	13
Tabell 3: Forsøksplaner for verdistrømkartlegging .....	64
Tabell 4: Informasjon om verdistrømkartlegging 1 .....	67
Tabell 5: Oversikt over aktivitetene ved graving.....	68
Tabell 6: Informasjon om verdistrømkartlegging 2 .....	70
Tabell 7: Oversikt over aktivitetene ved armering.....	71
Tabell 8: Informasjon om verdistrømkartlegging 3 .....	73
Tabell 9: Oversikt over aktivitetene ved tømring.....	74
Tabell 10: Informasjon om verdistrømkartlegging 4 .....	76
Tabell 11: Oversikt over aktivitetene ved montering av brannhemmende plater.....	77
Tabell 12: Informasjon om verdistrømkartlegging 5 .....	79
Tabell 13: Oversikt over aktivitetene ved installering av plattendecker .....	80



## Forkortelser og definisjoner

Nedenfor er det en liste med forklaringer på ord og uttrykk som benyttes i masteroppgaven.

Tabell 1: Forkortelser og definisjoner

BAE-næringen	Bygg-, anlegg- og eiendomsnæringen
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
IGLC	International Group for Lean Construction
Jidoka	Automatikk knyttet til stans av produksjon ved feil
IP	Involverende planlegging
Kaizen	Kontinuerlig forbedring av en prosess
LC	Lean Construction, byggebransjen sin tilnærming til Lean
LEI	Lean Enterprise Institute
Lean	Produksjonsfilosofi for å maksimere kundeverdi
LP	Lean Production
LPS	Last Planner System
Produktivitet	Mål på verdiskapning i forhold til ressursbruk
Sløsing	Aktivitet som forbruker ressurser men som ikke skaper noe verdi
TPS	Toyota Production System
VSM	Value Stream Mapping (verdistrømkartlegging)



# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Bransjeorganisering og samhandling mellom mange aktører har gjort at produktivitet og effektivitet har vært blant hovedutfordringene i byggeprosjekter. Bygninger blir i dag stadig mer kompliserte og i mange tilfeller stilles det også krav til redusert byggetid. Bransjen viser til fallende marginer grunnet økende antall aktører samt flere utenlandske bedrifter i anbudskonkurranser. Byggenæringen står derfor ovenfor store utfordringer i å imøtekomme krav og samtidig opprettholde en lønnsom og forsvarlig prosess i dagens samfunn.

Byggebransjen opplever økende kostnader og ineffektivitet i gjennomføringsfasen. Dette har ført til at prosjekter overskrider budsjetter og blir forsinket. I følge Forbes og Ahmed (2011) har bransjen hatt vanskeligheter med å forbedre seg. Noen av grunnene som beskrives er kompleksiteten til stadig nye og omfattende prosjekter, nye krav til utførelse og endringer i regelverk. Til tross for stort engasjement knyttet til forbedring og endringer har det ikke vært enkelt å definere årsakene til overskridelser av budsjett og store forsinkelser.

Ressurser og kompetanse som kreves i et byggeprosjekt er spredt utover en stor bransje med mange fagområder som utgjør en krevende samhandlingsprosess. Mange aktører involveres får å skape et unikt og komplekst bygningsprodukt for deretter å avslutte samarbeidet. Disse forholdene skaper en bransje utfordret av hyppig variasjon. Dette blir ofte omtalt som noen av årsakene til at et byggeprosjekt vil være noe uforutsigbart med avbrudd, forsinkelser og økende kostnader som oppleves i bransjen.

Forskning har vist at bruken av arbeidstid kan være et sentralt tema i arbeidet med å forbedre effektiviteten og redusere sløsing med ressurser i gjennomføringsfasen. En omfattende kartlegging ble gjennomført av Josephson og Saukkoripi (2005) som studerte håndverkere sin bruk av arbeidstid ved bygging av boliger. Arbeidet som ble studert ble delt inn i kategoriene verdiskapende, nødvendig, og ikke-verdiskapende arbeid.

Konklusjonen av studiet viste at verdiskapende arbeid utgjorde 17,5 % av arbeidstiden, mens forberedelsene utgjorde 45,4 % og ren sløsing eller ikke-verdiskapende arbeid utgjorde 33,4 %. Som ikke-verdiskapende arbeid inngikk blant annet omarbeid, venting, ubenyttet tid og avbrudd. Dette står i samsvar med Koskela (1993) sin forskning som fastslår at en stor andel av totale kostander ved et byggeprosjekt er ikke-verdiskapende aktiviteter.

Internt i byggebransjen og gjennom statlige instanser har det med tiden blitt et økende fokus på forbedringsarbeid og reduksjon av ikke-verdiskapende aktiviteter. Forbedring kan oppnås gjennom deling av erfaringer og økende kunnskapsnivå blant de involverte i byggeprosjekter. Årsaker til sløsing har vært vanskelig å definere og det ønskes i større grad å kartlegge bransjen. Dette skal deretter kunne brukes videre i planlegging og prosjektering.

For å øke produktiviteten og effektiviteten i byggebransjen har næringen begynt å implementere lean prinsipper fra Toyota Production System som i dag er kjent som Lean Construction tilpasset byggebransjen. Industribransjen var tidlig ute med å tilegne seg denne kunnskapen og har over en lengre periode vist til økning i produktivitet. Hensikten med å innføre prinsippene i byggebransjen har vært for å utelukke unødvendige kostnadskilder, forbedre byggeprosessen, øke kvaliteten og oppnå kortere leveringstid til kunder.

Masteroppgaven skrives i samarbeid med Veidekke Entreprenør. Bedriften har i likhet med flere aktører i byggebransjen tatt i bruk metoder og verktøy fra lean construction. Veidekke er en betydelig aktør og er en av landets største entreprenørselskap og eiendomsutviklere. Bedriften er særdeles opptatt av forbedringsprosesser der involverende planlegging inngår som et sentralt tema. Denne arbeidsmetodikken omfatter gjennomføringsfasen av et byggeprosjekt der sentrale temaer er flyt i produksjonen og et mål om å redusere tapt tid.

Selvom flere forskingsrapporter peker på de positive virkningene som kan oppnås med forbedringsarbeid og lean verktøy går allikevel utviklingen sakte. Grunnene omtales gjerne ved usikkerhet og for lite kunnskaper om metodikken. Sløsing med tid i et byggeprosjekt bidrar til høyere kostnader, forsinkelser og er i tillegg en betydelig kilde til sløsing med ressurser. Hvordan man kan avdekke sløsing med tid, årsakene og forbedringsprosesser knyttet til videre prosjektering og planlegging er blitt sentrale temaer i bransjen.

## 1.2 Formålet med masteroppgaven

Anvendelsen av bygge- og industriarbeidere sin arbeidstid er særskilt interessant ettersom dette kan settes i sammenheng med hvordan prosjektorganisasjonen, byggeledelsen og planleggingen fungerer. Ved et studie gjennomført av Kalsaas (2010) ble det kartlagt at sløsing med ressurser kan omhandle så mye som 30-35 % av et prosjekt sine totale produksjonskostnader. I løpet av en bygningsarbeider sin dag kan opp mot 33,4 % av arbeidstiden være ikke-verdiskapende hvor 23 % bare er venting.

Gjennom erfaring fra mange bygg- og anleggsprosjekter har Veidekke sett at sløsing med ressurser utgjør en stor kostnad. Omfattende arbeid knyttet til forbedringsprosesser er derfor blitt en sentral del av organisasjonen. Spesielt omhandler dette hvordan man skal håndtere ineffektiv bruk av tid og dårlig flyt i gjennomføringsfasen.

I de senere årene har bedriften innført en lean metodikk som er blitt kalt involverende planlegging. Dette betyr at alle aktører i byggeprosjektet skal bidra i planleggingen av arbeidsdagen for å kunne effektivisere gjennomføringen. Dette er blitt implementert for at ikke ulike aktører skal skape hindringer for hverandre og slippe uforutsette hendelser. Samarbeidet ender opp i detaljerte fremdriftsplaner alle på prosjektet kan følge.

Det er allikevel en usikkerhet i bedriften omkring hvor stor andel av arbeidstiden som er preget av sløsing med tid. Metodikken involverende planlegging er et nokså nytt verktøy i entreprenørbedriften. Det er derfor ønskelig å kartlegge sløsing med arbeidstid for å kunne bruke funnene i videre planlegging og forbedringsarbeid.

Formålet med masteroppgaven er å avdekke ved bruk av verdistrømkartlegging forskjellige ikke-verdiskapende aktiviteter og sløsing med arbeidstid. Oppgaven tar for seg hvordan man kan benytte kartleggingsverktøyet i en byggeprosess og hvordan resultatene kan fremstilles og oppsummeres på en figurativ og oversiktlig måte.

Gjennom arbeidet med masteroppgaven er en målsetning å utarbeide en god måte å grafisk fremstille resultatene fra en verdistrømkartlegging. Sammenliknet med tidligere forskning og

artikler referer gjerne disse til spesifikke rapporteringer og tegning av større prosesskart. Hensikten med kartleggingene i denne masteroppgaven er å fremstille resultatene oversiktlig med gode figurer og forklaringer knyttet til spesifikke arbeidsprosesser.

I oppgaven har jeg gjennomført kartlegginger av ulike aktiviteter ved byggeprosjektet Portalen i Lillestrøm. Veidekke Entreprenør har totalentreprise på prosjektet bestående av kontorbygg, boligblokker og hotell. Prosjektet har byggekostnader på omtrent 830 millioner og er en satsning innen blant annet flere miljøvennlige løsninger.

Gjennom arbeidet med masteroppgaven og kartlegging av arbeidsprosesser er hensikten å finne typiske hendelser eller aktiviteter som medfører tapt tid i en byggeprosess. Ikke-verdiskapende aktiviteter er prosesser som ikke behøves og som ikke gir innvirkning på den produktive fremgangen, men som derimot er særdeles kostnadspåvirkende. Nødvendige arbeidsoppgaver regnes også som ikke-verdiskapende aktiviteter. Disse kan ikke utelukkes, men ved forbedring av en byggeprosess kan man forsøke å effektivisere dette arbeidet.

Verdistrømkartlegging benyttes gjerne for å visualisere problemer som ellers er usynlig i et byggeprosjekt. Verktøyet er godt egnet til å innhente detaljert informasjon om arbeidsprosesser. I denne oppgaven sees det på hvilket utgangspunkt man oppnår ved en kartlegging for å videre gjennomføre forbedringsarbeid. Det vil også bli omtalt hvilke verktøy som kan benyttes for å blant annet finne dypere årsaker til sløsing og hva neste steg er etter en kartlegging med hensikt å forbedre produktivitet.

Veidekke Entreprenør ønsker å utvikle sin kunnskap om hvordan man går frem for å kartlegge spesifikke arbeidsprosesser. Med oppgaven er derfor en hensikt å bidra til å finne typiske aktiviteter som utgjør tapt tid i byggeprosesser. Dette skal føre til større kunnskap omkring et viktig tema og fordeler en kan oppnå i gjennomføringsfasen. Masteroppgaven vil forsøke å vise en god metode for verdistrømkartlegging. Dette vil gi kunnskap og erfaringer omkring et verktøy man kan benytte for å få oversikt over gjennomføringsfasen eller ved forbedringsarbeid. Metoden er utført ved et bestemt prosjekt, men funnene skal kunne brukes ved alle byggeprosjekter der man ønsker å begynne med verdistrømkartlegging.

### 1.3 Problemstilling

Formålet med masteroppgaven skal oppnås ved å besvare problemstillingen. I tillegg er relevante forskningsspørsmål blitt formulert for å støtte opp om problemstillingen.

Problemstilling for masteroppgaven:

Hvordan kan man ved bruk av verdistrømkartlegging avdekke arbeidstid som går med til ikke-verdiskapende aktiviteter i gjennomføringsfasen ved et byggeprosjekt?

Forskningsspørsmål:

- Hva er typiske ikke-verdiskapende aktiviteter som forårsaker tapt arbeidstid?
- Hvilket utgangspunkt gir verdistrømkartlegging for å videre kunne gjennomføre forbedringsarbeid?

### 1.4 Avgrensninger

Det har vært nødvendig å avgrense innholdet av masteroppgaven på grunn av tids- og ressursbegrensninger da oppgaven utarbeides i løpet et skolesemester ved NMBU. Dette påvirker omfanget av teori som blir beskrevet og diskutert samt antallet utførte verdistrømkartlegginger ved byggeprosjektet Portalen.

I et byggeprosjekt vil man som nevnt finne ulike typer av sløsing med ressurser i de forskjellige fasene. Det er valgt å avgrense oppgaven til å gjelde gjennomføringsfasen. Hensikten med å studere nettopp denne fasen er at man skal kunne ha nytte av resultatene og metodene til senere prosjektering og planlegging av nevnte fase.

I prosjekteringsfasen kan man i enkelte tilfeller ha gjort større feil slik at man oppdager dette først i gjennomføringsfasen og er nødt til å utføre oppgaven på nytt eller at det oppstår mye uventet arbeid. Større og mer omfattende omarbeid vil være helt spesifikke enkelthendelser som i stor grad kan påvirke tidsbruk. Den type større feil som påvirker produksjonen vil ikke bli omtalt i oppgaven.

Det er i en rekke studier tatt for seg sløsing med ressurser hvor det er blitt beskrevet ulike aspekter som kan karakteriseres som ikke-verdiskapende. Det er i oppgaven valgt å fokusere på sløsing med arbeidstid i byggebransjen. Det er valgt å avgrense oppgaven til kun å gjelde dette temaet, da produktivitet og effektivitet har hatt en nedadgående utvikling og bruken av arbeidstid sees på som et sentralt tema. Det er ikke valgt å for eksempel studere sløsing med materialer da dette ikke anses som et like stort problem i gjennomføringsfasen samt at kartleggingene sannsynligvis hadde blitt for kompliserte og uoversiktlige.

Flere studier peker på at ventetid eller uproduktiv tid omfatter en stor del av en håndverker sin arbeidsdag. Dette utgjør en stor kostnad både for samfunnet og bedrifter. Ved de ulike kartleggingene har det blitt valgt å avgrense studiet til å følge en spesifikk person. Dette er valgt for å lettere kunne ha oversikt over produksjonsflyten ved de ulike arbeidsprosessene på byggeplassen. I tillegg medfører avgrensningen til at resultatene blir svært detaljerte.

Oppgaven er avgrenset til å kartlegge enkelte spesifikke aktiviteter og ikke større produksjonsprosesser. Dette gjøres ved å fokusere på en håndverker sine bevegelser og ikke en hel prosess fra fabrikk til ferdig resultat på byggeplass. Det har vært viktig å finne oversiktlige metoder å fremstille resultatene fra de ulike kartleggingene. Tegning av større prosesskart kjent fra ulike publikasjoner er ikke blitt valgt å gjøre, da det har vært ønskelig å kunne drøfte resultater knyttet til egne metoder.

I byggeprosjektet Portalen er involverende planlegging, gode logistikk-løsninger og riggplaner sentrale temaer i arbeidet med å sikre god produksjonsflyt. Hvordan gjennomføringen av et byggeprosjekt er planlagt vil allikevel variere ved ulike aktører i byggebransjen. Det har vært nødvendig å avgrense oppgaven til å ikke studere sammenhengen mellom planlegging av prosjekter og sløsing med tid, men å heller fokusere på å avdekke sløsing med tid i gjennomføringsfasen.

Ved å gjøre en verdistrømkartlegging av en spesifikk aktivitet vil man kunne si noe om ressursforbruket på nettopp den aktiviteten man har analysert, og det blir å regne som en stikkprøve. Det har vært nødvendig å avgrense kartleggingen til å omhandle noen timer av en arbeidsdag ved en aktivitet. Skal verktøyet være en del av en oppfølgingsprosess ved et



byggeprosjekt kan heller ikke en kartlegging være noe særlig lengre da det blir nokså ressurskrevende å gjennomføre. Hvordan tidsbruken benyttes vil avhenge av person, aktivitet og andre arbeidsforhold. Ved å gjøre flere kartlegginger vil man få et inntrykk av omfanget knyttet til sløsing med tid i et byggeprosjekt, og ha et utgangspunkt for å se nærmere på bakenforliggende årsaker.

## 1.5 Metoder og disposisjon av masteroppgaven

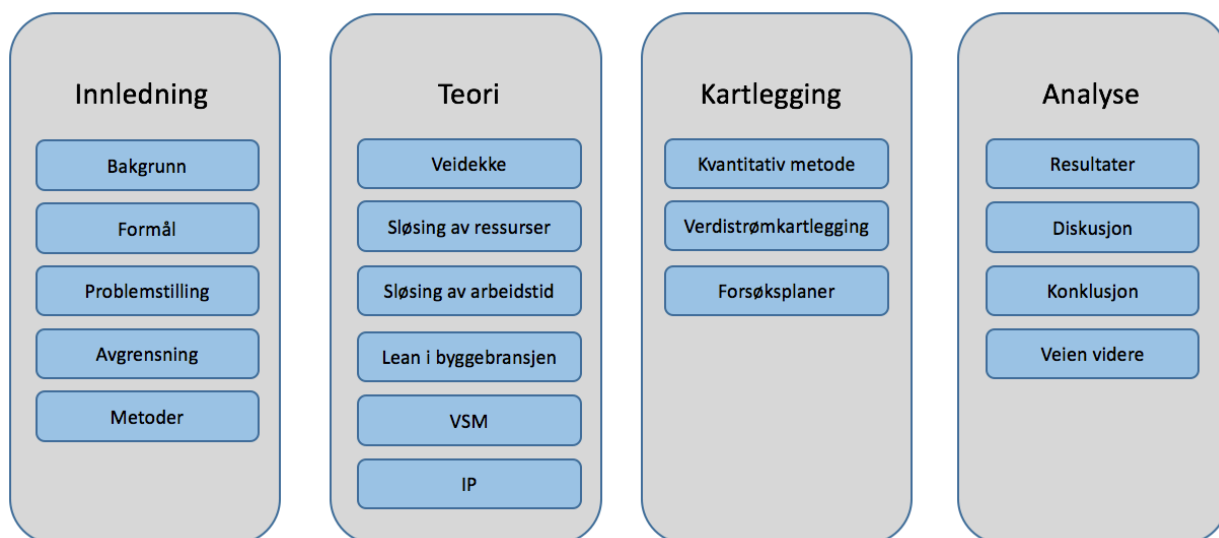
Gjennom arbeidet med masteroppgaven benyttes ulike metoder i arbeidet med å kunne besvare problemstillingen og de tilhørende forskningsspørsmålene. Oppgaven baserer seg på et litteraturstudie og egne kartlegginger i form av en kvantitativ forskningsmetode.

Oppgaven starter med et litteraturstudie for å beskrive litteratur og forskning som er relevant og aktuelt for denne oppgaven. Litteratur er funnet gjennom skolebibliotek, bibliotekbasen Oria samt andre nettbaserte vitenskapelige søketjenester. Litteratur som er referert til i masteroppgaven er hovedsakelig bøker og vitenskapelige artikler publisert i tidsskrifter.

Enkelte nettsider er blitt benyttet spesielt knyttet til Veidekke og prosjekt Portalen samt at enkelte gradsoppgaver har belyst sentrale temaer. Ved forskjellige påstander funnet i litteraturen er det blitt forsøkt å finne flere kilder som kan gi en større grad av bekreftelser før temaet er blitt omtalt i denne oppgaven.

I tillegg til et litteraturstudie har jeg gjennom et kvantitativt studie kartlagt verdistrømmen til ulike aktiviteter som inngår i forskjellige arbeidsprosesser ved et byggeprosjekt. Metoden består av å gjennomføre egne forsøk som deretter presenteres i resultatdelen i form av figurer og grafer.

Det er i dag også begrenset med hva som finnes av litteratur om sløsing med tid i byggeprosjekter og derfor har det vært interessant å gjennomføre kartlegginger som en del av arbeidet med masteroppgaven. Metoden har blitt valgt for å kunne fremstille flere og samtidig nye resultater knyttet til temaet om sløsing med tidsbruk.



Figur 1: Disponeringen av masteroppgaven

Masteroppgaven er organisert på den måten at kapitlene er plassert under fire sentrale grupper i forhold til innhold. I kapittel 1 gis en innføring i bakgrunnen for valg av emne og beskrivelser som er nødvendig for å forstå valg av problemstilling. Deretter presenteres formålet med oppgaven og til slutt redegjøres det for de avgrensningene som har vært nødvendig.

I kapittel 2 gis det en grundig gjennomgang av nødvendig teori og et litteraturstudie som gir en bakgrunn for forståelse av de forsøksplanene som er blitt benyttet for å kunne besvare problemstillingen. Her presenteres temaer som sløsing med ressurser i byggebransjen, lean som produksjonsfilosofi, verdistrømkartlegging og involverende planlegging.

I kapittel 3 presenteres metoden knyttet til arbeidet med verdistrømkartlegging. Her benyttes som beskrevet en kvantitativ metode i arbeidet med måling av tidsbruk i gjennomføringsfasen ved et byggeprosjekt. Videre i kapittel 4 presenteres resultatene av forsøkene i form av figurer og oppsummeringer.

I Kapittel 5 drøftes resultatene med bakgrunn i teorikapittelet og ved hjelp av egne kartlegginger og forsøk, samt at det er prøvd å kommentere faktorer som har påvirket funnene. Videre i kapittel 6 følger konklusjon der problemstillingene besvares. Til slutt i kapittel 7 presenteres forslag til videre arbeid med temaet.

## 2. Teori

### 2.1 Veidekke sin historie, tjenester og visjoner



Figur 2: Veidekke sin logo og tjenester dem tilbyr (Veidekke 2016e)

Veidekke er en av Skandinavias største entreprenører og eiendomsutviklere. Selskapet utfører alle typer bygg- og anleggsoppdrag, vedlikeholder veier og produserer asfalt, pukk og grus. Bedriften har i dag omtrent 7000 medarbeidere og omsatte for hele 24,5 milliarder kroner i 2015 (Veidekke 2016a).

Bedriften sin historie begynte med legging av brostein helt tilbake i 1936. Allerede fra oppstarten hadde selskapet mål om å utvikle entreprenørvirksomheten innen flere tjenesteområder. De første årene jobbet de hovedsakelig med legging av veidekker og bygging av tilhørende konstruksjoner (Veidekke 2016h). Firmaet opererte innenfor mindre oppdrag over en lengre periode helt til de fikk kontrakter knyttet til bygging av flere rullebaner ved flyplasser fra rundt 1950. I tillegg hadde også bedriften mange oppdrag innen bygging av veier og spesielt motorveier frem til 1970.



Figur 3: Asfaltering på 1930-tallet og rullebanearbeid på 1950-tallet (Veidekke 2016h)

Fra begynnelsen av 1980 startet en større strukturutvikling med en rekke fusjoner blant bedrifter i bygg- og anleggsnæringen. I denne situasjonen besluttet Veidekke å utvikle selskapet som en riksdekkende entreprenør. Gjennom overtakelser av andre bedrifter, fusjoner og nyetableringer har Veidekke blitt bygget opp av mange selskaper gjennom tiden. Dette gjorde at Veidekke vokste fra å være en mindre bedrift til å bli den største norskeide entreprenøren i dag innen bygg og anlegg.

I 1984 ble Veidekke børsnotert for første gang. Bedriften har siden oppstart alltid hatt et positivt resultat og klart seg bra gjennom vanskeligere tider som i finanskrisen tilbake i 2007. I løpet av 1990-årene utvidet selskapet sin satsning innen asfalt, pukk og grus. I 1998 startet de opp med et større forretningsområde til å gjelde produksjon av ferdigbetong og betongkonstruksjoner. Samtidig ble det foretatt en bevisst satsning innen miljørettede bygg og gjenvinning av avfall i deres prosjekter (Veidekke 2016h).

Veidekke har i dag hovedkontor på Skøyen i Oslo og virksomheten består av tjenester innenfor entreprenør, eiendom og industri. I følge Veidekke (2016c) utgjør byggevirksomheten 65 % av den totale entreprenøromsetningen i bedriften. Dette består i hovedsak av oppføring av boliger, skoler og andre offentlige bygg. Anleggsvirksomheten utgjør 35 % av den totale entreprenøromsetningen og består av prosjekter blant annet innen samferdsel, vann- og vindkraft og industrianlegg. Eiendomsvirksomheten kjøper tomter og eiendommer og utvikler disse med ulike byggeprosjekter. Dette utvikles i egen regi eller i partnerskap med andre selskaper. Industrivirksomheten er landets største asfaltentreprenør og produserer en stor mengde pukk og grus. Virksomheten er en betydelig aktør innen drift og vedlikehold av det offentlige veinettet.

I følge bedriften skal lokalkunnskap og involvering kjennetegne deres prosjekter. Involvering gjennom tett samarbeid med leverandører skal være med på å optimalisere gjennomføringsfasen av et prosjekt. Ved at Veidekke er spredt utover hele landet opparbeider de seg god lokalmarkeds-kunnskap og kjennetegnes ved at de benytter konsernets samlede ressurser og kompetanse (Veidekke 2016c). Dette skal være med på å optimalisere prosjektene og finne de beste løsningene for alle parter. Resultatet er som oftest er preget av effektiv drift, pålitelige prosesser og et verdiskapende godt samspill.

Verdiskapende samspill er i følge Veidekke (2016g) en sentral del av deres forretningsfilosofi. Bygningene bedriften utvikler skal være til glede og nytte for brukerne. I virksomheten har det vært viktig å involvere alle parter fra starten av, og forsøke å imøtekomme deres ønsker med gode løsninger og pålitelige gjennomføringsprosesser. Bedriften er opptatt av et verdiskapende samspill med alle interessenter i deres prosjekter.



Figur 4: Veidekkehuset (Veidekke 2016g)

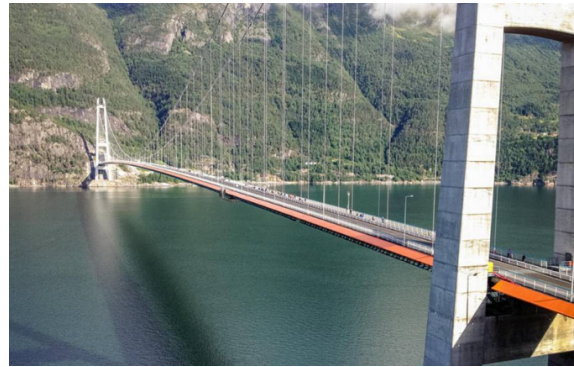
Illustrasjonen viser "Veidekkehuset" som er blitt et av hovedsymbolene i senere tid knyttet til bedriften. Stolpene i huset representerer deres viktigste ressurser som virksomheten beskriver ved "uten et velfungerende samarbeid mellom kunder, ansatte, ledelse og leverandører kan vi ikke oppnå vår visjon - verdiskapende samspill" (Veidekke 2016g).

Grunnmuren i illustrasjonen forteller at bedriften skal være en profesjonell og redelig aktør ved at de følger lover, regler og etiske retningslinjer. Veidekke skal samtidig være entusiastiske ved å engasjere seg i de involverte og være søkende ovenfor lønnsomme løsninger. Med grensesprengende menes at bedriften skal være nysgjerrige og utfordrende for å kunne utvikle bransjen videre med nye løsninger. Her har Veidekke særlig vært innovative knyttet til betongfag og betongteknologi.

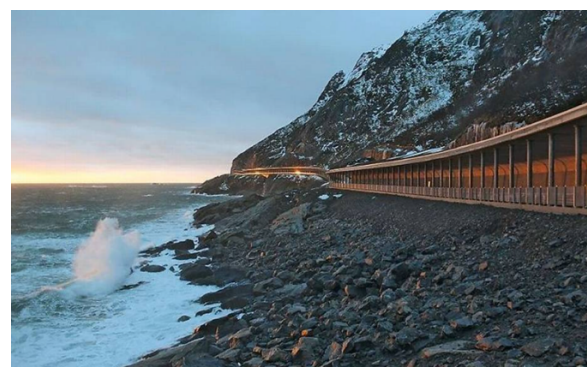
Kompetansen ved prosjektgjennomføring som Veidekke tilbyr sine kunder er et resultat av en langsiktig satsning på sterke produksjonsmiljøer som jobber fast hos dem. Innovasjon skapes gjennom samspill mellom ingeniører og håndverkere. Denne kompetansen og erfaringen bidrar til utvikling av nye prosjekter med smarte produksjonsløsninger og metoder. Med bakgrunn i dette er det mulig å gi kundene en merverdi i form av kostnadseffektive bygg hvor også kvalitet og arkitektur er prioritert (Veidekke 2016a).



Noen kjente byggverk der Veidekke har vært en sentral aktør:



*Figur 5: Operahuset i Oslo og Hardangerbrua i Hordaland (Veidekke 2016f)*



*Figur 6: Boligbygg på Tjuvholmen i Oslo og Europavei E10 i Lofoten (Veidekke 2016f)*

Gjennom Veidekke sin forretningsfilosofi og visjon har de blitt en sentral aktør særlig i det norske markedet men også i Skandinavia. Gjennom stadig å søke etter å forbedre organisasjonen og gjennomføringen av prosjekter har de blitt en ettertraktet samarbeidspartner. Dette har ført til at de har bidratt i prosesser med å utvikle en rekke kjente byggverk. I deres prosjekter har det i tillegg vært viktig med hensyn til miljø og samfunnet vi lever i da dette har satt sitt preg på mange byggeprosesser.

## 2.2 Prosjekt Portalen i Lillestrøm



Figur 7: Prosjekt Portalen (Veidekke 2016f)

Lillestrøm er blitt et knutepunkt og en by ved stadig utvikling og modernisering i utkanten av hovedstaden. Byggeprosjektet Portalen har fått navnet grunnet sin sentrale posisjon som tilreisende kommer til å bemerke seg. Bygningene skiller seg ut i omgivelsene plassert på et særdeles attraktivt område.

Tabell 2: Informasjon om Prosjekt Portalen

Byggetidsrom	mars 2015 – januar 2018
Sted	Jernbanetomta i Lillestrøm
Omfang	Kontorer, hotell, næring, to boligblokker og parkeringskjeller
Byggekostnader	Ca. 1 milliard NOK
Gulvflater	Ca. 55000 kvadratmeter
Byggherre	OBOS
Arkitekt	LPO Arkitekter
Rådgivere	ÅF Consult, Kynningsrud Prefab og Multiconsult
Kontraktstype	Totalentreprise for Veidekke Entreprenør

Jernbanetomten ligger på sørsiden av Lillestrøm stasjon og var frem til mars 2015 et åpent område i bystrukturen. Tomten har en beliggenhet som gjør at det er kort vei inn til sentrum og det er fine turmuligheter langs Nitelva og i Østmarka om man skulle ønske dette. Siden området er så nær togstasjonen er det attraktive bygg for næringsliv og privatpersoner ved at det er kort reisevei inn til hovedstaden.

Ved byggeprosjektet Portalen er OBOS byggherre. Dette er et boligbyggelag som eies av medlemmene og er per i dag landets største. OBOS har i flere sammenhenger hatt store kontrakter knyttet til Veidekke Entreprenør. Hovedmålet deres er å bygge boliger for medlemmene og skaffe dem fordeler spesielt knyttet til kjøpsprosesser. Viktige forretningsområder er utvikling og salg av eiendom, eiendomsmegling, prosjektering og byggeledelse. OBOS har et mål om å støtte positive miljøtiltak knyttet til bygninger og sørge for tilfredsstillende grønnstruktur og miljørettede løsninger (OBOS 2016a) .

Totalentreprisen knyttet til Veidekke består av et kontorbygg på 17000m<sup>2</sup> og to boligblokker med 144 leiligheter som en sentrert mot midten av tomten. I tillegg er det en næringsetasje på bakkeplan med underliggende parkeringskjeller. Prosjektet består videre av et hotell med 220 rom og 2500m<sup>2</sup> med konferansefasiliteter. Portalen er blitt et fremtidsrettet og energivennlig prosjekt. Særlig kan kontorbygget trekkes frem da dette skal sertifiseres etter BREEAM-NOR standarder og oppnå et høyt klassifiseringsnivå. Bygget vil få energimerke B og høye krav er stilt til bruken av byggematerialer. Generelt for byggene vil det bli mange sykkelparkeringsplasser, gode løsninger for el-biler og et parkmessig opparbeidet område mellom byggene (OBOS 2016b).

Bebyggelsen er tegnet av LPO arkitekter og er gitt dynamiske former med skrå tak begrunnet med et ønske om å bryte ned store volumer og høyder i forhold til bystrukturen og bebyggelsen i nabolaget. Kontorbyggets takflate mot sørvest skjermer arbeidsplasser mot ettermiddagssolen og kan fungere som solenergifanger. Boligene er tegnet med inspirasjon i lamellformer for å oppnå best mulig solinnfall på uteområdet og bebyggelsen. Hotellet på torget blir utformet med en interaktiv lystavle som skal reflektere bylivet i nærheten. Kontorfasaden mot sør er åpnet opp ved bakkeplan for å gi plass til et større adkomsttorg og forretningene på bakkeplan henvender seg til befolkningen i byen (LPO Arkitekter 2016).



## 2.3 Sløsing med ressurser i bygg- og anleggsnæringen

### 2.3.1 Byggebransjen i Norge og behovet for forbedringsarbeid

Byggebransjen påvirker alle deler av befolkningen og omfatter en stor og viktig næring som har en sterk innvirkning på dagens samfunn. Bygg påvirker også det globale miljøet, naturen og det biologiske mangfoldet. Utforming av bygninger legger grunnlaget for hverdagslivet til mennesker. Bransjen regnes derfor som et viktig politisk område med et omfattende regelverk og høye standardkrav for utførelse.

Bygge-, anleggs- og eiendomsnæringen er landets nest største næring målt i antall bedrifter og dette utgjør omtrent en tredjedel av alle bedrifter på landsbasis. Næringen er landets nest største målt i verdiskapning og antall sysselsatte, og viser til en kraftig omsetningsvekst det siste tiåret. Næringen omsetter for omtrent 13 % av den totale omsetningen i norsk næringsliv (Stortingsmelding nr 28 2011-2012).

Byggebransjen både nasjonalt og internasjonalt har over en lengre periode fått oppmerksomhet for at næringen lider av lav og fallende produktivitet. Bransjen er gjerne blitt kritisert for økende og allerede høye byggekostnader, prosjekter langt dyrere enn budsjett og forsinkelser. I tillegg preges byggeprosjekter av en betydelig andel feil og mangler, stort omfang av omarbeid og lav kundetilfredsstillelse.

Aktørene i byggebransjen er mange og som oftest gjensidig avhengig av hverandre. Over en lengre periode vil en bygning gå gjennom en prosjekteringsfase, en gjennomføringsfase, en bruks- og forvaltningsfase og en rivefase. Hver av fasene er preget av ulike utfordringer og mange forskjellige aktører.

Med økende internasjonalisering av byggebransjen og økt konkurranse fra utlandet blir derfor behovet for forbedringsarbeid særdeles viktig. Det vil være av stor betydning å sette økt fokus på kunden i en byggeprosess og skape en bedriftskultur som søker mot å kontinuerlig forbedre gjennomføringsfasen og minimere sløsing med ressurser.

Byggenæringen er på mange områder styrt av politiske mål og føringer men det er byggebransjen selv som må ta ansvaret for utviklingen. Noen viktige aspekter i arbeidet med å heve kompetansenivået i byggebransjen dreier seg om å utvikle produktivitet og gjennomføringsevne og i større grad utveksle erfaringer. I Stortingsmelding nr 28 (2011-2012) nevnes det blant annet at det finnes en høy byggfaglig kompetanse men at kunnskapene ikke blir utnyttet på en tilfredsstillende måte.

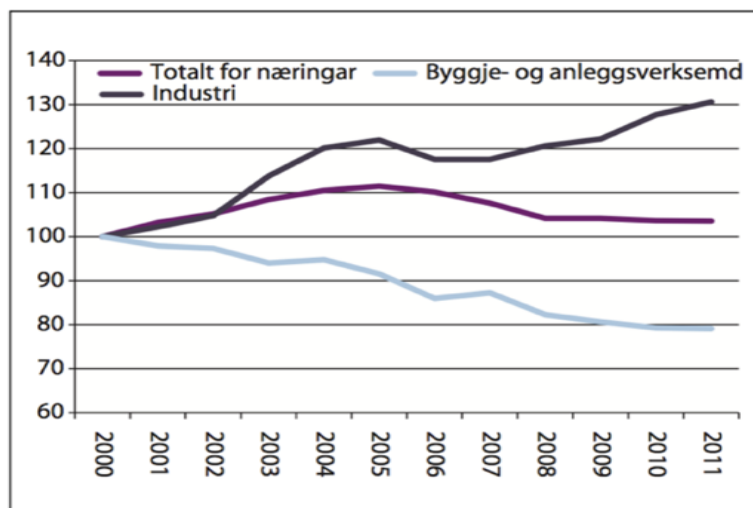
Det blir gjort mange feil ved prosjektering og planlegging av bygg i tillegg til at den praktiske gjennomføringen ofte er preget av omarbeider og mangler. Det vil være viktig i bransjen å dele informasjon og suksesskriterier på tvers av aktører og bedrifter for å oppnå forbedring. Det fremstår som nødvendig å benytte eksisterende kunnskap samtidig som bedrifter tar i bruk og implementer nye metoder og anerkjente resultater fra forskning. Bygningspolitikken som omfavner bransjen i landet dekker et bredt område med mange instanser og aktører. Det blir omtalt flere konkrete tiltak til forbedring og utvikling og i Stortingsmelding nr 28 (2011-2012) blir noen viktige satsningsområder omtalt:

- Det ønskes en mer kostnadseffektiv byggebransje som leverer god kvalitet i gjennomføringsfasen i tillegg til å øke produktivitet og effektivitet
- Det ønskes mer energieffektive bygg og løsninger for fremtiden
- Raskere byggesaksprosesser med forenklede plan- og bygningsregelverk
- Formidling av kunnskap samt større satsning på forskning og innovasjonsarbeid

### 2.3.2 Fallende produktivitet sammenliknet med andre bransjer

Utfordringer spesielt knyttet til kostnader og produktivitet i byggebransjen er blitt omtalt i Stortingsmelding nr 28 (2011-2012). Her blir bransjen sammenliknet med blant annet utviklingen som er skjedd i annen næring i landet de siste årene. Siden slutten av 1990-tallet har byggebransjen opplevd fall i produktivetsnivå og det har i løpet av de siste årene vært en svak utvikling. Sammenliknet med andre bransjer i landet og særlig industri ser man her en betydelig forbedring av effektivitet og gjennomføringsevne. Begrepet produktivitet kan benyttes om hvordan ressursene i en organisasjon brukes for å nå ulike mål i en bygge- eller produksjonsprosess. I følge Forbes og Ahmed (2011) regnes gjerne produktivitet som et mål på hvor mye man skaper av verdier relativt til hvor mye ressurser man bruker.

I Figur 8 ser man utviklingen av timeverksproduktivitet i bygge- og anleggsbransjen, industri og samlet for alle næringer i tidsrommet mellom 2000 og 2011. Timeverksproduktiviteten angir hvor mye hver arbeider produserer per time. Dette vil være et viktig mål på produktivitet til en gitt arbeidskraft ettersom det ikke påvirkes av hvor mye man jobber. Dette viser at produktiviteten i byggebransjen har falt med mer en 20 % fra 2000 til 2011. Det vil si å eksempelvis bygge en spesifikk konstruksjon vil ta lengre tid i dag sammenliknet med tidligere. Mye av grunnen til dette kan nok skyldes blant annet strengere krav til utførelse. Som man ser av figuren står dette i motsetning til den industrielle bransjen der man ser en produktivitetsvekst i overkant av 30 %.



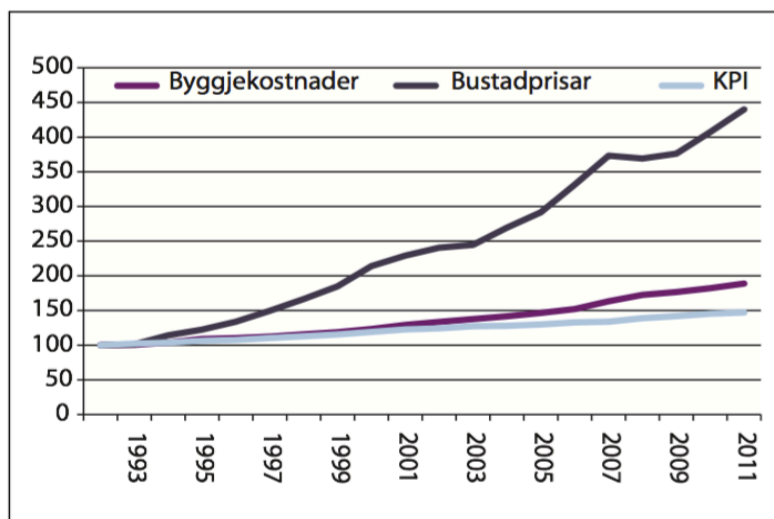
Figur 8: Utvikling i timeverksproduktivitet (Stortingsmelding nr 28 2011-2012)

Bekymringen for den svake produktivitet utviklingen la også grunnlaget for at bygge-kostnadsprogrammet ble etablert som var et samarbeid mellom offentlige instanser og byggebransjen. Dette ble gjennomført fra 2005 og fem år frem i tid. Formålet var å skape et kompetanseløft på kritiske områder ved å heve kompetansen, øke produktiviteten og bedre byggeledelsen. Byggekostnadsprogrammet avslørte også at kostnadene for bygging øker raskere enn byggekostnadsindeksen for Norge som helhet.

Siden starten av 1990-tallet har spesielt boligpriser, men også verdien generelt på bygninger steget mye mer i verdi enn byggekostnadene og byggekostnadsindeksen i henhold til Stortingsmelding nr 28 (2011-2012). Byggekostnadsindeksen måler prisutviklingen på materialer, arbeidskraft, maskiner, transport og annet som inngår i produksjon av nye bygg.

Indeksen blir ikke påvirket av endringer i priser på tomter eller endringer i fortjenestemarginer ved de ulike prosjektene og hos aktørene.

I figur 9 vises oversikten over byggekostnader, boligpriser og konsumprisindeksen. I henhold til figuren ser man at byggebransjen skulle ha muligheter til å sitte igjen med en betydelig fortjeneste ved byggeprosjekter. Om bransjen har resultater med lave marginer, blir dette potensielle fortjenestegapet tatt igjen av en stor del bortkastede ressurser og unødvendige fordyrende ledd.



Figur 9: Byggjekostnader, boligpriser og KPI (Stortingsmelding nr 28 2011-2012)

Byggebransjen virker å være oppmerksom på dagens situasjon med stadig økende kostnader og ineffektivitet. Dette har ført til at prosjekter både overskrider budsjetter og ofte blir forsinket. Det ser per i dag ikke ut til at bransjen har noen helhetlig forklaring på årsakene. Flere tiltak med byggekostnadsprogrammet, forbedringsarbeid i byggebransjen og statlig kartlegging har enda ikke klart å snu den negative tendensen.

### 2.3.3 Definisjon av begrepet sløsing og omfanget i byggebransjen

I følge Womack og Jones (1996) er en definisjon av sløsing i gjennomføringsfasen ved et byggeprosjekt at "sløsing er en aktivitet som forbruker ressurser men som ikke skaper noe verdi for kunden".

For å kunne forstå begrepet sløsing er det viktig å gi en forklaring på hva som menes med verdi, da dette har en sammenheng mellom funksjon og kostnad (Kelly et al. 2004):

$$\text{Verdi} = \frac{\text{Funksjon}}{\text{Kostnad}}$$

Med funksjon menes hva kunden trenger eller hva som i størst grad oppfyller ønsket om hvilke egenskaper det endelige byggeprosjektet skal inneholde. I den forbindelse er det ikke bare eieren man snakker om, men det kan også gjelde brukeren i etterkant av ferdigstilling (Emmitt et al. 2005). Det å oppnå størst mulig verdi ovenfor en kunde vil da innebære å levere et mest mulig optimalt bygg i forhold til funksjon og utførelse. Dette til en lavest mulig kostnad som gjenspeiler omfanget av byggearbeidene.

Andelen av bortkastede ressurser i løpet av en byggeprosess er betydelig i omfang. Anslag fra forskning og kartlegging varierer allikevel betydelig utifra hvordan sløsing er definert og hvordan det måles. Gjennom sin forskning presenterte Koskela (1993) en typisk oversikt over hvor stor prosentvis andel hendelser klassifisert som ikke-verdiskapende kan utgjøre av totale kostnader ved et byggeprosjekt:

- Kvalitetsavvik i gjennomføringsfasen og utbedring 12 %
- Feil og misforståelser knyttet til eksterne bedrifter 4 %
- Feil ved prosjektering 6-10 %
- Manglende administrasjon av varer og materialer 10-12 %
- Overflødig forbruk av materialer på byggeplass 10 %
- Manglende sikkerhet 6 %
- Andel arbeidstid som ikke er verdiskapende 60 %

Av tallene ser man at sannsynligheten er stor for at en del av prosjektets produksjonskostnader går med til ikke-verdiskapende aktiviteter. En av grunntankene ved forbedringsarbeid er som nevnt tidligere en målsetning om å fjerne sløsing og levere et prosjekt med størst mulig verdi for kunden.

Om det tilsynelatende kan se ut som at en bedrift i gjennomføringsfasen innehar høy produksjon per tidsenhet betyr allikevel ikke dette at alle aktivitetene som utføres er

verdiskapende. I henhold til Koskela (1992) defineres verdiskapende aktiviteter og ikke-verdiskapende aktiviteter som følgende:

- Verdiskapende aktivitet: Aktivitet som omgjør materialer og informasjon til noe som øker verdien i et byggeprosjekt.
- Ikke-verdiskapende aktivitet: Aktivitet som tar opp tid, ressurser eller stopper opp for annen produksjon i et byggeprosjekt ved at det tar opp plass andre skulle jobbet. Dette kalles sløsing med ressurser og har ingen kobling til det verdiskapende arbeidet på en byggeplass.

Innenfor kategorien med ikke-verdiskapende aktiviteter er det ulike nødvendige hendelser i en byggeprosess man ikke kommer utenom. Det kalles nødvendige aktiviteter eller tvunget sløsing som for eksempel avklaringer, henting, transport og inspeksjon. Dette er arbeidsoppgaver som må gjøres for å at det verdiskapende arbeidet skal kunne gjennomføres. Denne kategorien er ikke direkte verdiskapende, og omfanget burde være så lite som mulig i en produksjonsprosess. I følge Josephson og Saukkoripi (2005) burde en bedrift fokusere på å eliminere sløsing med ressurser for deretter å effektivisere det nødvendige arbeidet.

Den langsomme utviklingen i byggebransjen er blitt omtalt av Langlo et al. (2013) som fastslår at den norske byggenæringen generelt sett har store forbedringspotensialer. Produktivitetmålinger står sentralt i diskusjonen omkring byggenæringens effektivitet. Det har i flere sammenhenger blitt påvist at produktivitet i byggenæringen har vært avtagende de siste femten årene. I undersøkelsen deres utført i 2013 ble det konkludert med at så lite som 66 % av tiden på norske byggeplasser kunne kategoriseres som effektivt arbeid og verdiskapende i en produksjonsprosess.

Tallene for produktivitet i byggebransjen dreier seg hovedsakelig om gjennomføringsfasen, og sier ikke noe om produktivitet i de andre nevnte fasene som prosjekteringsfasen. Det kan tenkes at det både i prosjekteringsfasen og bruksfasen av et bygg vil være sløsing med ressurser i mer eller mindre grad. Når man ser på produktivetsutvikling er det også viktig å være klar over at det er store variasjoner mellom ulike aktører og at produktivitet kan være svært forskjellig mellom prosjekter innen nybygg og rehabilitering.

I en rapport publisert av Ingvaldsen og Edvardsen (2007) ble analyser av 122 boligblokk-prosjekter gjort kjent fra bygging omkring i landet. Her viste det seg at de mest effektive prosjektene hadde et effektivitetstall som var dobbelt så høyt som hos de minst effektive. Rapporten konkluderte med at prosjektledelsen med deres prioriteringer var en vesentlig faktor for effektivitet, og for å unngå sløsing med ressurser. De mest suksessfulle prosjektene hadde i tillegg svært lave utbedringskostnader og svært få personskader.

De nevner videre i sin publikasjon at målinger gjort i bransjen på produktivitet er begrenset, men at tidligere antagelser har bekreftet deres forskning. De beskriver en betydelig høy andel bortkastet tidsbruk hos håndverkere, samt en stor del unødvendig sløsing med materialer. Det kommer frem at omtrent bare en tredjedel av tiden i et byggeprosjekt brukes til selve produksjonen. Resten av tiden fordeler seg mellom en tredjedel som er brukt på planlegging og forberedelser til å utføre oppgaver, og den siste tredjedelen som bare er bortkastet tid i et byggeprosjekt.

#### 2.3.4 Hendelser i gjennomføringsfasen som kan forårsake sløsing og økte kostnader

I byggebransjen har mange av metodene knyttet til effektiv produksjon sitt utspring fra Toyota Production System i Japan. Både Ohno (1988) og Josephson og Saukkoripi (2005) har omtalt flere ulike kategorier av sløsing med ressurser i gjennomføringsfasen:

- Feil i produkter som ikke blir benyttet eller som skaper en stor mengde ekstra arbeid
- Lager med materialer og produkter som ender opp med å ikke bli brukt
- Materialer som ligger i veien for nåværende arbeidsoppgaver
- Venting og ubenyttet tid hos arbeidere
- Aktiviteter og delaktiviteter som ikke behøves
- Forflytning av varer på en byggeplass uten noe klart mål
- Varer og tjenester som ikke oppfyller kundens krav
- Overarbeide ved å gjøre mer arbeid enn det kunden krever
- Unødvendige bevegelser blant håndverkere på grunn av organisering
- Overproduksjon ved å utføre mer enn det som behøves eller er avtalt
- Omarbeid

- Transport av materialer
- Unødvendig bruk av materialer
- Arbeid utført i feil rekkefølge som skaper problemer senere i gjennomføringsfasen
- For mange medarbeidere som utfører samme oppgave

Sløsing er en av de viktigste begrepene fra tiden da Toyota startet utviklingen av lean som produksjonsfilosofi. Eliminering av ikke-verdiskapende aktiviteter har siden vært et av de viktigste fokusområdene for forbedring i byggebransjen. Enkelte studier viser til at sløsing med ressurser og ikke-verdiskapende aktiviteter utgjør en betydelig kostnad i gjennomføringsfasen. Dette uten at de faktisk referer til konkrete funn eller målinger men viser til observasjoner og erfaringer (Formoso et al. 2002) og (Hwang et al. 2009).

Kartleggingen til Viana et al. (2012) omhandlet en større gjennomgang av forskning knyttet til ressursbruk i byggeprosesser. Den systematiske gjennomgangen konkluderte med at artikler og litteratur som omhandler kartlegging og eliminering knyttet til sløsing med ressurser er beskjedent. Dette sammenliknet med for eksempel teori om byggeledelse, organisasjonsstrukturer og prosjektteori.

Antallet studier som har beregnet omfanget av sløsing er nokså få og ofte er det fokusert mest på konsekvensene som økonomisk tap til fordel for viktige bakenforliggende årsaker. Det blir anbefalt i deres artikkel at videre studier burde fokusere på de bakenforliggende årsakene til sløsing. Dette for å hjelpe byggebransjen med å spesifisere og kartlegge de viktigste årsakene til at dette oppstår i gjennomføringsfasen.

Et studie som har tallfestet omfanget av sløsing og bakenforliggende årsaker knyttet til gjennomføringsfasen er Josephson og Saukkoripi (2005). De gjennomførte kartlegginger der byggebransjen selv kom med innspill på hva de ønsket skulle analyseres. Kartleggingen deres viste at omtrent 30-35 % av et byggeprosjekt sine produksjonskostnader kunne betegnes som direkte sløsing med ressurser. Med produksjonskostnader menes den totale kostnaden for et byggeprosjekt etter at alle ledd i byggeprosessen er medregnet som markedsføring, prosjektering, kommunale avgifter, kontroller, befaringer, garantier, forsikringer, entreprenørarbeid og kommunale skatter.



Studiet viser til at det selvsagt var store forskjeller mellom prosjektene, men omfanget av sløsing var allikevel stort i de fleste tilfellene. Det er veldig mange aktører i byggebransjen og for de aller fleste er omfanget og kunnskapene i bedriftene svært begrenset om hvordan ressursbruken fordeler seg. Etter å ha analysert resultatene, konkluderte Josephson og Saukkoripi (2005) med en fordeling av fire hovedgrupper i forhold til sløsing med ressurser i gjennomføringsfasen av et byggeprosjekt.

Den første gruppen er det som kalles feil og kontroller. Dette dreier seg om ressurser som omhandler feil gjort på byggeplassen, og kostnadene knyttet til slike avvik. På grunn av forekomsten av den type feil er det viktig å ha gode organisatoriske systemer som fanger opp slikt så tidlig som mulig, samtidig som forsikringer er med på å spre risikoen. Tyveri og hærverk er også med i denne kategorien. Til sammen kan dette utgjøre omtrent 10 % av et byggeprosjekt sine produksjonskostnader.

Den andre gruppen er anvendelsen av ressurser i bedriften som bruken av arbeidstid blant de ansatte, maskiner og byggematerialer. Kartleggingen viser en stor andel sløsing i form av venting, unødvendig uproduktiv anvendelse av dagen, stillestående maskiner og store mengder bortkastede materialer. Til sammen kan dette også utgjøre omtrent 10 % av et byggeprosjekt sine produksjonskostnader.

Den tredje gruppen er kalt helse og sikkerhet. Her er sløseriet i gjennomføringsfasen knyttet til skader og sykdom. Prosjektene har gjerne direkte kostnader forbundet til dette. Den største kostnaden i denne gruppen er allikevel det som omhandler rehabilitering etter for eksempel en ulykke, eller førtidspensjonering som kanskje vil belaste prosjektet indirekte. Til sammen kan denne type sløsing utgjøre omtrent 12 % av prosjektets produksjonskostnader.

Den siste gruppen er sløsing med ressurser i det organisatoriske i en entreprenørbedrift eller hos en aktør i et byggeprosjekt. Her inngår blant annet utarbeidelse av nye planer, løse uklarheter ved fremdrift og konstruksjoner, kontakt med flere aktører i anbudskonkurranser, klager eller kommentarer fra utenforstående og liknende. Til sammen kan denne type sløsing utgjøre omtrent 5 % av prosjektets produksjonskostnader.

### 2.3.5 utfordringer knyttet til utvikling i gjennomføringsfasen ved et byggeprosjekt

Det er blitt fastslått at problemer knyttet til produktivitet og gjennomføringsevne er sammenfallende i mange prosjekter. Likheten finnes mellom prosjektene uavhengig av størrelse og kompleksitet, samt at funnene også gjelder byggebransjer i andre land.

Ulike aktører i byggebransjen blir stadig analysert der Forbes og Ahmed (2011) har beskrevet en karakteristikk av faktorer som påvirker produktiviteten i byggeprosjekter:

- Ineffektiv byggeledelse
- Stort fokus på kontroll
- Økende grad av spesifikasjoner i prosjekter
- Uklare eller omfattende utførelsesstandarder
- Vekst i bruk av underentreprenører
- Treg innføring av innovative løsninger
- Liten evne til å dele kunnskap om beste praksis
- Mangel på arbeidskraft
- Unike prosjekter
- Teknologiske innvirkninger
- Lønnsutvikling

Viana et al. (2012) peker på varierende kompetanse ved byggeledelsen i ulike firmaer som et problem i å forstå hva som fører til sløsing med ressurser. De mener at det mangler kunnskaper i bransjen for oppnå en mer rasjonell og økonomisk drift. En utfordring er at bransjen er for dårlig til å samarbeide mot et felles mål der deling av erfaring er beskjedent. De omtaler også at et flertall av studier på ressursbruk som regel har fokusert på konsekvenser, som for eksempel forlenget byggetid eller økende kostander. Her burde forskningsmiljøene heller ha fokusert på de bakenforliggende årsakene og grunnene til at byggebransjen sløser med ressurser.

Ønsket om en mer rasjonell byggeprosess hvor sløsing med ressurser kan reduseres har gjort at teorier omkring lean blitt svært aktuelle. Det å innføre og benytte lean metodikk kan vise seg å bli særlig viktig for å oppnå større produktivitet ved gjennomføringen av prosjekter. I

den sammenheng er det viktig å sette vesentlig fokus på å effektivisere de verdiskapende og nødvendige prosessene. Å redusere sløsing vil dreie seg om å frigjøre tid og ressurser gjennom å arbeide mer rasjonelt utifra gode planer, og ikke nødvendigvis at håndverkere på byggeplasser jobber raskere (Josephson & Saukkoripi 2005).

Industribransjen har oppnådd gode resultater med bakgrunn i forbedringer ved produktivitet og effektivitet. Dette på grunn av blant annet innføring av lean som vises tydelig i Stortingsmelding nr 28 (2011-2012). Filosofien som stammer fra japansk bilindustri er utviklet for å kontinuerlig forbedre en produksjonsprosess ved å benytte seg av ulike verktøy og fremgangsmåter.

I en industriell produksjonsprosess følger gjerne fremstillingen av ulike produkter et fast og kjent mønster. I en slik sammenheng vil det kunne være enklere å kartlegge produksjonsflyten sine etapper til et ferdig produkt. Det gjør at muligheten for å forbedre flyten ved å minimere tap av ressurser kan være langt mer oversiktlig og rutinebasert sammenliknet med en byggeprosess.

Byggebransjen har hatt vanskeligheter med å innføre verktøy og oppnå liknende forbedringer. En byggeprosess går som tidligere beskrevet gjennom en rekke faser og til nå har forskning basert seg hovedsakelig på sløsing med ressurser i gjennomføringsfasen, da oppføring av bygninger og konstruksjoner skjer. Samtidig har det vært for lite fokus på de bakenforliggende årsakene til hvorfor produksjon og arbeidsoppgaver stopper opp.

Sammenliknet med industribransjen er gjennomføringsfasen i et byggeprosjekt i mange tilfeller preget av samarbeid med ulike aktører. Som oftest er det også nye og unike bygninger eller løsninger som skal utføres. Med bakgrunn i dette kan det være gunstig med tanke på forbedringsarbeid å se veldig detaljert på ulike prosesser i et byggeprosjekt og tilføre en større mengde med erfaringer tilbake i bransjen. Ved å utføre mange kartlegginger vil man kunne trekke konklusjoner i forhold til ressursbruk, og hvordan man kan benytte seg av kartlegginger i bransjen for å bygge opp et system for rasjonell og effektiv drift.

Kompleksiteten til en byggeprosess har gjort at kartlegging og forbedringer har vært vanskelig. Allikevel er den potensielle effekten av lean som produksjonsfilosofi i en byggeprosess godt dokumentert gjennom blant annet publikasjonene til Koskela (1993) og Alarcón (1997). Dagens byggeledelse strever allikevel med å identifisere sløsing og snu tendensen ved dagens situasjon med økende mengde ikke-verdiskapende aktiviteter.

Det blir påpekt at en av deres hovedteorier til den negative tendensen er at det er for stor usikkerhet om hvordan man kan benytte lean verktøy. Her ønskes det større fokus på hvordan man kan benytte ulike fremgangsmåter på en hensiktsmessig og rasjonell måte for å avdekke sløsing med ressurser. De viser til at bruk av det de kaller prosessanalyse eller det som i oppgaven er kalt verdistrømkartlegging vil være nødvendig å innføre i større grad for å kartlegge byggeprosesser og deretter nå målene om mer rasjonell drift.

## 2.4 Sløsing med arbeidstid i byggeprosjekter

I forrige kapittel ble det nevnt at en stor andel av kostnadene ved byggeprosjekter innebærer sløsing med ressurser, og bransjen har vist til fallende produktivitet de seneste årene. Det kan vise seg at sløsing med arbeidstid kan være en sentral del av de ikke-verdiskapende aktivitetene som forekommer i gjennomføringsfasen.

### 2.4.1 Kartlegging av arbeidstid ved boligbygging

I et forsøk på å synliggjøre sløsing med arbeidstid i et byggeprosjekt har Josephson og Saukkoripi (2005) kartlagt tidsbruk ved et byggeprosjekt i Sverige. Ved studiet deres fulgte de utvalgte håndverkere gjennom en hel arbeidsdag for å se hva dagen innebar, og hvor mye tid som gikk med til verdiskapende arbeid ved et prosjekt som bestod i å bygge nye boliger.

Anvendelsen av arbeidstid er i følge Josephson og Saukkoripi (2005) særskilt interessant ettersom det er med på å gi et bilde av hvordan prosjektorganisasjonen, byggeledelsen og planleggingen fungerer. Gjennom deres kartlegging delte de arbeidsdagen til bygningsarbeiderne inn i verdiskapende, nødvendig og ikke-verdiskapende arbeid som tidligere beskrevet i oppgaven. Her fulgte de håndverkere i til sammen 22 dager og kartla deres bevegelser ved byggeplassen.

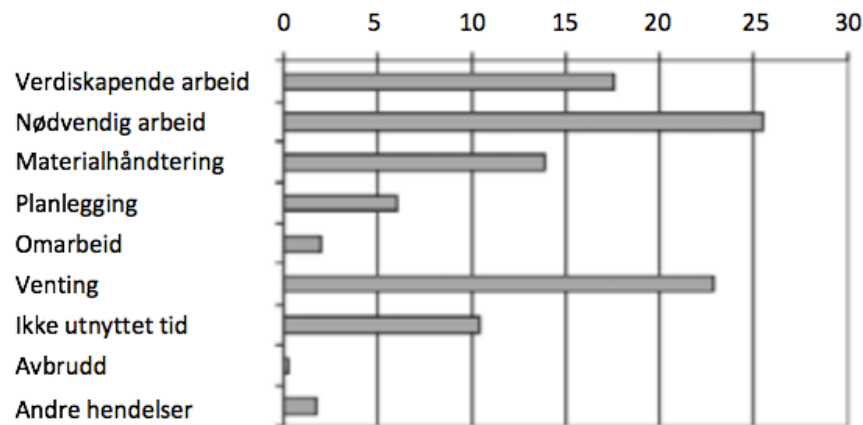
I studiet ble det kartlagt at verdiskapende arbeid utgjorde omtrent 18 % av arbeidstiden på en byggeplass. Dette er bygningsmessig utførelse som tilfører byggeprosjektet verdi og bringer det hele et lite steg nærmere ferdigstillelse. Forbedringsarbeid i en byggeprosess handler hovedsakelig om å øke mengden verdiskapende arbeid og er essensielt for å øke produktiviteten.

Arbeid som er nødvendig for å utføre det verdiskapende arbeidet utgjorde den største delen av dagen til håndverkerne. I studiet utgjorde dette omtrent 45 % av arbeidstiden i løpet av en dag. Innen kategorien nødvendig arbeid var 25 % av arbeidsdagen preget av forberedende arbeider som foregikk ved arbeidsstedet. Dette kan innebære håndtering og kapping av materialer, verktøybruk og ordning med stillaser og utstyr. Å få fraktet materialer frem til der det skal brukes utgjorde 14 % av arbeidsdagen. Omtrent 6 % av dagen ute på byggeplass ble brukt på planlegging av den faktiske oppgaven, eller å finne ut av hvordan man skulle rette opp i feil som hadde blitt gjort.

Når det gjelder sløsing med ressurser og ikke-verdiskapende aktiviteter utgjorde dette omtrent 34 % av arbeidstiden. Dette er aktiviteter som ikke behøves, og som kan elimineres uten at det gir noe som helst innvirkning på utviklingen i byggeprosjektet. Innenfor denne kategorien inngår omarbeid, venting, ikke utnyttet tid og avbrudd i arbeidet.

Venting og uproduktiv tidsbruk utgjorde omtrent 23 % av arbeidsdagen, som også tar for seg tiden håndverkerne brukte på å forflytte seg mellom ulike steder på byggeplassen. Omtrent 10 % av dagen var uutnyttet tidsbruk da det ikke skjedde noe relevant byggeaktivitet, og som heller ikke kan kobles til noe nødvendig arbeid. I denne kategorien inngår også avbrudd mellom de ulike håndverksfagene og aktørene.

Kartleggingen til Josephson og Saukkoripi (2005) er oppsummert ved denne grafen:



Figur 10: Anvendelse av arbeidstid (%) i et byggeprosjekt (Josephson & Saukkoripi 2005)

#### 2.4.2 Kartlegging av arbeidstid fordelt på håndverksgrupper ved bygging av skole

I Norge har bruken av arbeidstid ved forskjellige håndverksgrupper blitt kartlagt og beskrevet i publikasjonen til Kalsaas (2010). Dette skjedde ved et byggeprosjekt i Kristiansand kalt Havlimyra der Skanska var entreprenør. Byggingen skjedde i tidsrommet fra 2008 til 2010 og inneholdt blant annet en skole, samlingshall og idrettshall. Da kartleggingen skjedde jobbet elektrikerne hovedsakelig med el-anlegg, rørleggere med rør og røranlegg og snekkerne monterte veggplater. Etter kartlegging ved prosjektet Havlimyra ble disse resultatene presentert (Kalsaas 2010):

	Elect- ricians	Plum- bers	Carpen- ters	All crews
Direct work	19.3	54.6	56.6	49.1
Personal time	20.3	13.1	9.9	13.0
Coffee and lunch breaks	12.0	10.5	10.1	10.6
Handling of materials	6.8	10.3	10.5	9.7
Work planning and meetings	2.6	7.2	6.1	5.9
Waiting	20.8	0	0.4	4.0
Cleaning up	7.8	2.6	2.3	3.4
Reworking	10.4	1.3	1.5	3.0
Rigging	0	0.5	2.3	1.2
Unloading and unpacking	0	0	0.2	0.1
Inspection	0	0	0	0

Figur 11: Anvendelse av arbeidstid (%) for håndverksgrupper (Kalsaas 2010)

Av tabellen ser man en betydelig forskjell i direkte arbeid som i denne oppgaven er kalt verdiskapende arbeid mellom håndverksgruppene. Prosjektet ved Havlimyra har endt opp

med noe høyere gjennomsnittlig tidsbruk knyttet til verdiskapende arbeid sammenliknet med studiet i Sverige. Når det gjelder personlig tid eller uutnyttet tid som som ikke er verdiskapende tidsbruk utgjorde dette i snitt 13 %, som konkluderer med de nokså samme tallene som i det forrige studiet.

Konklusjonen av studiet ble oppsummert med omtrent 17 % ikke-verdiskapende arbeid, omtrent 49 % verdiskapende arbeid og 34 % nødvendig arbeid.

## 2.5 Lean i byggebransjen

### 2.5.1 The Toyota Production System

Historien om lean production og senere lean construction starter i Japan og Toyota Motor Company, men historien har røtter enda lenger tilbake. På slutten av 1800-tallet utviklet Sakichi Toyoda en ny type automatiske vevstoler. Stolene ble raskt populære, ikke minst på grunn av en mekanisme i vevstolen som sørget for at dersom en tråd løsnet, ville hele vevstolen stoppe automatisk. Dette med å kombinere automatikk med produksjonsstopp på en intelligent metode, også kalt Jidoka, skulle gå igjen som en viktig faktor i The Toyota Production System (TPS).

Sønnen til Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, grunnla Toyota i 1937. Med utgangspunkt i farens tilnærming til problemløsning og effektiv produksjon gikk han i gang med å utvikle det lille japanske selskapet. Hensikten med forbedringene var å kunne ta opp kampen med den vestlige bilindustrien der amerikanske Ford var markedsledende. Ford var kjent for sin effektive produksjon, og representanter fra Toyota med ingeniøren Taiichi Ohno i spissen reiste til USA for å lære. Mens etterspørselen og markedet i USA var stort, var det japanske markedet både mindre og mer fragmentert. I tillegg var den økonomiske situasjonen i Japan vanskelig etter andre verdenskrig med påfølgende inflasjon og påtvungne kostnadskutt, også for bilfabrikanten Toyota.

For å danne et godt grunnlag for en langsiktig satsning hentet Ohno og Toyota inspirasjon fra masseproduksjonen og effektiviteten hos blant annet Ford. Toyota hadde ikke den samme etterspørselen og tilgangen på penger og et internasjonalt marked som Ford hadde, og de

måtte derfor gjøre noen tilpasninger. I tillegg mente Ohno og hans medarbeidere at selv om det var mye inspirasjon å hente fra den effektive produksjonen hos de amerikanske selskapene, var det også mye unødvendig sløsing å observere. Ford kunne tillate seg å produsere store volumer av én type produkt, og fokusere på å produsere mange enheter så billig som mulig. Toyota derimot måtte forholde seg til det japanske markedet som både var mye mindre og som forventet mer variasjon og kundetilpassede produkter (Howell 1999). Ohno innså at Toyota måtte kunne levere produkter med en gang kundene ville ha produktet og samtidig levere høy kvalitet til lave kostnader i et raskt og fleksibelt produksjonssystem (Liker 2004).

En av de viktigste prinsippene i The Toyota Production System var altså å levere akkurat det som trengtes, akkurat når det skulle, også kalt Just-In-Time (JIT). Just-In-Time vil si at det produseres og leveres bare akkurat det som trengs, når det trengs og nøyaktig det antallet som trengs (Forbes & Ahmed 2011).

Et annet viktig prinsipp som Toyota innførte var stopp i produksjonen dersom en defekt del ble funnet. For å ikke risikere at en defekt del ble sendt videre i produksjonslinjen innførte de en desentralisert beslutningsmyndighet til arbeiderne, slik at det ikke lenger bare var ledere som kunne stoppe opp produksjonen om feil ble oppdaget. Bilfabrikanten tillatte også innsyn i informasjon om produksjonsprosessen til alle som deltok i den. Dette gjorde det enklere for andre å kunne ta desentraliserte beslutninger (Howell 1999).

Gjennom sine studieturer til Ford i USA observerte Ohno som nevnt sløsing med ressurser på flere områder. Det var store lagerkostnader ved å oppbevare deler som var produsert, men som senere viste seg å ikke kunne brukes. Det ble også observert sløsing med arbeidskraft, venting mellom produksjonstegene og unødvendig transport (Howell 1999). Totalt kom Toyotas ingeniør Shigeo Shingo med en liste på syv typiske områder det lett oppstår sløsing i et masseproduksjonssystem som beskrevet ved (Forbes & Ahmed 2011):

1. Overproduksjon
2. Sløsing av tid/venting
3. Unødvendig transport



4. Over- eller feilprosessering
5. Lagring
6. Unødvendige bevegelser
7. Defekter

Et viktig spørsmål å stille seg i henhold til The Toyota Production System er alltid hva som kunden forventer seg av en prosess. Det er dette som definerer kundeverdien (Liker 2004). For en kunde vil det alltid være forskjell på hva som øker verdien av produktet eller tjenesten og hva som ikke gjør det. Ingen av de syv formene for sløsing er med på å øke kundeverdien, og i tillegg kan de medføre økonomiske tap (Forbes & Ahmed 2011):

1. Overproduksjon krever både at det brukes mennesker og ressurser på å produsere unødvendig mye, i tillegg til at lagringskostnadene og transportkostnadene øker
2. Arbeidere som må vente på forrige sted, vente på nye oppgaver, vente på nye ordrer, vente på verktøy, maskiner eller deler og liknende er ikke verdiskapende
3. For mye unødvendig transport er både dyrt og ikke noe en kunde vil betale ekstra for
4. Ineffektive måter å jobbe på grunn av for eksempel dårlig verktøy eller bruksanvisninger, fører både til bruk av mer materialer og tid enn nødvendig
5. Unødvendig lagring fører både til økte lagerkostnader, men også risiko for at det blir for gammelt eller ikke kan brukes etter at det har stått lagret en stund
6. Arbeidere som må bevege seg unødvendig mye, for eksempel ved å måtte lete, hente, stable rundt eller flytte på materialer er sløsing med både tid og krefter
7. Feilproduksjon fører til at det må foretas reparasjoner, utskiftninger og ekstra inspeksjoner og kontroller, noe som heller ikke kunden ser på som verdiøkende

For å imøtekomme disse utfordringene måtte Toyota utvikle en bedre strategi enn å bare kopiere masseproduksjonsbedriftene (Ohno 1988). Metoden baserte seg på å koordinere flyten i leveransene med daglige leveringer hvor bare akkurat det som ble etterspurt ble produsert. Ut over 1960, -70 og -80-tallet utviklet TPS seg til å bli et reelt konkurransefortrinn som leverte fremragende produkter til høy kvalitet og lave kostnader (Forbes & Ahmed 2011).

### 2.5.2 Lean production

Måten Toyota oppnådde sin suksess var ikke godt kjent for den vestlige verden før langt ut på 80-tallet. Ettersom flere fikk øynene opp for denne nye, effektive tilnærmingen til produksjon, ble det skrevet en rekke bøker som tok for seg den nye produksjons-tankegangen. Blant de første til å ta i bruk begrepet lean production var Womack et al. (1990) i boken "The Machine That Changed the World".

I tradisjonelle masseproduksjonsbedrifter fokuserte man på å produsere standardiserte produkter i stort volum. Kunden får da gjerne et billigere produkt, men med lite variasjon i utvalget ettersom det er dyrt å bytte over til å designe og produsere ulike produkter. I lean production derimot, er målet å kunne kombinere det å drive stort med det å levere mer unike og kundetilpassede produkter. Lean production "er lean" fordi den bruker mindre av alt sammenliknet med en masseproduksjonsbedrift. Dette innebærer færre mennesker, mindre lokaler, mindre lager, mindre utstyr og færre timer på å utvikle nye produkter i en produksjonsbedrift (Womack et al. 1990).

I henhold til Koskela (1992) defineres lean Production som en analytisk måte å tilnærme seg produksjon på hvor målet er å redusere alt som er unødvendig, samtidig som man maksimerer kundeverdien.

I følge Lean Enterprise Institute (LEI) dreier lean seg kort og godt om å skape mer verdi for kundene ved hjelp av færre ressurser. Kjerneidéen er å maksimere kundeverdien samtidig som man minimerer sløsing. En "lean organisasjon" er opptatt av å forstå hva som er kundeverdien og fokuserer på å kontinuerlig øke den. Det overordnede målet, som er mer en visjon enn et oppnåelig mål, er å gi en fullverdig kunde verdi gjennom en optimal verdiskapende prosess med null sløsing (Lean Enterprise Institute 2016).

Hovedprinsippene i en lean tankegang kan oppsummeres i disse fem punktene (Womack & Jones 1996):

1. Identifisere hva som er kundeverdien for sluttkunden
2. Identifisere alle stegene i verdistrømmen og eliminere alle steg som ikke er verdiøkende for kunden
3. Sørge for at de stegene som er verdiøkende skjer med så tett flyt som mulig gjennom produksjon og helt til sluttbrukeren
4. Sørge for at det er kundens behov som skaper etterspørsel bakover i produksjonen
5. Kontinuerlig søke etter forbedringer helt til man kan levere akkurat det kunden vil ha uten noen form for sløsing



Figur 12: Principles of lean (Womack & Jones 1996)

Alle bedrifter er forskjellige, men noen av de viktigste prinsippene produksjonsbedrifter som har tatt i bruk lean production har hatt suksess med er (Nielsen & Kristensen 2002; Womack & Jones 1996):

- Produksjonsstans når det oppdages defekte komponenter eller produkter for å sikre at feilen rettes fort og at det opprettholdes flyt
- At kundeverdien defineres og at aktiviteter som tilfører produktet økt kundeverdi får fokus i verdikjeden
- Å fokusere på at det er god flyt i hele verdikjeden

- At det er kundenes etterspørsel som bestemmer hva som skal produseres fremfor at man prøver å dytte det man har produsert ut på markedet
- At det hele tiden strebes etter det perfekte produktet som produseres uten feil og sløsing med ressurser

### 2.5.3 Lean construction

Lean production ble raskt sett på som en ny og fornuftig måte å tilnærme seg en produksjonsprosess på, og det ble tatt i bruk spesielt i bil- og elektronikkindustrien. Det ble også benyttet i andre bedrifter og gjerne blant dem som produserte kundetilpassede produkter, som utførte tjenester, drev med administrasjon samt produktutvikling (Koskela 1993). "Lean construction" er bruken og tilpasningen av prinsippene bak lean production overført til byggebransjen. Det er først og fremst en annerledes måte å tenke på når det kommer til planlegging og styring av byggeprosjekter.

Siden det tradisjonelt sett har vært fokusert på utførelse av arbeidsoppgaver og ikke på å styre og kontrollere byggeprosessen, har man i bransjen ofte sett mye variasjon og usikkerhet i gjennomføringsfasen. Dette har igjen ført til en økning i ikke-verdiskapende aktiviteter ovenfor kunden (Nielsen & Kristensen 2002). I følge Gleeson og Townend (2007) ble begrepet for byggebransjen introdusert av International Group for Lean Construction, IGLC, ved deres første møte tilbake i 1997.

Byggeindustrien var noe mer reservert i tanken på hvordan lean production kunne ha overførbarhet til sin egen industri. Dette var ettersom det finnes en del ulike trekk som skiller bedriftene her fra rene produksjonsbedrifter. I følge Koskela (1993) var det spesielt disse barrierene som ble nevnt som grunner til at byggebransjen brukte tid på å se hvordan de kunne nyttiggjøre seg prinsipper fra lean production:

- De fleste eksemplene og studiene som hadde vært gjort kom fra rene produksjonsbedrifter, og det var ikke uten videre lett å generalisere resultatene over til byggebransjen

- Det var relativt lite internasjonal konkurranse i byggebransjen
- Akademiske institusjoner brukte tid på å respondere på disse nye prinsippene

Videre er det viktig å ta med seg at det tross alt er en del forskjeller på en tradisjonell produksjonsbedrift og en bedrift i byggebransjen. Tre viktige forskjeller er ifølge Vhrijoeff og Koskela (2005):

1. Produktene er mer unike
2. Produksjonen foregår på stedet
3. Organisasjonen er midlertidig

### 1. Unike produkter

I produksjonsbedrifter produseres det ofte en serie med like produkter, noe som gjør standardisering, repetisjon og kontinuerlig optimalisering av prosessen mulig. Dette gjør det lettere å luke ut feil sammenliknet med en bedrift i byggebransjen hvor hvert produkt stort sett er unikt, og hvor selv produksjonsfasilitetene endres fra gang til gang. Likevel, selv om hvert bygg og hvert prosjekt er unikt, kan man ofte dele opp bygget i ulike deler som hver for seg kan være relativt like fra gang til gang. En viss form for standardisering vil ofte være mulig om man splitter opp i sekvenser som kan være gjentakende eller leverer deler av bygget i moduler.

Turin (2003) presenterer tre ulike tilnærminger man kan ha til et byggeprosjekt for å unngå å se på det som gjennomgående unikt. Dette er en komponenttilnærming, en modelltilnærming og en prosesstiltærming. Med en komponenttilnærming ser man ikke på bygget som en helhet, men heller som komponenter som ofte kan være preget av repeterende oppgaver. Med denne tilnærmingen kan man forsøke å standardisere komponenter, og for eksempel levere hele bad i moduler som er laget på forhånd og bare løftes inn i et større byggeprosjekt som en komponent. Med en modelltilnærming ser man på et bygg på et produktnivå som om at bygget består av et sett av funksjoner som skal settes sammen for kunden. Ved å standardisere individuelle sluttprodukter kan man klare å nærme seg tankegangen bak lean production. Ved å heller se på hvordan et bygg settes opp i stedet for

hva som blir bygget, altså en prosesstilnærming, kan man bedre se at å sette opp et bygg ikke nødvendigvis er gjennomgående unikt.

## 2. Produksjonen foregår på stedet

Til forskjell fra en bil som produseres på en fabrikk, produseres de fleste leveranser i byggebransjen på stedet eller "on-site" som det ofte kalles. Et bygg i seg selv skal som regel ikke transporteres videre og er forankret i grunnen. Dette forklarer også i stor grad hvorfor byggebransjen har mindre internasjonal konkurranse, og ofte er avhengig av lokale ressurser til den kvalitet og kostnad det kan leveres med. I tillegg må byggebransjen til en viss grad også ta hensyn til både været og andre forhold som er mer eller mindre umulig å påvirke, men som likevel må tas hensyn til. Noen faktorer må tas hensyn til, mens andre faktorer kan likevel kontrolleres gjennom god planlegging. Koskela (1993) foreslår både å bruke prefabrikking av elementer, bryte ned byggeplassen i soner og bruk av spesialiserte eller multifunksjonelle team som mulige måter å håndtere disse faktorene på.

## 3. Organisasjonen er midlertidig

De som deltar i et byggeprosjekt er ofte mennesker som ikke har jobbet sammen før, og kanskje heller ikke har jobbet på dette stedet før. De kommer sammen bare for å levere dette ene produktet før de så reiser videre til sitt neste byggeprosjekt. Det er ofte ulike underentreprenører som står for hver sin leveranse inn i et større prosjekt, og disse leveransene skal koordineres sammen til en helhet.

Som nevnt er det å oppnå flyt i en prosess en viktig faktor i lean production. Om prinsippene skal overføres til byggebransjen, er det klart at det å oppnå god flyt i en byggeprosess hvor ulike aktører er inne og gjør ulike jobber hver for seg og kanskje aldri har samarbeidet før, krever god planlegging og forståelse av hva som er verdiskapende og ikke-verdiskapende aktiviteter.

#### 2.5.4 Implementering av lean construction

For å lykkes med å implementere en lean tankegang i byggeindustrien, har flere forskere kommet med en rekke innspill. Womack og Jones (1996) kommer med en rekke spesifikke anbefalinger:

- Bruk endringsagenter - en person som får ting til å skje og får folk til å se at det er realistisk å få til endringer. Det er viktig at denne personen er desentralisert til å foreta beslutninger.
- Skaff kunnskap - både nok til å kunne starte med å implementere en ny tankegang, men også kunnskap som bare kan oppnås gjennom praksis.
- Finn en kritisk situasjon eller skap en - det skal ikke være vanskelig å finne en større eller mindre krise i et prosjekt man kan starte med å teste det ut på.
- Glem de overordnede strategiene for en stund - det er ikke her man skal begynne å tenke på selskapets eksistens. Selv om strategi er viktig i en lean tankegang, vil det i byggebransjen kunne være mer nyttig å starte med å se på et konkret prosjekt og begynne med det som utgangspunkt.
- Gjør verdistrømkartlegginger - å se alle underentreprenører og flyten mellom de i en kartlegging er første steg i å finne forbedringspotensialer.
- Begynn så fort som mulig med en viktig og synlig aktivitet - og start gjerne med selve prosjektplanleggingen. En endring i forbedret prosjektplanlegging gir umiddelbar endring og avdekker gap.
- Krev raske resultater - så lenge du forventer riktige typer resultater, bør du forvente resultater raskt. Å forvente lavere kostnader eller raskere utførelse på kort sikt kan man ikke kreve, men at planleggingsprosessen blir bedre og at flyten mellom aktivitetene blir bedre, kan man forvente å se raskere.

Howell og Ballard (1998) støtter mange av disse anbefalingene, men foreslår for eksempel å starte med et velfungerende prosjekt i stedet for å oppsøke et eller deler av et prosjekt som ikke går like bra. Ved å kartlegge verdistrømmen i det man mener er et velfungerende prosjekt, kan man likevel kunne finne forbedringspotensialer og sløsing.

### 2.5.5 Transformasjon, flyt og verdi – TFV teorien

Det har blitt jobbet spesifikt med å finne ut hvordan man kan overføre prinsippene fra lean production til lean construction. Finske Lauri Koskela er en av de som har bidratt mest med å utvikle teorier for produksjonsprosesser i byggebransjen. I tillegg har Glenn Ballard og Greg Howell, to amerikanske professorer som også er blant grunnleggerne bak Lean Enterprise Institute (LEI) og Lean Construction Institute (LCI), jobbet konkret med prinsipper og verktøy som kan brukes i praksis.

Et av de viktigste bidragene innen lean construction er allikevel Koskela (1992; 1993; 2000) TFV-teori som omhandler transformasjon, flyt og verdi.

Noe av kjernen i lean production er å forstå at alle produksjonssystemer hovedsakelig består av to aspekter som er transformasjon og flyt. Begge deler tar tid og koster penger, men det er bare transformasjonsaktiviteter som sørger for at det tillegges kundeverdi til produktet eller tjenesten. For å forbedre en produksjonsprosess er det derfor viktig å fokusere på å redusere eller eliminere flytaktivitetene, mens man bør forsøke å gjøre transformasjonsaktivitetene mer effektivt. Når man tidligere har tatt for seg produksjonssystemer og forsøkt å forbedre disse, har man gjerne fokusert på å effektivisere transformasjonsaktivitetene, eventuelt sett på begge aspektene som verdiøkende (Koskela 1993).

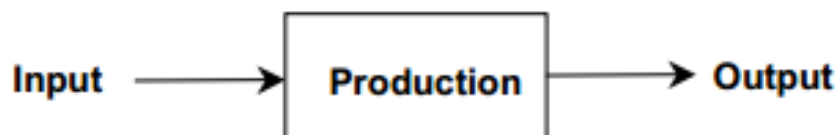
Tankegangen bak lean production er at man skal fokusere på begge deler altså både å øke effektiviteten i de verdiskapende aktivitetene, samt også å eliminere eller redusere de ikke-verdiskapende aktivitetene. For å oppnå dette er man avhengig av å analysere flytaktivitetene, for så videre å se hvordan prosessen er designet, hvordan man kontrollere den og hvordan man kan forbedre den. Koskela (1993) mente at det var tre viktige faktorer man må være klar over for å forstå produksjon, dette kan sees på:

1. Som å transformere input til output
2. Som en flyt av ulike ressurser
3. Som et middel for å skape en verdi for kunden



## 1. Transformasjon

Produksjon som transformasjon har tradisjonelt sett vært det mest utbredte i byggebransjen. Fremstilling av et produkt kan ses på som å omgjøre en "input" i form av materialer, arbeidstimer og liknende om til en "output". Denne outputen kan igjen bli input i en ny transformasjon. En transformasjonsprosess kan altså brytes ned til subprosesser som igjen er transformasjonsprosesser (Koskela 2000).



*Figur 13: Produksjon som transformasjon (Koskela 2000)*

Utfordringene med å lede en transformasjonsprosess er å styre og planlegge prosessene i forhold til hverandre (Nielsen & Kristensen 2002). Skal man prøve å kutte kostnader i en slik prosess jobber man ofte ut i fra prinsippet om å minimere omkostningene til en hver subprosess. Dette forutsetter da at hver prosess er uavhengig av de andre, noe som veldig sjelden er tilfellet. Det er vanlig å derfor innføre buffere mellom transformasjonsprosessene som skal skjerme prosessene fra usikkerheter (Slack et al. 1995). Denne måten å se på produksjon har vært det dominerende gjennom 1900-tallet. I følge Koskela (2000) skyldes det først og fremst at det har vært et konsept som illustrerer virkeligheten, samt at det har blitt utviklet mange verktøy og virkemidler basert på transformasjonskonseptet.

## 2. Flyt

Å se på produksjon som en flytprosess er noe mer enn å se på flyten ved samlebåndproduksjon. I en flyttankegang skiller man mellom prosess og operasjon (Koskela 2000). En prosess er flyten av produkter gjennom produksjonssystemet, mens operasjon er den direkte hendelsen hvor input blir til output. Prosess innføres altså som noe nytt, mens operasjon er det man tidligere så på som transformasjon.

Flyttankegangen inneholder to viktige poenger (Koskela 2000):

1. Tid skal behandles som en ressurs
2. Det er to typer aktiviteter som forbruker tid: verdiskapende og ikke-verdiskapende aktiviteter

Dette klargjør en hel del. Hovedmålet blir nå selvsagt å redusere de aktivitetene som tar tid, men som ikke er verdiskapende for kunden. Fundamentet i flyttankegangen er derfor at sløsing i form av å bruke mer tid enn nødvendig på å skape den samme kunde verdien er en av hovedutfordringen i et byggeprosjekt.

Koskela (2000) identifiserte totalt seks prinsipper for å forbedre flyten:

1. Reduser ikke-verdiskapende aktiviteter
2. Reduser gjennomløpstiden
3. Reduser variasjoner og usikkerheter i flyten
4. Forenkle produksjonen ved å redusere antall prosesstrinn om mulig
5. Øk fleksibiliteten
6. Sørg for at flyten er synlig for medarbeiderne

### 3. Verdi

Mens transformasjon og flyt bare er interne prosesser, vil det å se produksjon ut i fra et verdiperspektiv bety å se på det som er hele hensikten med transformasjon og flyt, nemlig å skape verdi for kunden. Forutsetningen for at en virksomhet skal kunne skape verdi for sine kunder er at kundens behov er definert, og at det danner grunnlaget for produksjonen (Nielsen & Kristensen 2002). Verdikonseptet er i henhold til Koskela (2000) basert på fem viktige prinsipper:

1. Kundenes krav må kartlegges, både de fundamentale, de forventede og de kunden ikke vet selv at den krever, men som ligger latente
2. Sikre at kravene fra kundene er ivaretatt gjennom alle ledd i produksjonen
3. Sikre at kundenes krav stemmer overens med det produktet som leveres

4. Sikre at produksjonssystemet er kapabelt til å levere det kunden krever
5. Sikre at riktig kundeverdi er skapt for kunden ved å måle kundetilfredsheten

Bølviken et al. (2014) oppsummerer dette med at det finnes to former for sløsing når det kommer til verdi. Man kan levere noe som ikke har den verdien kunden vil ha, noe som ikke har god nok kvalitet, eller man kan levere mer enn det kunden egentlig vil ha. Det første vil være sløsing for kunden, det andre vil være sløsing for leverandøren. Allikevel står det mest sentrale prinsippet til Koskela igjen når man kommer til verdiperspektivet. Det viktigste er å redusere ikke-verdiskapende aktiviteter.

#### 2.5.6 The Complete Kit

Et annet verktøy for å bruke en lean tankegang i byggebransjen er "The Complete Kit". Dette er en teori presentert av den israelske forskeren Ronen (1992), som fokuserer på at det ikke skal startes på en jobb før man har alt som trengs for å gjøre seg ferdig. Den baserer seg dermed på en transformasjonstankegang ved å fokusere på det som er inputen i produksjonsprosessene. I Veidekke Entreprenør har dette verktøyet, som de kaller "7 forutsetninger for en sunn aktivitet" vært tatt i bruk i mange ulike prosjekter.

Ronen (1992) peker på flere svakheter som kan oppstå om man ikke jobber etter en liknende modell. Dersom man forhaster seg med å starte en prosess før alt er klart, for å prøve å unngå å bruke for mye tid, kan det motsatte skje i stedet. En annen uønsket effekt som kan oppstå er når en kunde presser på for å starte opp et prosjekt tidligere, i håp om at ferdigstilling skal kunne skje før. Dette vil mest sannsynlig ikke kunne skje ettersom prosessen egentlig ikke var klar for å bli startet opp.

Det kan oppstå mange former for sløsing om man ikke jobber etter denne modellen, mener Ronen (1992). En av de største utfordringene er at det blir altfor mange planer samtidig og altfor mange påbegynte deler som ikke kan fullføres fordi de venter på noe input. Det kan fort bli vanskelig å holde kontroll over alle de løse trådene som senere skal kobles sammen til spesifikt sluttproduktet. Dette vil igjen lede til ulike former for sløsing som økte lagre, lengre produksjonstid, økte kostnader og mer bruk av tid til å for eksempel gjenoppta

påbegynte oppgaver. Ronen (1992) mener at om man ikke jobber etter denne modellen, kan tidsbruken øke med så mye som 40 % per aktivitet.

### 2.5.7 The Last Planner System

The Last Planner System of Production Control (LPS) er et produksjonsstyringssystem som er utviklet av amerikanske Ballard og Howell, som som nevnt står bak LEI og LCI. I et byggeprosjekt foregår det planlegging på mange nivåer. Det er overordnede planer som utarbeides høyt oppe i organisasjonen, som fokuserer på måloppnåelse og rammer for prosjektet. Under disse overordnede planene følger det mer detaljerte planer i mange ledd, helt ned på det ytterste nivået i prosjektet, hvor planleggingen foregår på selve byggeplassen. De som utarbeider dette siste nivået av planer, ofte byggeleder eller byggeleder i samarbeid med andre, kalles "Last Planners". Ideelt sett skulle man gjerne i alle prosjekter planlegge ned til hver minste detalj og kanskje helst allerede i tidlige faser. Det er i følge lean construction tankegangen umulig å gjennomføre en pålitelig og detaljert planlegging før helt i den siste tiden før oppgavene skal utføres (Nielsen & Kristensen 2002).

Utarbeidelse av slike planer forutsetter god kommunikasjon mellom Last Planner og de andre involverte aktørene underveis i byggeprosessen. Planene som utarbeides på dette nivået må ses på som et rent løfte for hva som skal bli gjort innenfor neste tidsperiode. For at planleggingsprosessen skal ivareta både planlegging og styring av produksjon, samt prosessene av transformasjonsaktivitetene og flytaktivitetene, er det i LPS to hovedelementer:

1. Styring av arbeidsoppgaver
2. Koordinering av arbeidsforløpet

Slik sikrer man at oppgavene både blir utført best mulig i seg selv, men også at flyten og rekkefølgen mellom de er optimal (Ballard 2000). Det finnes også flere ulike verktøy i tilknytning til LPS med tanke på disse to hovedelementene. The Last Planner System har vært brukt som verktøy i kombinasjon med the Complete Kit i Veidekke Entreprenør.

## 2.6 Verdistrømkartlegging

### 2.6.1 Kartlegging av en byggeprosess og videre arbeidsmuligheter

Verdistrømkartlegging kan i andre publikasjoner og litteratur omtales som:

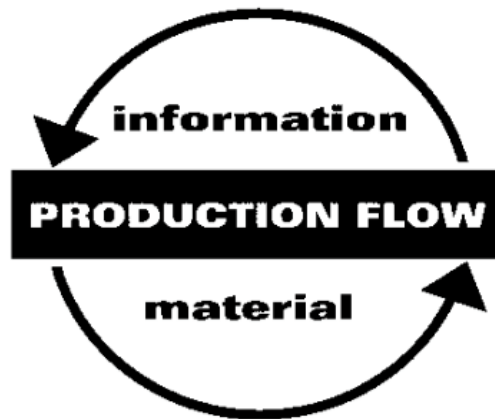
- Value Stream Mapping (VSM)
- Verdistrømsanalyse
- Operasjonsanalyse
- Prosessanalyse
- Flytanalyse

Verdistrømkartlegging er blitt et anerkjent lean verktøy laget for å analysere arbeidsprosesser eller enkelte spesifikke aktiviteter for å avdekke sløsing med ressurser i et produksjonssystem. Som tidligere beskrevet ble dette startet opp som et verktøy innen industri, men siden har også andre virksomheter som byggebransjen sett effektene man kan oppnå av kartleggingen.

Grunntanken bak verdistrømkartlegging er i følge Rother og Shook (1999) å kunne gi en visuell oversikt over verdistrømmen ved en produksjon eller i en organisasjon. Deretter skal man kunne bruke resultatene i en forbedringsprosess ved å redusere eller eliminere sløsing med ressurser. Ved bruk av kartleggingen kan man blant annet analysere større produksjonsprosesser som inneholder mange ulike aktiviteter og kanskje går over lang tid. Det er også mulig å se grundigere på spesifikke og gjentakende prosesser med langt færre aktiviteter og kortere tidshorisont.

En verdistrøm er i hovedsak et sammenhengende sett med spesifikke aktiviteter som kreves for å få levert en tjeneste, et delprodukt eller et produkt til en kunde. I et byggeprosjekt vil det være mange ulike verdistrømmer som for eksempel montering av dekkelementer, støping av vegger, montering av elektriske installasjoner eller rørarbeid. Et kart med ulike symboler for aktiviteter kan utarbeides for å få en visuell oversikt over verdistrømmen.

Det vil også være en mulighet å oppsummere resultatene på andre figurative metoder som vises i denne oppgaven under kapittelet for metode og resultater. Det viktigste er at man får vist hva som skjer i en produksjonsprosess slik at man kan drive forbedringsarbeid ved å eliminere sløsing og effektivisere nødvendige prosesser. Det er også mulig å benytte kartleggingene til å tilegne seg erfaringer og kjennskap til ulike byggeprosesser og benytte dette videre i andre prosjekter.



*Figur 14: Produksjonsflyt (Rother & Shook 1999)*

Figuren viser at ved verdistrømkartlegging er det to viktige forhold som må ivaretas for å kunne få et fullverdig bilde av hvordan produksjonsflyten er. Hvordan materialer forflytter seg gjennom produksjonen eller i byggeprosjekter er for mange kanskje en opplagt del av kartleggingen. Det som også er viktig er hvordan informasjonsflyten er i bedriften. Det vil si hvordan avtaler, avklaringer og tegninger når ut til de riktige personene for å opprettholde effektivitet og produktivitet. Ifølge Rother og Shook (1999) var bilfabrikanten Toyota opptatt av at en person knyttet til en spesifikk prosess ikke skulle få utlevert flere tegninger og beskrivelser enn at man maksimalt visste hva neste prosess trengte, og når de trengte det.

Kartleggingen eller observasjonen blir gjerne brukt til å lage et kart eller en større figur som viser den faktiske strømmen av materialer og arbeidsprosesser. Dette utarbeides gjerne for å identifisere sløsing og unødvendige aktiviteter i en nåværende produksjonsprosess. Ved å benytte seg av oppsummeringen og analyseringen av den nåværende tilstanden kan man deretter skape et fremtidig tilstandskart. Det er også mulig å utarbeide konkrete planer for hvordan en produksjonsstrøm eller en mer spesifikk aktivitet burde utføres. Med verktøyet

vil man dermed ha skaffet seg erfaring og data om hvordan sløsing av ressurser kan elimineres eller vesentlig reduseres.

Hovedhensikten ved en verdistrømkartlegging er å finne ut av hva som skjer i en produksjonsprosess i forhold til verdiskapende og ikke-verdiskapende aktiviteter. Videre kan man benytte seg av funnene til å avdekke årsaker til sløsing og hva som eventuelt hindrer kontinuerlig flyt. Dette gjenspeiler store deler av hovedprinsippene ved lean som beskrevet tidligere. Deretter ønsker man gjerne å utforme et forslag for fremtidig utførelse av en liknende aktivitet og lære av funnene. I henhold til Arbulu og Tommelein (2002) benyttes gjerne verdistrømkartlegging for å visualisere problemer som ellers er usynlige ved bruk av andre teknikker, samt at det skaper et godt beslutningsunderlag videre i en forbedringsprosess.

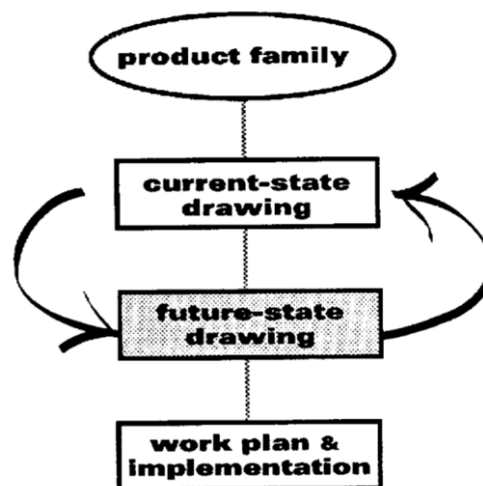
I henhold til Lacerda et al. (2016) baserer metoden seg på å identifisere hvilke aktiviteter som er verdiskapende i en prosess, og observere de faktiske aktiviteter som utføres ved gjennomføringen. En verdistrømkartlegging går hovedsakelig ut på å ta tiden som benyttes på verdiskapende aktiviteter, ikke-verdiskapende aktiviteter og nødvendige aktiviteter. Nødvendig arbeid er som tidligere beskrevet oppgaver som må gjøres for å kunne gjennomføre det verdiskapende.

Ikke-verdiskapende aktiviteter er prosesser som ikke behøves og som ikke gir innvirkning på den produktive fremgangen, men derimot er særdeles kostnadspåvirkende. Ved en kartlegging vil det derfor være viktig å definere hva som regnes som verdiskapende, ikke-verdiskapende og nødvendig arbeid. Disse definisjonene vil variere mellom de ulike byggeprosessene man observerer ved gjennomføring av verdistrømkartlegginger.

Ved å gjøre ulike verdistrømkartlegginger kan man avdekke hvilke utfordringer som finnes i gjennomføringsfasen i et byggeprosjekt. Kartleggingen har sitt utspring i bilindustrien som består av en serie isolerte prosesser. Det medfører at å utelukke sløsing kan være enklere sammenliknet med byggeindustrien som ofte har flere unike og kompliserte prosesser, som tidligere beskrevet. Byggebransjen kan allikevel ha stor nytte av verktøyet da det er mange gjentakende og like prosesser ved de forskjellige prosjektene. Det vises også til økende bruk

av moduler og prefabrikasjoner hvor man kan opparbeide seg svært god kjennskap til verdistrømmen frem til ferdig produkt. Det er ikke uvanlig i dag at hele bad leveres ved prefabrikasjon og heises på plass i et pågående byggeprosjekt i en standardisert prosess.

En verdistrømkartlegging samt en forbedringsprosess kan i henhold til Rother og Shook (1999) inndeles i fem trinn. Det kan være viktig å merke seg at "future-state" er uthevet. Dette er gjerne et kart eller beskrivelser av hvordan man ønsker at den optimaliserte flyten i en kartlagt prosess skal være. Ved å benytte seg av trinnene vil man kunne oppnå en byggeprosess eller produksjonsprosess der man har redusert unødvendig sløsing, samtidig som man har maksimert kunde verdien som beskrevet i kapittelet om lean.



Figur 15: Stegene ved bruk av Value Stream Mapping (Rother & Shook 1999)

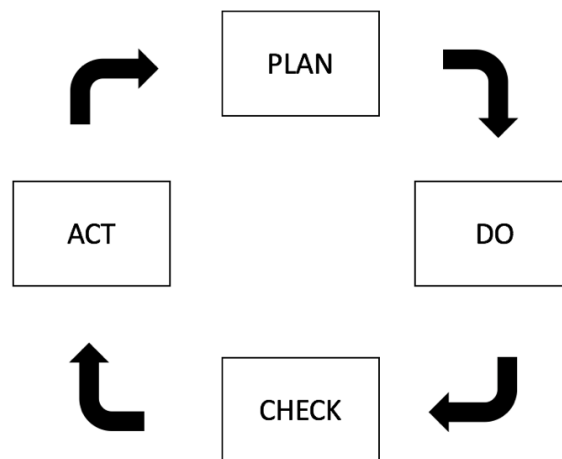
Stegene i en verdistrømkartlegging og en forbedringsprosess begynner med å velge ut hva man ønsker å analysere. Om man skal benytte seg av verktøyet i en byggeprosess er det essensielt å ikke tenke for komplekst og sette seg inn i for store verdistrømmer. Dette kan bidra til at kartleggingen sannsynligvis vil bli svært uoversiktlig. Her kan man være nokså spesifikk for å ha kontroll over hva som skjer i produksjonen. Etter å ha bestemt hva som skal kartlegges gjennomføres dette. Da er det viktig at man er til stede og i nærheten da man trenger konkrete fakta og direkte observasjoner (Ernst & Young 2010).

Etter å ha kartlagt en prosess oppsummeres resultatene ved det som kalles "current state", altså den nåværende situasjon. Hvordan man ønsker at fremtidens produksjonsprosess skal



være i forhold til det forbedringspotensialet som finnes, vil man som oftest ha et inntrykk av etter å ha studert den første kartleggingen. Det er viktig å legge merke til at pilene mellom "current-state" og "future-state" går begge veier. Det vil si at man over tid burde kartlegge flyten for å forbedre situasjonen ytterligere. Ved utarbeidelse av "future-state" lages dette med bakgrunn i prinsipper for gode prosesser der man kan involvere ansatte og komme frem til en optimal verdistrøm for gjeldende aktivitet.

Etter å ha utarbeidet en tilnærmet optimal verdistrøm ved å utelukke ikke-verdiskapende aktiviteter samt forsøkt å effektivisere nødvendig arbeid, lages en plan for hvordan man skal informere de ansatte for deretter å implementere de nye metodene. Stegene i en verdistrømkartlegging og forbedringsprosesser henger sammen med PDCA-syklusen som er en sentral del av lean metodikken, og er kalt Kaizen fra opprinnelsen av. Med Kaizen menes kontinuerlig forbedring av en prosess (Soltero & Waldrip 2002).



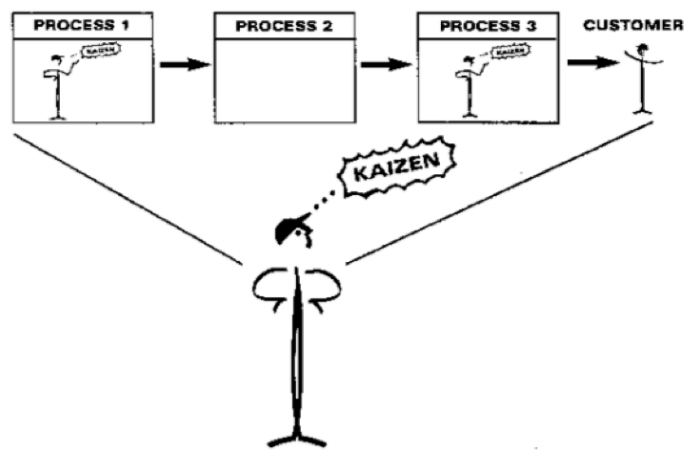
Figur 16: PDCA – syklusen (Salem et al. 2006)

I henhold til Salem et al. (2006) består PDCA-syklusen av:

- Plan: Her skal man planlegge den ønskede forandringen eller forbedringen ved å analysere hva man vil oppnå og sette mål før gjennomføringen.
- Do: Dette vil si å utføre en oppgave eller kartlegging etter planen som ble lagt.
- Check: Undersøk om man har oppnådd de ønskede prestasjonsmålene, hvis man ikke har oppnådd dette skal man ifølge lean-prinsipper forøke på nytt.
- Act: Her skal man implementere de nye forbedrede løsningene eller fremgangsmåtene i en bedriften.

## 2.6.2 Valg av verdistrøm, avgrensninger og forskjellig typer av tidsmålinger

Det kan være utfordrende å identifisere den faktiske verdistrømmen fordi denne kan blande seg med andre produksjonsprosesser. Det kan skje ved at aktivitetene benytter seg for eksempel av noen av de samme ressursene. En kartlegging kan innebære mange aktiviteter som gjør at situasjonen blir svært kompleks med mange forgreninger. Det er derfor viktig å sette seg inn i prosessen som skal kartlegges gjennom å danne seg et tydelig bilde av hva den innebærer.



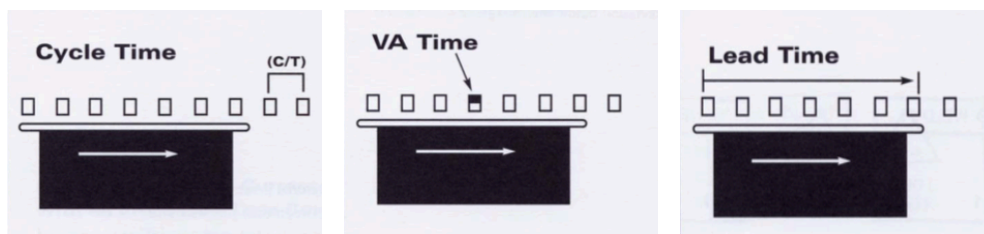
Figur 17: Kontinuerlig forbedring - Valg av kartlegging (Rother & Shook 1999)

Det er som oftest ikke mulig å analysere alle verdistrømmene ved for eksempel et større byggeprosjekt. Finnes det mange tydelig definerte prosesser er det viktig å velge ut enkelte for å kunne opprettholde oversikt, og kunne peke på tydelige forbedringsmuligheter (Chen et al. 2010). En måte å velge verdistrøm som ønskes kartlagt, kan være å se på hvilke prosesser som vil være med på å øke kundeverdien ved et prosjekt som nevnt i kapittelet om lean.

Hvor en verdistrøm starter og slutter er en viktig problemstilling å stille seg før man starter med en kartlegging. Her finnes det ikke noe tydelig svar i følge Lacerda et al. (2016). Skal man kartlegge en lengre arbeidsprosess som fører til et ferdig produkt er det viktig å se på dette fra ende til ende. Dette gjelder nok særlig i en industriell prosess.

Hvis man skal bruke verktøyet i et byggeprosjekt er det mange ulike fag og komplekse sammensetninger som kan gjøre det vanskelig å se en prosess fra start til slutt. Her er riktig avgrensning kritisk for gode resultater. Det kan være svært aktuelt å konsentrert studere spesifikke arbeidsprosesser for å kunne forbedre produktivitet og minimere sløsing med ressurser.

Til slutt er det viktig å tenke på å velge en representativ tidsperiode for en måling som beskrevet av Tyagi et al. (2015). Er det en lengre prosess med få etapper for material og informasjonsflyt ønsker man kanskje å kartlegge hele prosessen. I en byggeprosess er det ofte at en bygningsarbeider eller et arbeidslag utfører gjentakende aktiviteter. I en sãnn type situasjon er det mest oversiktlig å kartlegge en del av verdistrømmen og unnvike å kartlegge for eksempel materialtransport, lossing på området og bortkjøring av avfall. Her vil det være gunstig med tanke på forbedringsarbeid å konsentrere kartleggingen på en del av verdi-strømmen.



Figur 18: Ulike metoder for måling av tid (Rother & Shook 1999)

Når verdistrømkartlegging går ut på å måle tidsbruk i forhold til ulike aktiviteter i en produksjonsprosess, kan man gjøre dette ved å kartlegge med bakgrunn i forskjellige tidsperioder. Dette skal sees utifra hvordan det verdiskapende arbeidet utføres og hvordan det er definert.

I følge Rother og Shook (1999) kan man kartlegge tidsbruk på følgende måter avhengig av type prosesser man skal evaluere:

- Cycle time: Tiden det tar å ferdigstille et element eller produkt før man starter med en gjentakende prosess.

- VA time: Tiden det tar å bearbeide et element eller produkt som en del av en større prosess i henhold til en spesifikk avtale eller som tilfredsstillter kundens forventinger.
- Lead time: Tiden det tar hele veien igjennom en verdistrøm fra start til slutt for å ferdigstille et element eller et produkt.

I forhold til en byggeprosess kan "cycle time" være tiden man benytter på å sette opp et stenderverk før man går videre å produserer neste vegg på liknende måte. Med "VA time" menes tiden det tar å for eksempel montere et dekkelement eller å montere armeringsjern. Her omgjøres bygningsproduktet fra å være et element til å bli verdiskapende for kunden, altså å bringe byggeprosessen et skritt nærmere ferdigstillelse. Med "lead time" menes tiden det tar fra et produkt blir produsert, transportert og montert eller omgjort på en byggeplass. Det vil si hele verdistrømmen fra start til slutt.

Ved å kartlegge en del av en verdistrøm i en byggeprosess hvor man følger en bygningsarbeider, et arbeidslag eller en maskin er det mest aktuelt å konsentrere seg om det som er kalt "VA time". Ved å kartlegge på den måten fokuserer man på hvordan bygningsproduktene og materialene omgjøres til å kunne regnes som verdiskapende for kunden. Eksempelvis gir ikke et vindu lagret på en byggeplass noe verdi for kunden. Den verdiskapende tiden "VA time" er først når prosessen starter med å sette inn vinduet i veggene med medfølgende nødvendig arbeid for å gjennomføre oppgaven.

### 2.6.3 Kartlegging av en valgt verdistrøm

Det er vanlig å vurdere ulike verdistrømmer i forhold til hvor man ønsker å starte forbedringsarbeid før man velger ut en spesifikk prosess. Etter at man har bestemt seg for dette anbefaler Womack (2011) å gjennomføre det som kalles en "gemba walk". Dette betyr å gjøre seg kjent med den prosessen som skal kartlegges. Her skal man gå på byggeplassen å se hvilke aktiviteter som inngår i prosessen, stille spørsmål til de involverte og vise respekt.

Det er viktig å observere det faktiske arbeidet som gjøres for å skape verdier og ha fokus på kun det som er relatert til det utvalgte forbedringsområdet. I løpet av tiden på byggeplassen før en kartlegging har man forhåpentligvis fått god oversikt og sett hvor omfattende

verdistrømmen er. I løpet av planleggingen skal man også ha bestemt seg for hvilke målemetode av tidsbruk som er best tilpasset de ulike aktivitetene som inngår i den kommende kartleggingen.

Når man skal starte opp med å kartlegge en verdistrøm knyttet til en byggeprosess har Rother og Shook (1999) beskrevet noen forhold man burde ta hensyn til for å oppnå best mulig resultater:

- Skal man kartlegge en verdistrøm som forflytter seg over et større geografisk område burde man følge flyten av materialer og informasjon fra begynnelsen av prosessen og helt til der man har definert en slutt eller til produktet er ferdig bearbeidet.
- Begynn gjerne kartleggingen der produktet har gitt verdi til kunden og følg strømmen bakover da dette ofte er mer oversiktlig.
- En kartlegging skal skje ved at man tar tiden på de ulike aktivitetene selv, her skal man ikke stole på standard tider og informasjon.
- Forskjellige personer vil kartlegge en verdistrøm noe forskjellig, her er det viktig å fullføre alt på egenhånd uten å involvere andre.
- For å ha oversikt over en lengre verdistrøm kan man tegne enkle figurer som hjelper deg å opprettholde kontroll over hva som skjer i de ulike prosessene.

Det finnes flere måter å utføre en kartlegging og måle tiden av de ulike aktivitetene som inngår i en verdistrøm. Skal man kartlegge en spesifikk prosess i et byggeprosjekt kan et skjema for verdistrømkartlegging liknende det som beskrives i kapittelet om metode og forsøksplaner benyttes.

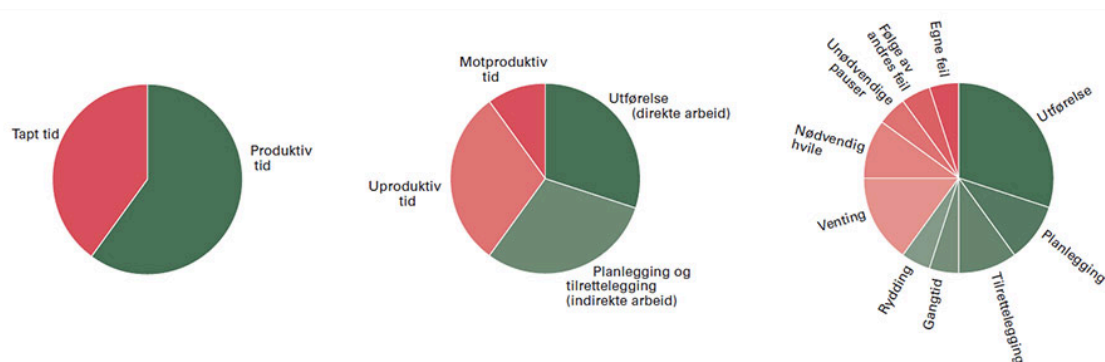
## 2.7 Involverende planlegging i Veidekke Entreprenør

### 2.7.1 Prosjektbasert produksjon for utvikling av gjennomføringsfasen

Bedriften Veidekke Entreprenør har utarbeidet metodikken involverende planlegging med inspirasjon fra lean construction. Det er blitt en viktig arbeidsmetode for å drive fremdriftsplanlegging i det de kaller prosjektbasert produksjon for å stadig kunne utvikle bedriften i gjennomføringsfasen. Hovedmålsetninger med metodikken er å redusere tapt

arbeidstid og skape flyt i produksjonen. Deres tilnærming får å nå disse målene er at alle aktører involveres i å planlegge arbeidsdagene.

Gjennom erfaring fra prosjektgjennomføring i byggebransjen over mange år er det spesielt to forhold som forårsaker dårlig flyt og tapt tid. Det ene er at aktivitetenes tidsforbruk varierer og dermed ikke kan forutsies nøyaktig og det andre er at en aktivitet ikke til enhver tid lar seg gjennomføre på en helt uhindret måte. Tidsforbruket i et typisk prosjekt i Veidekke kan dermed fordele som figuren viser (Veidekke 2016b):



Figur 19: Erfaring med tidsforbruk i gjennomføringsfasen (Veidekke 2016b)

Figuren viser en stor andel tapt tid i et typisk byggeprosjekt. Her ser man at omtrent en tredjedel vises som tapt arbeidstid. Interessant er det å merke seg blant annet delen med uproduktiv tid da det ikke skjer noen form for byggeaktivitet. I tillegg er delen med motproduktiv tid nokså stor da man ikke får gjennomført sine oppgaver, på grunn av at noen andre er til hinder eller på grunn av feil som oppstår.

### 2.7.2 Hovedelementer i involverende planlegging

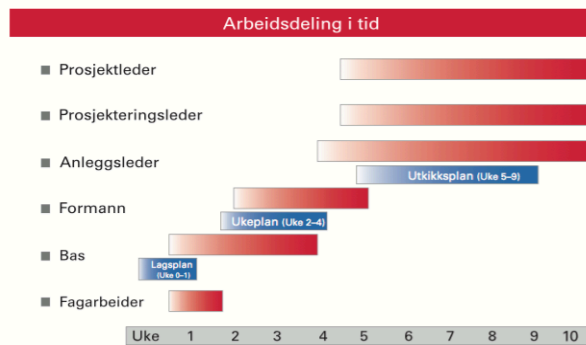
I henhold til Veidekke (2015b) handler involverende planlegging om:

- At planer lages i fellesskap av dem som skal gjøre arbeidet.
- At alle har kjennskap til og innflytelse på egne arbeidsoppgaver.
- Å lage planer gjennom å gi gjensidige løfter.
- Rullerende planlegging og økt detaljering av planen jo kortere tid det er til arbeidet skal utføres.
- Å fjerne hindringer og farer systematisk slik at aktivitetene kan foregå uhindret og trygt med tanke på HMS.

- Når planlagte aktiviteter ikke blir gjort skal årsaken finnes og samtidig skal man ta lærdom av avviket i fremtidig planlegging.
- Ulike plannivåer har ulike eiere.

For å redusere tapt arbeidstid og skape flyt i produksjon har Veidekke (2015b) utarbeidet fem ulike elementer som skal inngå i gjennomføring og planlegging av prosjekter:

1) Arbeidsdeling i tid: Dette vil si at ulike ledelsesnivåer planlegger ulike tidshorisonter. En prosjektleder planlegger gjerne overordnet mange aktiviteter over en lengre tidshorison inklusiv buffere mellom arbeidsprosesser. En formann derimot planlegger gjerne mer detaljert for de ulike aktivitetene akkurat de skal gjennomføre.



Figur 20: Planlegging av tidshorisonter i forhold til stilling (Veidekke 2015b)

2) Hindringsanalyse: Dette er en systematisk analyse for fjerning av hindringer ved hjelp av de syv forutsetningene. En aktivitet er optimalt planlagt når den kan utføres effektivt uten noen form for hindringer, samt ivaretar helse og sikkerhet. Når alle de syv forutsetningene er tilstede vil dette være en "sunn" aktivitet som Veidekke kaller det.



Figur 21: Syv forutsetninger for en "sunn" aktivitet (Veidekke 2015b)

3) Plansystemet: Dette går ut på at strategiske og langsiktige planer bare lages en gang i samarbeid med alle aktører. Senere i et prosjekt, og jo kortere tid det er til en spesifikk aktivitet skal gjennomføres detaljeres en plan for dette. Det overordnede plansystemet til Veidekke blir til ved noe de kaller "lappe-planlegging". Ved den metoden samles alle fagenheter, der alle oppgaver som inngår i gjennomføringsfasen beskrives på post-it lapper som festes på veggen. Dette blir så sortert i en logisk tidslinje og er med på å sikre at planlegging blir mest mulig optimal for å sikre en effektiv byggeprosess.



Figur 22: Planleggingsprosess med "lappe-planlegging" (UiO 2015)

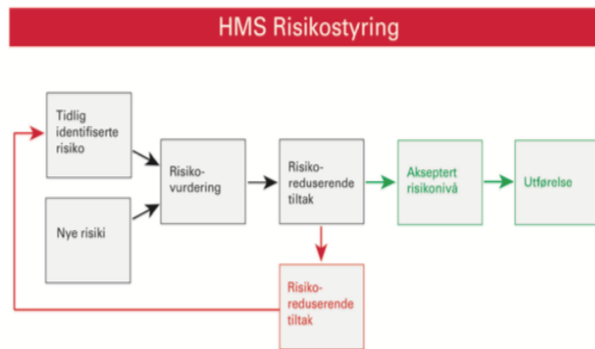
4) Møtestrukturen: Dette er tilpasset de ulike planene. Det er ulike møter for de som har med de strategiske langsiktige planene og de som har med de operative planene på kort sikt. Det er lagt opp til en hyppig møtestruktur spesielt for de operative planene med de aktørene som er der i det gjeldene tidsrommet. Dette for å eliminere hindringer og ta opp eventuelle problemer før det skjer på byggeplass.



Figur 23: Plan- og møtestruktur (Veidekke 2015b)

5) Risikostyring: Det blir jevnlig utført en systematisk analyse av risiko ved byggeplassen slik at man kan ta høyde for eventuelle farer. Dette er for at det ikke skal skje noen personskader eller ulykker samt at hensynet til nærmiljø og naboer skal være ivaretatt.





Figur 24: Risikostyring (Veidekke 2015b)

### 2.7.3 Effekter av involverende planlegging

Samspill, involvering og eierskap gir økt engasjement og gode prosesser i en omfattende byggeprosess. I følge Veidekke (2015c) er det spesielt to effekter av involverende planlegging som er særdeles viktige. Den første er eierskap til planene. Det er vanskeligere å kritisere prosessen hvis du har vært involvert i planleggingen av et prosjekt. Dette vil skape lojalitet til hverandre og forståelse for beslutningene. Det andre er respekt for andre fag. Alle byggeprosjekter er avhengige av at de forskjellige aktørene klarer å samarbeide på en god og effektiv måte. Gjennom involverende planlegging skapes det gode rammer for produktivt og godt samspill.

I Veidekke sine byggeprosjekter vil de komme ut for både nye og ukjente aktører som varierer ved de forskjellige byggeplassene. Mange av utfordringene vil i den sammenheng handle om logistikk og kommunikasjon. Fordelene med involverende planlegging er at ved hjelp av møter med aktører samt teknikken om lappe-planlegging, vil dette gjøre at utfordringer og problemer som oftest blir løst ved de forskjellige byggeaktivitetene. Metodikken avdekker i mange sammenhenger problemene før de oppstår. Planleggings-systemet er egentlig utarbeidet for å sikre effektive og forutsigbare prosjekter, men det gjør også jobben mer interessant for alle de involverte.

Lappe-planleggingen går i følge Veidekke (2015c) ut på å tidlig i prosessen samle alle fagenhetene der de forskjellige oppgavene beskrives på post-it lapper som festes på veggen. Dette blir så sortert i en tidslinje, og rekkefølgen blir dermed logisk for alle. Dette blir videreført til BIM, hvor framdriften og oppgavene fremstilles i en 3D-modell. Dette gjør det

mulig å avdekke overlappende prosesser og andre utfordringer. Modellen oppdateres fortløpende og gjennom daglige morgenmøter og ukentlige prosjektmøter sørges det for god informasjonsflyt.

Ved prosjekt Portalen utgjør logistikk i forhold til leveranser en betydelig utfordring for totalentreprenøren Veidekke. For å få prosjektet gjennomført i løpet av den planlagte tiden, må alle operasjoner overlappe hverandre effektivt. Byggeplassen er trang med få muligheter til å lagre materialer og utstyr. Samtidig har det vært viktig å vise hensyn ovenfor naboer og nærmiljø. Med mange forskjellige aktører har de utarbeidet et eget system for levering av materialer og utstyr. Alle leveranser må bookes inn, helst en uke i forveien, for deretter vil leveransen få en bestemt tid til lossing og en gitt lastesone. Aktørene booker selv tid i systemet, og de blir dermed aktive i planleggingen (Veidekke 2015c).

#### 2.7.4 Forbedringsarbeid i bedriften

I følge Veidekke er målet med forbedringsarbeid å utvikle virksomheten gjennom involvering av alle ansatte, noe som betyr alt fra håndverkere til funksjonærer og ledere. I følge bedriften er en forutsetning for å lykkes med forbedringsarbeid at prosessen gjennomføres på en strukturert og involverende måte. Involvering av medarbeidere medfører et ansvar om å respektere den enkelte og motta innspill med åpenhet.

Sirkelen kalt PDCA som ble presentert i kapitlet om verdistrømkartlegging viser at for å kunne forbedre en bedrift og effektivisere en byggeprosess starter dette med å planlegge. Først skjer dette med overordnede planer og jo nærmere man kommer gjennomføring skjer en detaljplanlegging av oppgavene. Arbeidsprosessen vil så bli utført og i den sammenheng har bedriften muligheten til å kontrollere eller kartlegge for å kunne drive forbedringsarbeid. Her kan det for eksempel benyttes verdistrømkartlegging hvor man kan innhente data om arbeidsflyt og tidsbruk. Etter å ha analysert en kartlegging eller gjennomgått en kontroll vil det være viktig å korrigere den typen byggeaktivitet og lære av funnene til neste liknende prosess. Her er det viktig å informere de ansatte i prosessen.

Bedriften mener at forbedringsarbeidet er på sitt beste når (Veidekke 2015a):

- Alle knyttet til en forbedringsprosess er involvert
- Skaper engasjement og entusiasme
- Fokuserer på det vesentlige
- Tar i bruk all tilgjengelig kompetanse og kreativitet
- Utløser konkrete målrettede tiltak
- Gir resultater både på kort og lang sikt
- Gir alle en god opplevelse



## 3. Metode og forsøksplaner

### 3.1 Metode for kartlegging

Verdistrømkartleggingen av ulike arbeidsprosesser har foregått ved prosjekt Portalen hovedsakelig i tidsrommet mars og april. Det benyttes en kvantitativ forskningsmetode og tilnærming for å vise hvordan man kan avdekke ikke-verdiskapende aktiviteter. Metoden baserer seg på å gjennomføre egne forsøk for måling av tidsbruk hvor fremgangsmåte, informasjon om kartleggingen og ulike hensyn beskrives i dette kapitlet.

Verktøyet er som beskrevet i kapitlet om verdistrømkartlegging laget for analysere prosesser eller enkelte spesifikke aktiviteter for å avdekke sløsing ved et byggeprosjekt. Formålet med forsøkene som gjennomføres er å få en konkret oversikt over verdistrømmen knyttet til spesifikke prosesser for en håndverker. Deretter skal man kunne bruke resultatene som utgangspunkt for en forbedringsprosess med hensikt å redusere eller eliminere sløsing med ressurser.

Verdistrømkartleggingene har blitt gjennomført ved å ta tiden på ulike aktiviteter som inngår i arbeidsprosesser ved prosjektet, og notere dette for hånd på byggeplass i et skjema som blir presentert i dette kapitlet. De oppførte notatene i skjemaet er deretter blitt ført inn i et regneark hvor det er blitt bygget opp en modell for å kunne fremstille resultatene overordnet og ytterligere detaljert i forhold til spesifikke aktiviteter.

Som vedlegg i oppgaven ligger et eksempel på hvordan verdistrømkartleggingen er utført for hånd på byggeplass samt et eksempel av regnearkmodellen. I regnearket er håndnotatene lagt inn for å produsere grafer og figurer tilknyttet resultatkapitlet. Det er ikke valgt å legge ved alle dokumentene til kartleggingene da et eksempel vil vise den generelle arbeidsprosessen og fremgangsmetodene som er blitt benyttet i arbeidet. Totalt utgjør kartleggingene over 30 sider håndnotater i tillegg til fremstillinger i regneark.

Det er i alt gjennomført fem verdistrømkartlegginger. Disse er valgt utifra hvilke arbeidsoppgaver som fant sted i det tidsrommet forsøkene skulle skje. Ved prosjektet var

det mange ulike arbeidsprosesser, men de som er valgt ut er gjort for å kunne vise nokså forskjellige oppgaver. Håndverkerne som blir kartlagt noen timer av sin arbeidsdag er ikke blitt informert om dette på forhånd ettersom det har vært viktig å ikke påvirke disse til å jobbe noe annerledes enn dem ellers gjør ved en vanlig arbeidsdag.

Det kan vise seg å være produktivitetsforskjeller ved ulike kontrakttyper i prosjektet og at dette kan være med å påvirke resultatene. Dette er allikevel ikke sett på som særlig relevant, da oppgaven i hovedsak skal undersøke metoden for kartlegging. Gjennom arbeidet med masteroppgaven har det ikke vært mulig å kartlegge større mengder med arbeidsprosesser og kartleggingene må derfor sees på som stikkprøver. Det skal også nevnes at forsøkene er gjennomført i en tidsperiode av dagen da det sannsynligvis er produktivt verdiskapende arbeid og ikke på slutten av dagen da for eksempel tiden kan være preget av opprydning.

Det er mulig å eksempelvis følge materialer eller bygningsprodukter frem til ferdig verdiskapende elementer i en produksjonsprosess og da følge hele verdistrømmen. Ved forsøkene i denne masteroppgaven er det istedet valgt å benytte en metode som følger en håndverker gjennom sine aktiviteter. Dette har gjort kartleggingene veldig konkrete og oversiktlig å følge. Kartleggingene er representative for denne fasen av byggeprosjektet med arbeidsprosesser preget av mange repetitive og like oppgaver.

Som beskrevet i kapittelet om verdistrømkartlegging er det minst tre ulike metoder å kartlegge en arbeidsprosess med tanke tidsmålinger. Det er blitt valgt å gjennomføre forsøkene ved å studere den verdiskapende tiden knyttet til håndverkerne. Dette er tiden det tar å bearbeide et bygningsmateriale om til en verdiskapende enhet for kunden. Målinger av tid på denne måten ligger tett opp til TFV-teorien der en håndverker omgjør en "input" i form av materialer og arbeidstimer til en verdiskapende "output".

Til slutt skal det nevnes at før hver verdistrømkartlegging er det blitt gjennomført en "gemba walk" for å bli kjent med de ulike byggeprosessene. Dette har vært en viktig del metoden for å være sikker på hvilke prosesser som skaper verdi for kunden og hva som betraktes som verdiskapende aktiviteter. Forberedelsene har blitt gjennomført litt annerledes enn forklart tidligere da hverken håndverkere eller byggeledere har blitt involvert.

### 3.2 Oversikt over byggene og området ved prosjektet



Figur 25: Byggene ved portalen (Veidekke 2016d)

På bildet vises en oversikt over hvordan byggene ved prosjektet er plassert på jernbanetomten ved Lillestrøm. Hvor på området og i hvilket bygg verdistrømkartleggingene er gjennomført vil bli referert til dette oversiktsbildet. Oversikten vises med grunnlag i at det skal være med på å gi en større forståelse for gjennomføringen av de ulike verdistrømmene.

Antall etasjer/plan ved de ulike byggene målt fra bakkenivå:

Hotell: 12 etasjer

Boligbygg A og B: 8 etasjer

Kontor: 10 etasjer

To stasjonære kraner som bidrar med lossing og gjennomføring av oppgaver er satt opp mellom hotell og boligbygg A samt mellom boligbygg B og kontoret. En del materialer og utstyr som skal benyttes i de ulike etasjene er heist opp på de respektive dekkene underveis i byggeprosessen. Dette gjør at håndverksgruppene slipper å transportere større mengder med materialer i byggeprosessen, men heller kan konsentrere seg om å frakte verktøy og nødvendig utstyr. Det er stillas på utsiden av byggene håndverkere kan benytte samt heis i kontorbygget. Hovedlager for materialer og utstyr er mellom boligbyggene.

### 3.3 Skjemaet for verdistrømkartlegging

Skjemaet som vist under er det som er benyttet for å gjennomføre de ulike kartleggingene av arbeidsprosesser ved byggeprosjektet. Her blir det gjennomgått hvordan man benytter seg av skjemaet og hva de ulike symbolene med beskrivelser innebærer ved en kartlegging.

**OBSERVASJONS REGISTRERING**

AKTIVITET

---

PERSON OBSERVERT

---

ANTALL MEDARBEIDERE

---

ARBEIDSTASJON OG LOKASJON

---

DATO

---

OBSERVANT

---

SKISSER ARBEIDSSOMRÅDET I BOKSEN.  
HUSK Å INDIKER FLYT MED PILER.

**ILLUSTRASJON**

**NOTATER OG SPESIELLE TEGNFORKLARINGER**

KRYSS AV FOR PASSENDE SYMBOL  
SOM REPRERENTERER AKTIVITETEN

TID			AKTIVITET OG NOTATER	MØTE	MOBILISERING	HENTING	FORBEREDELSE	PRODUKSJON	INSTALLERING	LETING	AVKLARING	VENTING	INSPEKSJON	TRANSPORT	LAGRING
T	M	S													
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆
				∞	+	↑	■	⋄	○	?	\$	⊗	☑	→	◆

TOTAL TID BRUKT \_\_\_\_\_ Side \_\_\_ av \_\_\_

Figur 26: Skjema for verdistrømkartlegging benyttet av Veidekke Entreprenør

Før kartleggingen starter skriver man inn i feltet for registrering knyttet til den valgte observasjonen. Her fyller man inn type prosess med aktiviteter man kartlegger, hvilke personer man observerer og hvor på byggeplassen man befinner seg. I illustrasjonsfeltet kan man lage en enkel skisse av hvordan verdistrømmen er knyttet til arbeidsprosessen. I ruten for notater kan man skrive hvilke aktiviteter som regnes som verdiskapende, nødvendige og ikke-verdiskapende i forhold til kartleggingsprosessen, eller om det er noen spesielle hendelser man ønsker å kommentere mer spesifikt.



Når man begynner å ta tiden på de ulike aktivitetene som inngår i kartleggingen fyller man inn tidsbruk i rubrikkene på venstre side. Samtidig gir man en beskrivelse i feltet ved siden av hva som skjer knyttet til den spesifikke aktiviteten eller hvorfor enkelte hendelser oppstår. I tillegg til å fylle ut tid samt en beskrivelse krysser man av for det symbolet som passer den aktuelle aktiviteten i verdistrømmen. Når en ny aktivitet begynner i verdistrømmen starter man med å fylle ut en ny linje i skjemaet. Betydningen av de ulike symbolene i skjemaet for verdistrømkartlegging beskrives ytterligere nedenfor:

Verdiskapende aktiviteter:

- Produksjon: Fysisk omgjøring av et produkt til en verdiskapende enhet
- Installering: Montering av et produkt på byggeplassen

Nødvendige aktiviteter eller Ikke-verdiskapende aktiviteter:

- Møte: Et møte før en arbeidsprosess begynner
- Mobilisering: Forflytning eller klargjøring av arbeidsutstyr inne på byggeplassen
- Henting: Henting av verktøy, materialer og utstyr
- Forberedelse: Rydding eller klargjøring for en kommende aktivitet
- Avklaring: Avklaringer underveis vedrørende aktiviteten
- Inspeksjon: Kontroll av produkt eller materialer man utfører selv eller som blir levert
- Transport: Gjelder transport til byggeplass
- Lagring: Mellomlagring eller unødvendig lagring på byggeplass
- Leting: Tapt tid ved at man leter etter verktøy, utstyr og materialer
- Venting: Personlig uproduktiv tid, forsinkelser, venting på andre faggrupper eller hendelser som gjør at planlagt oppgave ikke kan utføres som forventet

Når man utfører en verdistrømkartlegging er det viktig å skille mellom de nødvendige aktivitetene og de ikke-verdiskapende aktivitetene som beskrevet tidligere i kapitlet. Et symbol i skjemaet kan bli kategorisert som nødvendig ved en byggeprosess, mens i et annet tilfelle ikke-verdiskapene, dette avhenger av om aktiviteten faktisk var nødvendig for å utføre det verdiskapende arbeidet. I forhold til symbolene er leting og venting uten unntak ikke-verdiskapene ved alle byggeprosesser.

### 3.4 Forsøksplaner

I tabellen presenteres de utvalgte verdistrømkartleggingene som er gjennomført ved prosjekt Portalen på Lillestrøm og under følger en beskrivelse av arbeidsoppgavene ved de ulike byggeprosessene.

Tabell 3: Forsøksplaner for verdistrømkartlegging

Forsøksnummer	Beskrivelse av byggeprosess
Verdistrømkartlegging 1	Graving ved grunnarbeider
Verdistrømkartlegging 2	Armering før dekkestøp
Verdistrømkartlegging 3	Tømrer setter opp stenderverk
Verdistrømkartlegging 4	Montere brannhemmende plater
Verdistrømkartlegging 5	Installere plattendekker

I verdistrømkartlegging 1 er det blitt analysert en grunnarbeider i en gravemaskin med arbeidsoppgaver på tomten der kontoret bygges. Prosessen som skulle gjøres inneholdt å fylle på underlaget med tilkjørte masser bestående av pukk og grus rundt forskalingen til fundamenter. I tillegg skulle gravemaskinføreren fylle grus over en isolasjonsduk som ble lagt av andre grunnarbeidere tilhørende prosessen.

I verdistrømkartlegging 2 er det blitt analysert en håndverker som jobbet i åttende etasje ved boligbygg B. Arbeidsoppgavene i dette tilfellet gikk ut på å sette ut avstandsbøyler og montere overkantarmoring da underkantarmoring allerede var blitt lagt. Her ble det gjennomført kapping av armeringsjern, henting av nødvendige deler fra et hovedjernlager på det samme dekket og montering av jernene fast i hverandre.

I verdistrømkartlegging 3 er det blitt analysert en håndverker som jobbet i femte etasje ved boligbygg B. Her skulle fasaden settes opp med toppsvill, bunnsvill og stendere samt tilpasninger rundt veggåpninger. Etasjeskillet var utført i støpt betong. Arbeidsoppgavene gikk forøvrig ut på å kappe materialer, oppmåling, montere laftestrimler og borre festepunkter i betongen.

I verdistrømkartlegging 4 er det blitt analysert en håndverker som jobbet på utsiden av kontorbygget, hovedsakelig i fjerde etasje. Han benyttet seg av en mobilkran stående på fortauet til å forflytte seg rundt på utsiden. Her gikk arbeidsoppgavene ut på å montere brannhemmende plater på utsiden av stålsøylene før fasadelementer skulle monteres som neste steg i prosessen. Platene monteres med spesielle festeanordninger der prosessen også inneholdt henting av plater nede ved bakkenivå, oppmåling og kutte til materialer.

I verdistrømkartlegging 5 er det blitt analysert en håndverker i samarbeid med flere som jobbet i åttende etasje ved boligbygg A. Her skulle plattendekker monteres på allerede oppsatte stålsøyer og bærende betongvegger. Et plattendekke er et ferdig prefabrikkert betongelement som også er delvis armert. Her kan man legge tekniske føringer og fullføre armeringen før elementene støpes sammen til ett sammenhengende etasjeskille.

Arbeidsoppgavene i denne sammenhengen gikk ut på å plassere dekkeelementet på riktig plass ved hjelp av en større kran. I påvente av at neste element skulle heises opp til etasjen var det enkelte montasjeoppgaver tilknyttet dekket som måtte gjennomføres. Her inngikk også sikkerhetsoppgaver, siden det ikke var montert gjerde, ordning med verktøy og klargjøring av der dekkene skulle legges på plass.



## 4. Resultater

I dette kapittelet vises resultatene og en oppsummering av de verdistrømkartleggingene som ble presentert i det forrige kapittelet.

### 4.1 Verdistrømkartlegging 1 – Graving og fylling

Tabell 4: Informasjon om verdistrømkartlegging 1

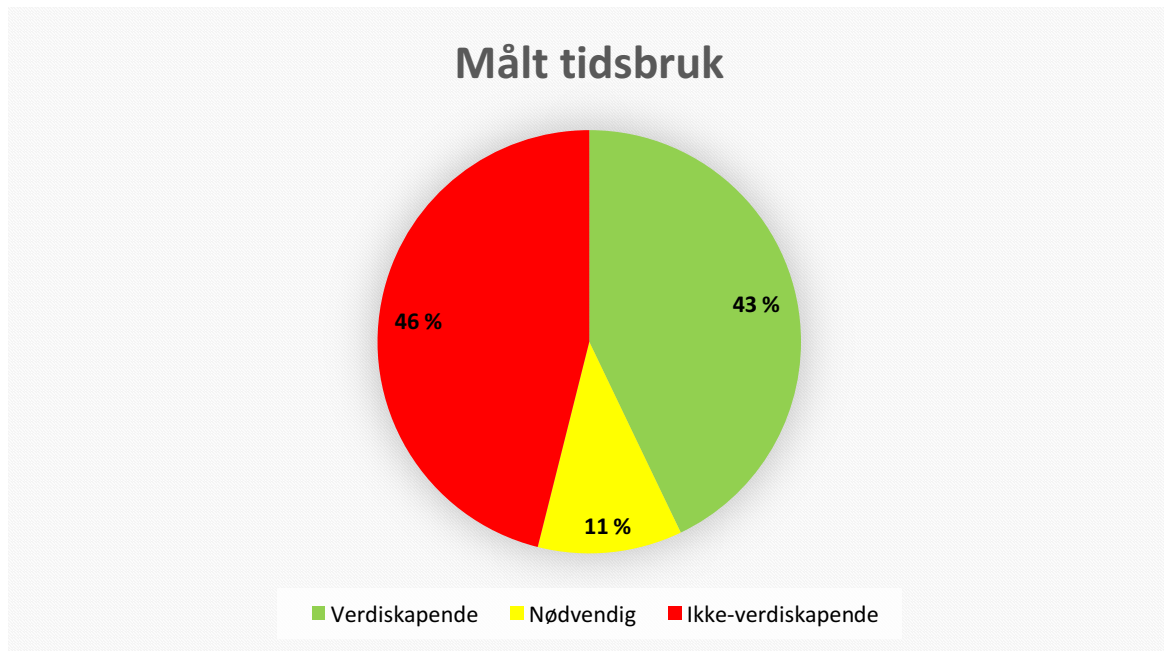
Dato	18 august 2015
Tid	08.40 – 9.35
Sted	Grunnarbeider kontortomt
Arbeidsprosess	Fylle og planere med pukk og grus før dekkestøp
Antall medarbeidere	1-2



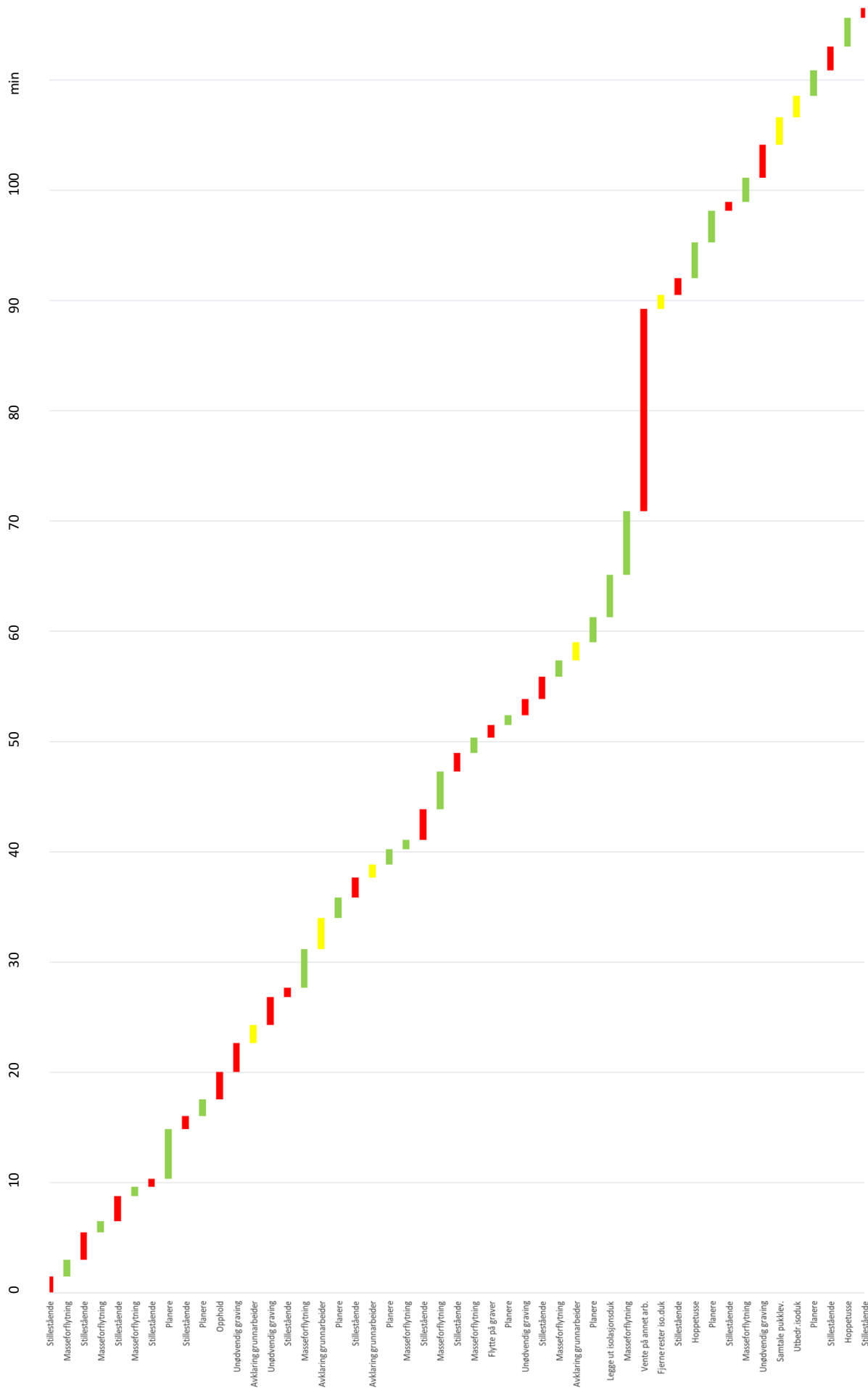
Figur 27: Oversiktsbilde over graving og oppfylling av grunn

Tabell 5: Oversikt over aktivitetene ved graving

Aktivitet	Beskrivelse
Verdiskapende	Masseforflytning Planere Legge ut isolasjonsduk Komprimering av underlaget
Nødvendig	Avklaring med grunnarbeider Samtale med pukkleverandør Utbedre isolasjonsduk
Ikke-verdiskapende	Stillestående Unødvendig graving Flytte på gravemaskin Vente på annet støpearbeid



Figur 28: Målt tidsbruk ved graving



Figur 29: Detaljert diagram over aktivitetene ved graving



## 4.2 Verdistrømkartlegging 2 – Armering før dekkestøp

Tabell 6: Informasjon om verdistrømkartlegging 2

Dato	02 mars 2016
Tid	12.30 – 14.08
Sted	8 etasje i boligbygg B
Arbeidsprosess	Legge ut og feste armeringsjern
Antall medarbeidere	1-2

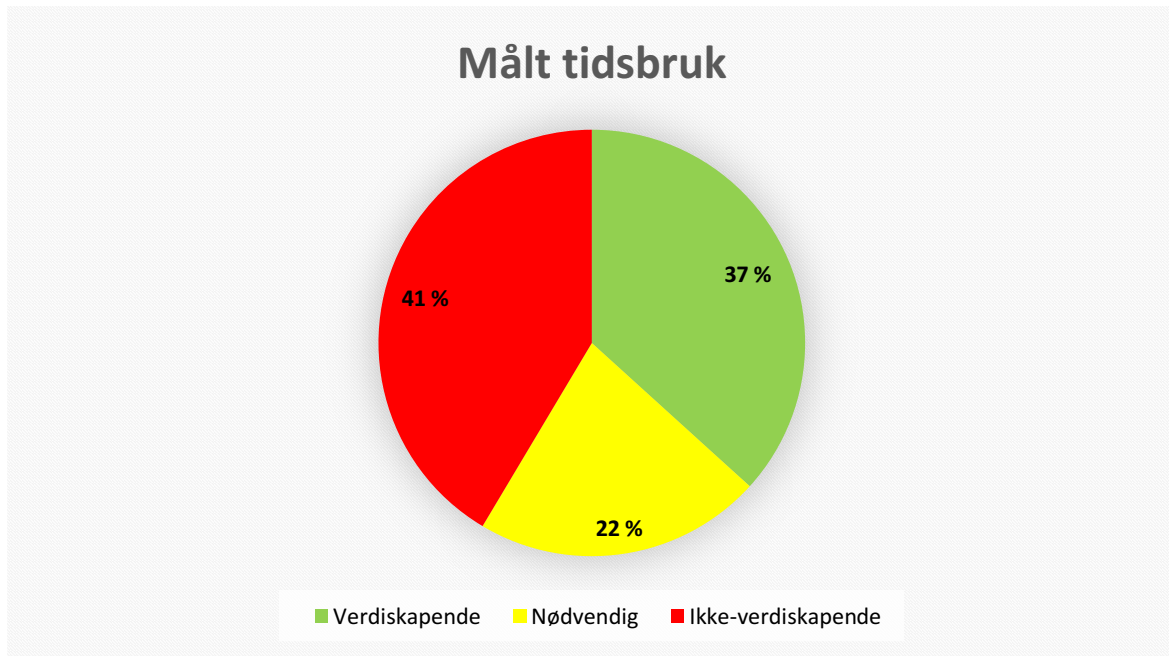


Figur 30: Oversiktsbilde over monteringen av armering

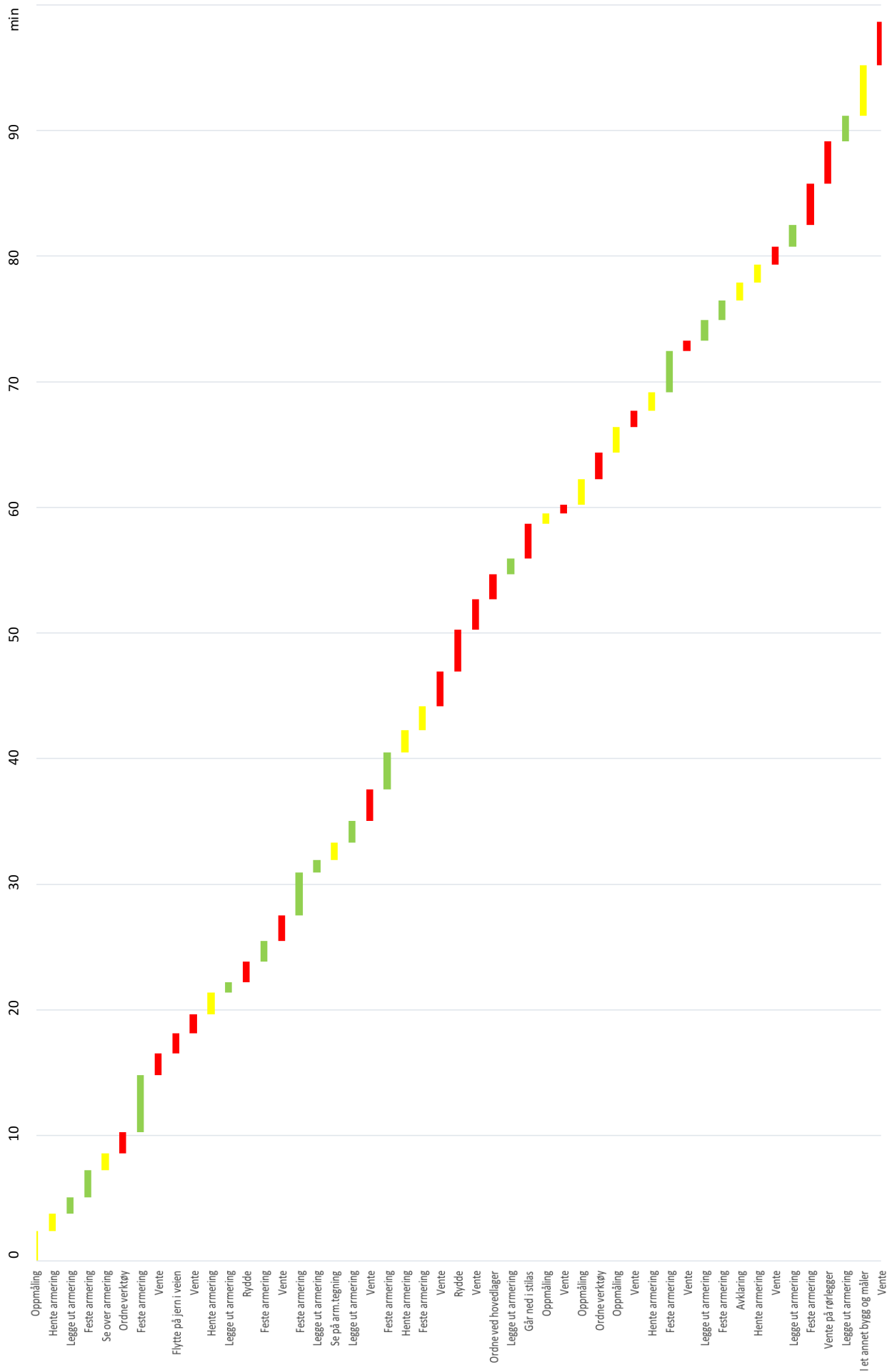


Tabell 7: Oversikt over aktivitetene ved armering

Aktivitet	Beskrivelse
Verdiskapende	Legge ut armeringsjern Feste armeringsjern
Nødvendig	Lese armeringstegning Hente armeringsjern fra hovedjernlager til produksjon Oppmåling
Ikke-verdiskapende	Vente Flytte på armeringsjern som ligger i veien for produksjon Rydde og ordne ved hovedjernlager Vente på rørlegger Ordne verktøy Gå ned i stillas



Figur 31: Målt tidsbruk ved armering

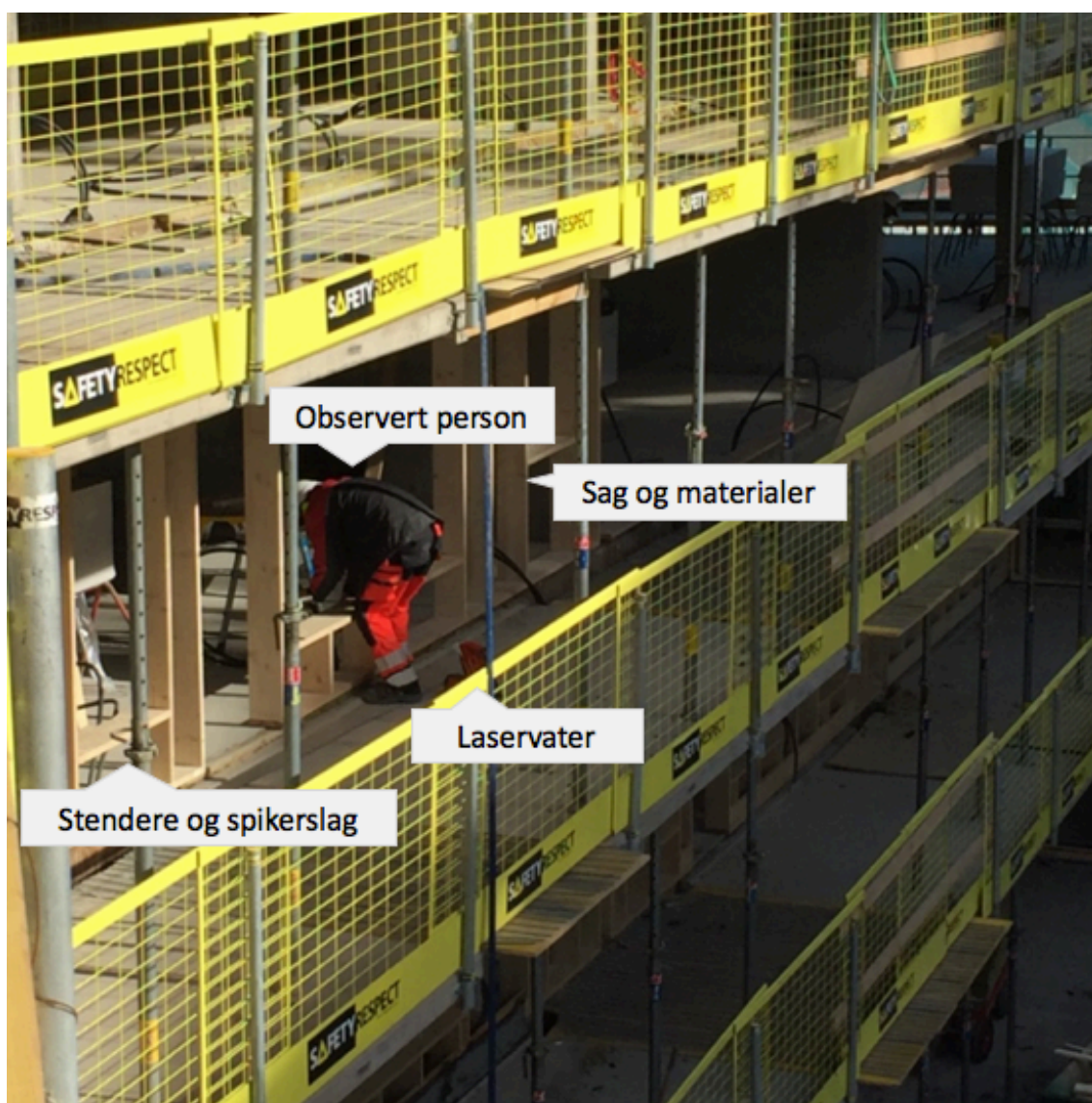


Figur 32: Detaljert diagram over aktivitetene ved armering

### 4.3 Verdistrømkartlegging 3 – Sette opp stenderverk

Tabell 8: Informasjon om verdistrømkartlegging 3

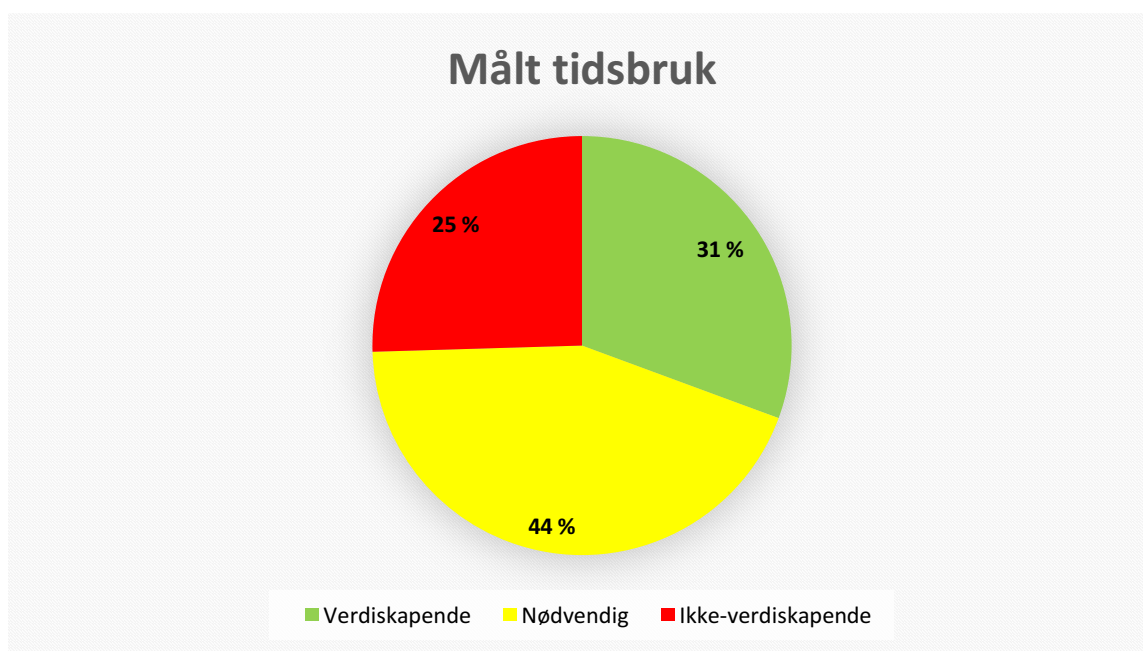
Dato	07 mars 2016
Tid	08.12 – 11.04
Sted	3 etasje i boligbygg B
Arbeidsprosess	Sette opp sviller, stendere og spikerslag i fasaden
Antall medarbeidere	Arbeidet alene



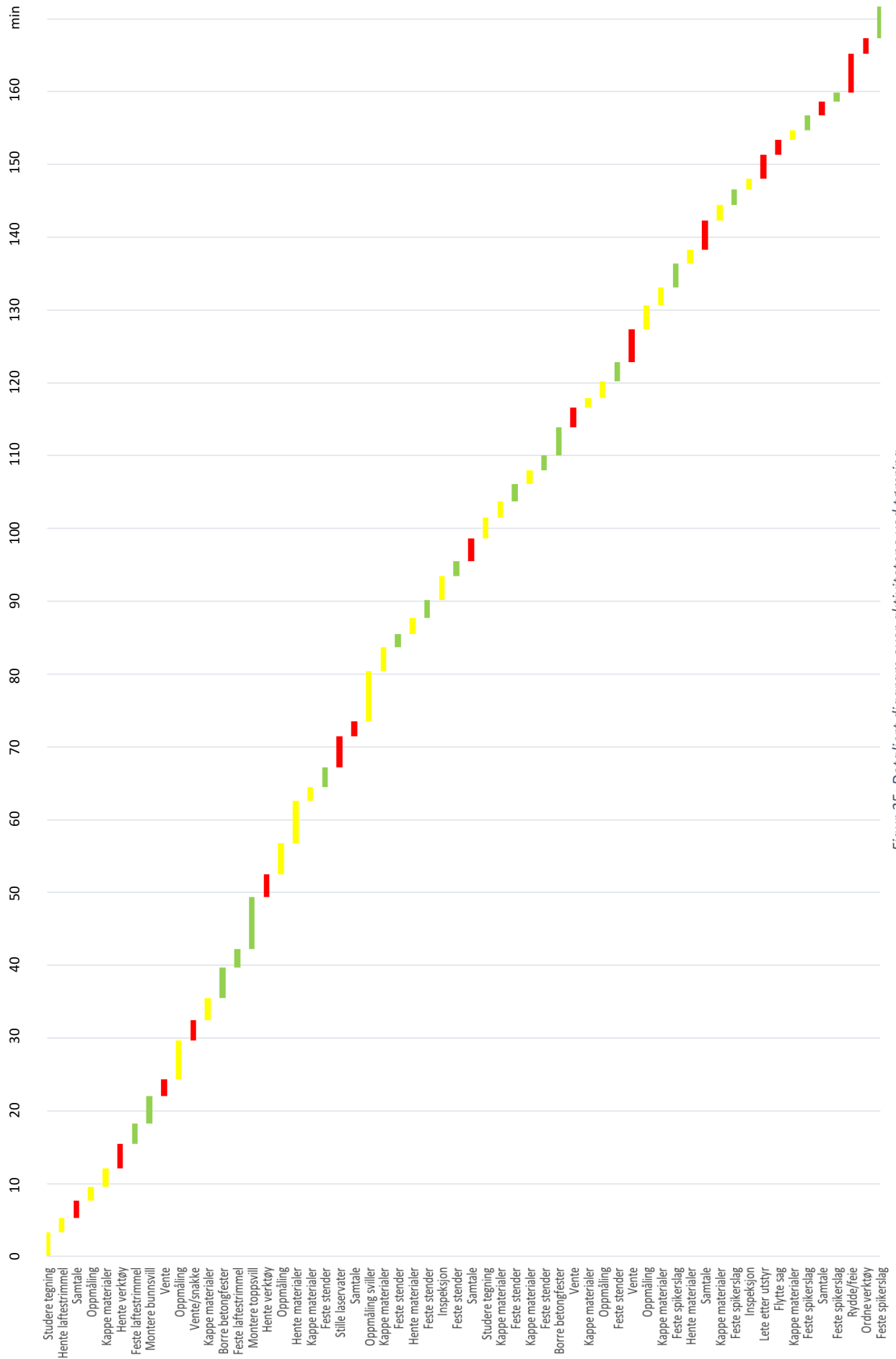
Figur 33: Oversiktsbilde over tømring av stenderverksvegg

Tabell 9: Oversikt over aktivitetene ved tømring

Aktivitet	Beskrivelse
Verdiskapende	Feste laftestrimmel Montere sviller Borre betongfester Feste stendere Feste horisontale spikerfester
Nødvendig	Lese arbeidstegning Hente laftestrimmel Oppmåling Kappe materialer Inspeksjon av eget arbeid Hente materialer
Ikke-verdiskapende	Samtale Vente Hente verktøy Stille inn laservater Lete etter utstyr og verktøy Flytte kappsag Rydde og feie



Figur 34: Målt tidsbruk ved tømring

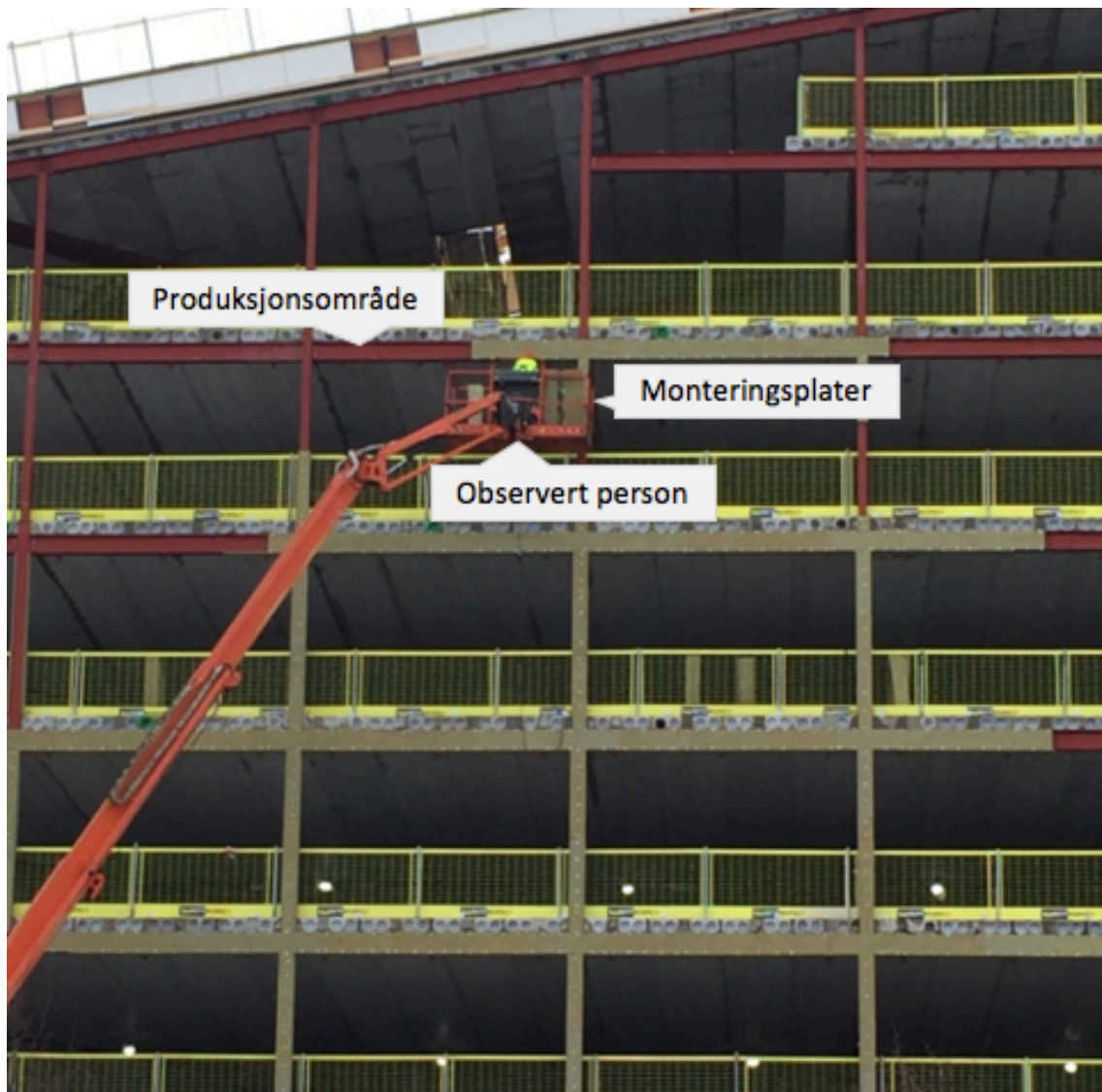


Figur 35: Detaljert diagram over aktivitetene ved tørring

#### 4.4 Verdistrømkartlegging 4 – Montere brannhemmende plater

Tabell 10: Informasjon om verdistrømkartlegging 4

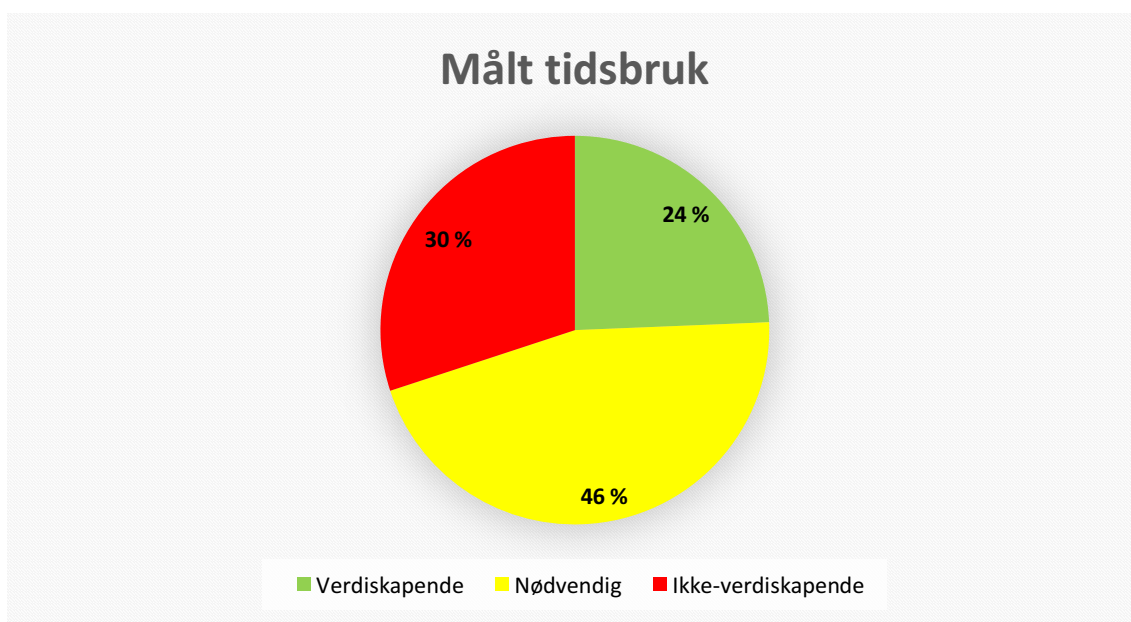
Dato	15 mars 2016
Tid	15.34 – 18.12
Sted	Utsiden av kontorbygget mot Norges Varemesse
Arbeidsprosess	Skru fast brannhemmende plater på bæresystemet i stål
Antall medarbeidere	1



Figur 36: Oversiktsbilde over montering av brannhemmende plater

Tabell 11: Oversikt over aktivitetene ved montering av brannhemmende plater

Aktivitet	Beskrivelse
Verdiskapende	Montere brannhemmende plate
Nødvendig	Avklaring med medarbeider Posisjonere kran Oppmåling Kappe brannhemmende plater Hente brannhemmende plater
Ikke-verdiskapende	Vente Samtale Ordne med verktøy Ordne med strømkabel Flytte kran Flytte gjerdet



Figur 37: Målt tid ved montering av brannhemmende plater



Figur 38: Detaljert diagram over aktivitetene ved montering av brannhemmende plater



## 4.5 Verdistrømkartlegging 5 – Installere plattendekker

Tabell 12: Informasjon om verdistrømkartlegging 5

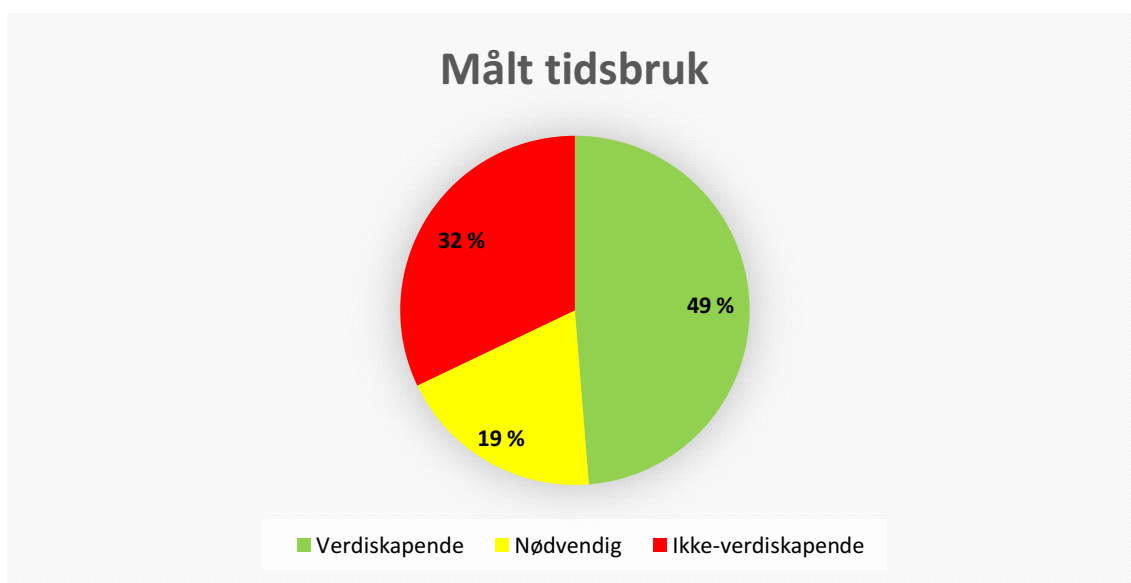
Dato	18 mars 2016
Tid	13.40 – 16.26
Sted	8 etasje i boligbygg A
Arbeidsprosess	Installere plattendekkene og montere bolter
Antall medarbeidere	2-3



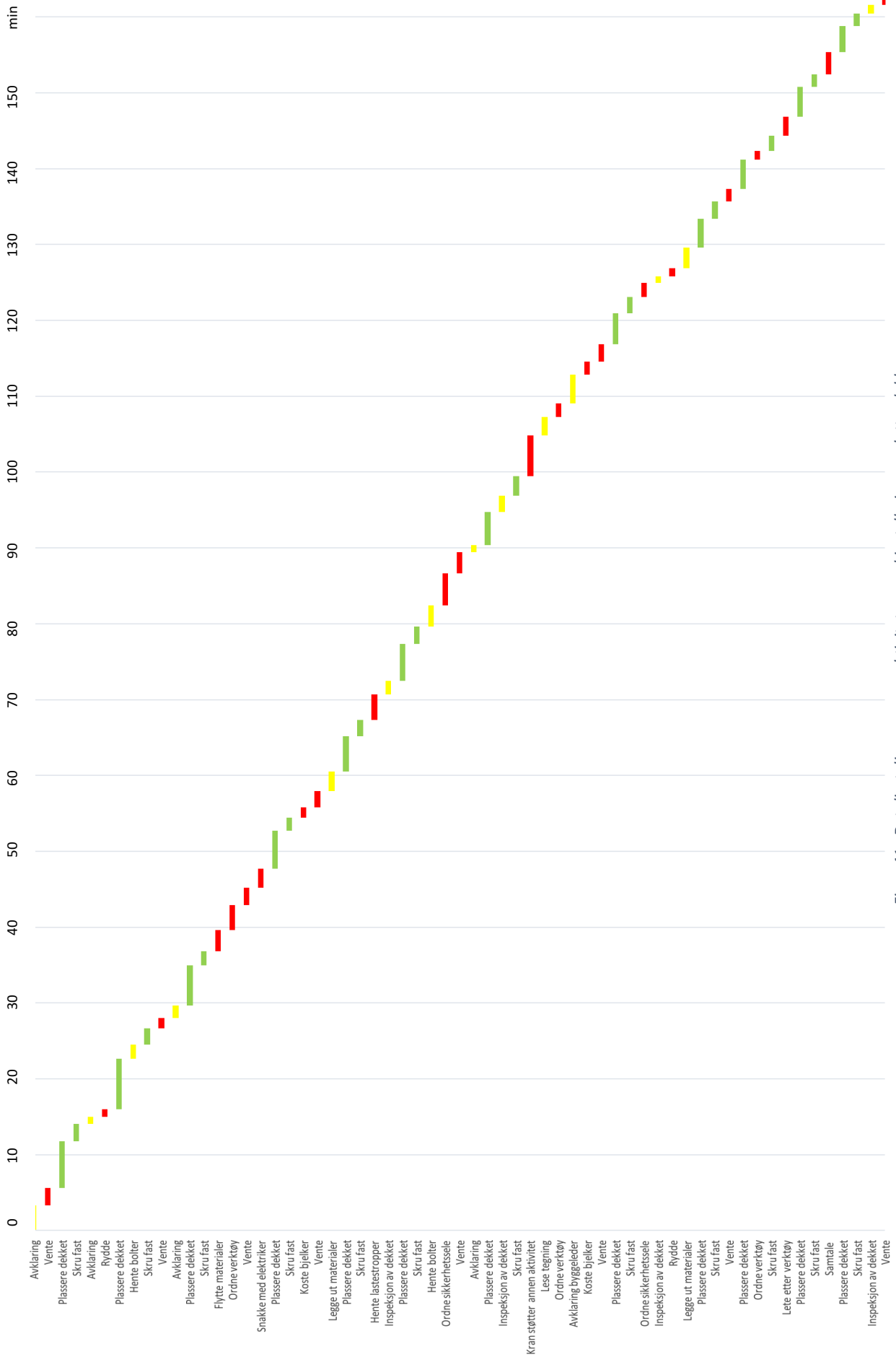
Figur 39: Oversiktsbilde over installering av plattendekker

Tabell 13: Oversikt over aktivitetene ved installering av plattendekker

Aktivitet	Beskrivelse
Verdiskapende	Plassere plattendekket Skru fast bolter
Nødvendig	Avklaring med medarbeidere Hente bolter Inspeksjon av dekkeelementene Legge ut materialer Avklaring med byggeleder Lese arbeidstegning
Ikke-verdiskapende	Vente Samtale Ordne med verktøy Rydde Hente lastestropper Ordne sikkerhetssele Koste bjelker og dekket Lete etter verktøy



Figur 40: Målt tid ved installering av plattendekker



Figur 41: Detaljert diagram over aktivitetene ved installering av plattendecker



## 5. Diskusjon

I dette kapittelet blir problemstillingen og de tilhørende forskningsspørsmålene diskutert og besvart med bakgrunn i resultatene og den beskrevne teoridelen.

### 5.1 Avdekking av ikke-verdiskapende aktiviteter ved bruk av verdistrømkartlegging

Som beskrevet i teoridelen er byggebransjen både nasjonalt og internasjonalt over lengre tid vært preget av lav og fallende produktivitet. Det oppleves i dag økende konkurranse fra utlandet og fallende økonomiske marginer ved anbudskonkurranser. Selv om næringen på mange måter er styrt av politiske retningslinjer er det allikevel bransjen selv som må ta store deler av ansvaret for forbedringsarbeid, kulturendringer og heve kompetansenivået.

Den fallende tendensen blir av mange sett på som en alvorlig utvikling og behovet for forbedring blir ved stadighet påpekt. Blant annet Alarcón (1997), Forbes og Ahmed (2011), Koskela (1993) og Womack og Jones (1996) har alle omtalt grunner til den fallende produktiviteten. Her blir ofte de syv for formene for sløsing beskrevet som viktige årsaker til bransjens problemer. I forhold til sløsing med tid kan blant annet økende krav til kontroller ved byggeplass, økende grad av spesifikasjoner til bygningselementer og nye utførelsesstandarder være med på å påvirke arbeidsdagen. I tillegg kan man tenke seg at økende bruk av unike teknologiske løsninger og bygging av flere moderne konstruksjoner vil påvirke produktivitet.

Forskningen i byggebransjen er stadig under utvikling, og i mange land ser man de samme nedadgående tendensene. Et spørsmål som er verdt å stille seg er hvorvidt bransjen kan forbedre seg ved å få presentert mulige årsaker til sløsing med ressurser. Får å kunne oppnå forbedring av produktivitet i byggebransjen og spesielt blant entreprenører er det sannsynligvis avgjørende at bedriftene selv tar ansvar for kartlegging og analysering av deres produksjonsprosesser. Dette krever at bransjen og tilknyttede miljøer er villig til å bruke ressurser på forbedringsarbeid og at det utarbeides gode metoder for dette formålet. Det fremstår derfor som essensielt at bedrifter på egenhånd uavhengig av størrelse og uten for omfattende bruk av ressurser kan drive kartlegging og videre utvikling. Et interessant spørsmål blir da om det er blitt brukt for mye ressurser på å kartlegge bransjen og

bakenforliggende årsaker til sløsing, fremfor å utvikle gode metoder bedrifter kan implementere for å drive forbedringsarbeid som ved bruk av verdistrømkartlegging.

Det er viktig å kommentere hva egentlig forbedringsarbeid i et byggeprosjekt betyr. Det som peker seg ut som svært sentralt er spørsmålet om hva kunden forventer seg av en byggeprosess. Her kan man betrakte og analysere den store helheten av et byggeprosjekt eller gå ned på detaljnivå ved produksjon på byggeplass. Ved forbedringsarbeid søker man uansett etter å maksimere kundeverdien samtidig som man har et mål om å minimere sløsing i entreprenørbedriften som nevnt i kapittelet om lean. Dette betyr egentlig å søke etter forbedringer helt til man kan levere akkurat det kunden ønsker uten noe form for sløsing. Dette er selvsagt ikke gjennomførbart ved et byggeprosjekt i dagens samfunn, men å redusere sløsing betraktelig vil være oppnåelig for bransjen.

Gjennom arbeidet med masteroppgaven og teoridelen samt egne kartlegginger av byggeprosesser ved Portalen har bruken av arbeidstid pekt seg ut som en særdeles viktig årsak til sløsing med ressurser. Som beskrevet tidligere er ikke-verdiskapende tidsbruk og nødvendig tidsbruk å betrakte som en av de syv formene for sløsing med ressurser. Som beskrevet i teoridelen har Josephson og Saukkoripi (2005) beskrevet at uproduktiv anvendelse av dagen og sløsing bare i form av venting kan utgjøre opp mot 10 % av et byggeprosjekt sine produksjonskostnader. Koskela (1993) viser til et annet interessant funn hvor han beskriver at i et typisk byggeprosjekt kan andelen arbeidstid som ikke er verdiskapende utgjøre så mye som 60 % i løpet av en dag. Kalsaas (2010) støtter opp under funnene til Koskela hvor det ble konkludert med at ikke-verdiskapende aktiviteter utgjorde 51 % av arbeidsdagen ved byggeprosjektet som ble kartlagt.

Som vist i både teoridelen og gjennom min kartlegging av byggeprosesser er andelen av tidsbruk som går med til ikke-verdiskapende aktiviteter betydelig. Samarbeidsbedriften Veidekke er særdeles opptatt av å forbedre gjennomføringsfasen og redusere sløsing med tid. Bedriften har gjennom flere år utviklet metoder for å best mulig planlegge gjennomføringen av prosjekter ved hjelp av involverende planlegging. Dette skal være med på å redusere sløsing med tid ved planlegging sammen med flest mulig aktører for å sikre best mulig samspill i gjennomføringsfasen.

Selvom bedriften har innarbeidet gode rutiner for å planlegge gjennomføringsfasen er det blitt brukt mindre ressurser på å kontrollere og kartlegge prosesser ute på byggeplassen. Gjennom et samarbeid med funksjonærer og ansatte ved prosjekt Portalen ble det avklart at en viktig del av tilnærmingen til temaet har vært å finne en god metode å avdekke ikke-verdiskapende aktiviteter. Gjennom arbeidet med oppgaven har det derfor vært viktig å finne en metode som kan benyttes med hensikt å kartlegge tapt arbeidstid ved prosjektet. Hensikten har vært å se på bruken av kartleggingsverktøyet og hvordan man kan fremstille resultatene for å kunne få oversikt over arbeidsprosesser og dermed avdekke årsakene til sløsing med tid.

Skjemaet for verdistrømkartlegging som er presentert under metodekapittelet er det som er blitt benyttet for å kartlegge de ulike aktivitetene ved prosjektet. Det er viktig å gjøre seg kjent med kartleggingsverktøyet om man skal bruke noe liknende. Her må man også vite hvilke aktiviteter som finnes knyttet til ulike byggeprosesser. Om man skal gå i gang med en kartleggingsprosess har det blitt erfart at det er viktig å sette seg godt inn i den aktiviteten man ønsker å analysere. Rother og Shook (1999) kaller dette gemba walk hvor man skal gjøre seg kjent med stegene i arbeidsprosessen.

Verdistrømkartleggingene er blitt gjennomført uten at den involverte er gjort kjent med at han er blitt observert. Dette ble valgt for å ikke påvirke den involverte i å jobbe noe annerledes og eventuelt mer effektivt. Hvis håndverkeren hadde fått vite at han skulle bli observert er det sannsynlig at han kunne ha anstrengt seg for å forsøke å utelukke en større andel ikke-verdiskapende aktiviteter i kartleggingsprosessen.

I noen sammenhenger kan det være at flere jobber sammen ved en arbeidsprosess. Erfaring gjort ved disse kartleggingene viser at det er nokså krevende å bare observere en spesifikk person. For å ha best mulig oversikt over en verdistrøm, har avgrensning av en observasjon på denne måten vist seg å være gunstig. Ved å kartlegge av flere personer som jobber ved samme byggeprosess kan dette gi andre resultater. For enkelte aktiviteter vil det kanskje gå raskere å jobbe flere, mens for andre aktiviteter kan man kanskje observere at håndverkerne går i veien for hverandre eller bruker mer tid på avklaringer.

Kartleggingsverktøyet kan brukes til å ta stikkprøver av ulike arbeidsprosesser. Det ville ha vært altfor omfattende å kartlegge alle aktiviteter i et prosjekt, og man må derfor velge seg ut ulike byggeaktiviteter. Dette kan for eksempel gjøres ved at man som byggeleder eller funksjonær har mistanke om lav produktivitet ved enkelte prosesser. Det kan også være at man ønsker å observere en tilfeldig valgt arbeidsprosess basert på teori som indikerer at det kan være en betydelig andel av sløsing med ressurser knyttet til den typen aktiviteter. Kartleggingene ved prosjekt Portalen er valgt utifra hvilke prosesser som var pågående i det tidsrommet innsamling av data måtte skje. I tillegg kom byggeledelsen ved prosjektet med innspill i forhold til hva de syntes kunne være interessant å analysere.

Verktøyet for kartlegging er åpenbart egnet til å kunne kartlegge arbeidsprosesser ved å benytte fremgangsmetoden som beskrevet i metodekapitlet. Gjennom flere kartlegginger av ulike arbeidsprosesser har det ikke vist seg å være noen mangler i forhold registreringer av aktiviteter i skjemaet, med tanke på å kunne kategorisere de ulike aktivitetene under de forskjellige symbolene. Etter å ha gjennomført fem kartlegginger ved prosjektet skal det sies at det ikke er enkelt å til enhver tid forutsi eller kategorisere alle aktiviteter underveis i en kartlegging. Dette med tanke på hva som er verdiskapende, nødvendig og ikke-verdiskapende aktiviteter. Det som kan være en fordel er at man i løpet av kartleggingen prøver å holde fokus på aktivitetene til håndverkeren og noterer dette ved hjelp av symbolene i skjemaet. Etter at kartleggingen er ferdig kan man analysere, finne avhengigheter mellom aktiviteter, kategorisere og oppsummere i forhold til verdiskapning.

Hvis hensikten er å kunne drive forbedringsarbeid ved et byggeprosjekt ved hjelp av verdistrømkartlegging, vil det være en fordel å gjøre avgrensninger av verdistrømmen. Denne oppgaven beskriver ikke fremgangsmåter for å kunne drive videre forbedringsarbeid, da det blir utenfor omfanget som beskrevet tidligere. Om hensikten med kartleggingene er å kunne drive forbedringsarbeid av utvalgte prosesser, vil det trolig være lite hensiktsmessig å betrakte en større verdistrøm fra start til slutt. Med det menes for eksempel at håndverkeren bare utgjør en del av verdistrømmen. Dette vil sannsynligvis blir for store observasjonsmengder å ha kontroll over, og i tillegg skal man kunne ha oversikt over alle de tilhørende aktivitetene.



Ved fremgangsmetoden som er beskrevet i metodekapittelet er en spesifikk håndverker observert ved sin arbeidsprosess. Dette har gjort kartleggingene veldig konkrete og oversiktlig å følge. På denne måten blir det også enklere å kunne definere hva som er verdiskapende for kunden. Dette blir spesifikke kartlegginger godt tilpasset byggeprosjektet med mange arbeidsprosesser og repetitive oppgaver. Her var det enkelt å følge med på hva håndverkeren utførte og samtidig følge med på alle bevegelser og aktiviteter. Hvis personen man observerer flytter seg ut bort fra produksjonsområdet er det viktig å følge med på hva som skjer ved at den som kartlegger prosessen flytter seg etter for å få et best mulig resultat som gjenspeiler byggeprosessen. Dette ble gjort ved kartlegginger i oppgaven.

Det ble brukt en del tid i forarbeidene til verdistrømkartleggingene for å finne ut av en fornuftig og overkommelig observasjonsperiode som også passet inn med å kunne få et litt større bilde på den utvalgte kartleggingsprosessen. Dette med tanke på at verktøyet også skal kunne brukes i et byggeprosjekt uten å benytte for store ressurser for å kunne kartlegge en prosess. Det er blitt benyttet alt fra to timer til nærmere tre timer per gjennomføring. Det fremstår som en fornuftig tidsperiode for en kartlegging. På denne måten vil man mest sannsynlig kunne få et resultat som viser et realistisk bilde av tidsbruken.

Et alternativ som ble vurdert var å for eksempel gjennomføre tre kartlegginger av en time hver knyttet til en arbeidsprosess. En ulempe med denne metoden er at man kan oppnå usannsynlige resultater knyttet til verdiskapning. Hvis for eksempel håndverkeren blir ventende på grunn av annet arbeid over en lengre periode i løpet av denne timen vil dette gi et lite realistisk bilde av verdistrømmen. Det kan se ut til at kartlegginger på omtrent to timer er svært representativt i forhold til å oppnå realistiske resultater for en utvalgt prosess i et byggeprosjekt. Dette står også i samsvar med tidligere forskning beskrevet i teoridelen.

Ved å observere en håndverker i løpet av en hel arbeidsdag og repetere dette gjennom mange kartlegginger vil man oppnå et resultat som viser den faktiske tidsbruken. Denne metoden kan være for ressurskrevende å utføre for bedrifter og samtidig gi svært store datamengder å behandle. Dersom hensikten er å få et fullstendig bilde og et studie man skal kunne trekke bestemte konklusjoner fra, vil en slik omfattende kartlegging være en mer presis måte å gjennomføre observasjoner på. Dersom målet, som i denne oppgaven, er å få

et bilde av typiske ikke-verdiskapende aktiviteter og et grunnlag for eventuelt videre studier eller å finne områder å ta tak i kan kartlegginger på rundt to timer være nok.

Det som også må vurderes ved en kartlegging er når på dagen en observasjon skal gjennomføres. Ved byggeprosjektet Portalen startet flere byggere allerede rundt klokken syv på morgenen og ved flere arbeidsdager var det håndverkere som sluttet rundt klokken seks eller syv på kvelden. Det som kan tenkes er at den første tiden og siste tiden ved en arbeidsdag inneholder en større andel nødvendig og ikke-verdiskapende arbeid.

På starten av dagen kan arbeidstiden kanskje gå med til materialhåndtering, ordne med verktøy og planlegging, mens slutten av dagen er tiden kanskje mer preget av opprydning, kosting og samle sammen utstyr. Ved kartleggingene på Portalen er dette tilfellet og man er klar over at det er slik ved byggeprosjekter. Det virker derfor mer interessant å kartlegge aktiviteter knyttet kjernetiden ved en byggeprosess da man også har en mer naturlig fordeling av de forskjellige aktivitetene.

Som beskrevet i kapittelet om verdistrømkartlegging er det minst tre ulike metoder å kartlegge en arbeidsprosess på med tanke tidsmålinger. Tidsmålingene kan basere seg på syklisk tid, verdiskapende tid og totaltid. Å kartlegge basert på totaltid vil i få sammenhenger være aktuelt. Dette er da en hel verdistrøm fra start til slutt sett utifra et verdiskapende perspektiv for kunden. Dette vil utifra erfaringer gjort i masteroppgaven være lite aktuelt. Det vil medføre store datamengder samt at det trolig vil være krevende å holde oversikten over hva som inngår. I tilfellet vil det i så fall være for å dokumentere produktivitet mer enn å søke forbedringer i det pågående prosjektet.

Noe som er mer aktuelt med økende bruk av ferdige elementer og prefabrikasjon er målinger som baserer seg på syklisk tid. Her vil man for eksempel observere tidsbruken på å installere et element før man installerer neste. Dette er kartlagt i denne oppgaven ved installering av dekkelementer i tillegg til andre observasjoner. Det som er interessant ved at man har en spesifikk syklustid for installering av konstruksjonselementer er at man kan effektivisere den syklustiden. Dette gjøres ved forbedringsarbeid og da har man muligheten til å utvikle gode metoder for gjennomføring som også kan benyttes i andre liknende tilfeller.

Det som hovedsakelig er benyttet ved de ulike kartleggingene i oppgaven er metoden ved å observere den verdiskapende tiden. Dette er tiden det tar å bearbeide et bygningsmateriale om til en verdiskapende enhet for kunden som beskrevet i kapittelet om verdistrømkartlegging. Skal man kartlegge en del av en større verdistrøm og observere en spesifikk person har erfaringer gjennom denne oppgaven bekreftet at dette har vært en fornuftig tilnærming.

Denne metoden for tidsmålinger vil også være svært fornuftig sett i sammenheng med TFV-teorien presentert under kapittelet om lean. Her blir det beskrevet at i en byggeprosess vil en håndverker omgjøre en "input" i form av materialer og arbeidstimer om til en verdiskapende "output". Denne teorien sammen med målinger av verdiskapende tid er gjennom kartlegginger vist seg å være en gode metode. Dette har gitt resultater man kan fremstille på en oversiktlig måte som viser godt den verdiskapende tiden samt den nødvendige, og ikke-verdiskapende tiden. Resultatene utarbeidet fra kartleggingene har vist seg å kunne gi et godt grunnlag for videre forbedringsarbeid.

Det finnes enkelte usikkerheter knyttet til verdistrømkartlegging av arbeidsprosesser. I følge Rother og Shook (1999) vil resultater fremstilt fra samme verdistrøm utført av forskjellige personer inneholde ulike aspekter. Dette er forståelig ettersom kartleggingen er en manuell prosess og det er opp til den som observerer å definere blant annet ved hvilket tidspunkt en ny aktivitet begynner. Uansett vil ikke den type forskjeller utgjøre de aller største utslagene ved en oppsummering. Det som i noen tilfeller kan være utfordrende og hvor det kan knyttes usikkerhet er ved definering av verdiskapende, nødvendige og ikke-verdiskapende aktiviteter. Gjennom arbeidet med oppgaven har vært mest utfordrende å definere om en aktivitet er nødvendig. Her er det viktigste å tenke over at om en aktivitet skal klassifiseres som dette må den være direkte nødvendig for å kunne utføre det verdiskapende arbeidet. Det vil si at å eksempelvis hente materialer vil være nødvendig mens å flytte på materialer vil være ikke-verdiskapene.

## 5.2 Verdistrømkartlegging av arbeidsprosesser ved Prosjekt Portalen

Den første kartleggingen som ble presentert i oppgaven ble gjennomført sommeren 2015 en stund før de andre kartleggingene. Dette ble gjort mens jeg arbeidet i Veidekke og ved prosjektet. Grunnen til at det ble valgt å gjennomføre kartlegging av en gravemaskin som utførte grunnarbeider var en mistanke om mye uproduktiv tid og sløsing med ressurser. For å ha oversikt over prosessen ble kartleggingen avgrenset til å følge en gravemaskinfører ansatt i Veidekke. Han hadde en medhjelper i arbeidsprosessen som hjalp til med å legge isolasjonsduk, dirigere på arbeidsområdet og gjorde enkelte hjelpende arbeider for hånd. Disse hadde god kontakt underveis i prosessen. Arbeidsoppgavene for gravemaskinføreren var hovedsakelig å fylle og planere med pukk og grus før dekkestøp. Det som kan nevnes i tillegg var at på det tidspunktet kartleggingen ble utført var det et nokså stort tidspress med å bli ferdig i tide til betongleveransen skulle komme. Dette skulle egentlig tilsi at man eventuelt jobbet mer effektivt sammenliknet med en dag da man ikke opplever det samme tidspresset.

Resultatene av kartlegging viste 43 % verdiskapende arbeidstid. Dette er et nokså bra resultat sammenliknet med tidligere forskning med tanke på tidsbruk. Resultatene viser kun 11 % tidsbruk på nødvendig arbeid. Dette er ganske liten prosentandel og hovedsakelig dreide dette seg om avklaringer mellom grunnarbeider og gravemaskinfører. Disse samtalerne sees på som nødvendige for å få utført det verdiskapende arbeidet. Til slutt viste oppsummeringen 46% ikke-verdiskapende tidsbruk. Gravemaskinen stod stille i lengre perioder og det virker som om det skyldtes usikkerhet i forhold til arbeidsoppgaver. Det som er litt spesielt i dette tilfellet er at gravemaskinfører virket også å skjule sin usikkerhet ovenfor andre håndverkere på byggeplassen ved unødvendig graving i massehaugen bak maskinen. Det som utgjør en stor andel av den ikke-verdiskapende arbeidstiden er at gravemaskinen ble hindret av annet støpearbeid som skulle foregå forbi dette arbeidsområdet. Graveren var da sperret inn og fikk ikke jobbet på noe annet område. Slike situasjoner skyldes nok planlegging fra ledelse hvor det kan være vanskelig å forutsi varigheten av en aktivitet. Her kunne også arbeidere på byggeplass forsøkt å fått til et bedre samarbeid for å unngå situasjonen.

Den andre kartleggingen som ble gjennomført gikk ut på å observere en jernbinder i arbeidet med å armere et dekke før det skulle støpes. Jernbinderen jobbet i dette tilfellet for en innleid underentreprenør. Kartleggingen ble avgrenset til å følge en tilfeldig valgt person som jobbet tidvis sammen med en til to andre jernbindere. Arbeidsoppgavene gikk hovedsakelig ut på å måle ut og tilpasse armeringsjern før disse ble festet i hverandre etter armeringstegninger som lå fremme på dekket hele tiden og som ble benyttet jevnlig. Kartleggingen skjedde i åttende etasje, altså øverst i det ene boligbygget. Håndverkerne som ble observert har vært med på dekkearmoring i mange av de andre etasjene med omtrent lik gjennomføring. Arbeidsoppgavene sees derfor på som svært kjente og innarbeidet.

Resultatene av kartlegging viste 37 % verdiskapende arbeidstid og er et resultat ganske likt gravearbeidet og en bedre prosentandel sammenliknet med forskning som presentert. Prosentandelen kan nok skyldes kjente arbeidsoppgaver og at materialer og utstyr var lett tilgjengelig og tidligere heist opp på dekket. Resultatene viste 22 % tidsbruk på nødvendig arbeid. Den nødvendige tiden gikk med på å lese armeringsbeskrivelser og tegninger samt oppmåling og henting av armering om lå på dekket. Det virket som at det var et godt samarbeid ved å forstå tegninger og hjelpe hverandre med tunge løft av materialer og utstyr. Til slutt viste oppsummeringen 41 % ikke-verdiskapende tidsbruk. Her utgjør uproduktiv tid, venting og opphold i stillas uten noe konkret gjøremål en del av tiden. Jernbinderen som ble fulgt brukte en del tid på å rydde og ordne ved armeringslageret som så lite effektivt ut og var preget av lite systematisk jobbing. Han måtte også flytte på armering som andre medarbeidere hadde lagt i veien for hans arbeid. Her virket det som at kommunikasjonen var dårlig i forhold til om man var ferdig med å armere på et område eller ikke. Mot slutten av kartleggingen ble det også opphold og venting på grunn av at rørleggeren kom i veien med sitt arbeid. Her er antagelig kommunikasjon og planlegging kilden til problemene samtidig som at jernbinderen velger å vente istedet for å eksempelvis hjelpe de andre i deres arbeider.

Den tredje kartleggingen som ble gjennomført gikk ut på å observere en tømmer ansatt i Veidekke ved sine arbeider med å sette opp sviller, stendere og spikerslag i fasaden av boligbygget. Den observerte personen arbeidet alene, men han hadde flere snekkere rundt seg i nærheten av arbeidsområdet. Disse delte på kappsag og noe utstyr og det virket som at

de hadde god kommunikasjon i arbeidet. Dette er den kartlagte prosessen som inneholdt flest forskjellige aktiviteter i gjennomføringen. Snekkeren som ble observert virket som at hadde god kontroll på oppgaven og arbeidet foregikk i en logisk rekkefølge som gjorde det oversiktlig å observere.

Resultatene av kartlegging viste allikevel bare 31 % verdiskapende arbeidstid. Dette bestod hovedsakelig av å montere materialer i fasaden og borre festepunkter i betongen. Ved denne kartleggingen er det en nokså stor andel nødvendig tidsbruk der resultatene viste så mye som 44 %. Her bestod det nødvendige arbeidet i blant annet lesing av tegning og inspeksjon av eget arbeid. Det som er tidkrevende er kapping og måling av materialer som utgjør en stor andel av det nødvendige. Her kan man stille seg et spørsmål om senere prosjekter kan benytte prefabrikasjon av materiallengder da man vet eksakte dekkhøyder. I tillegg bruker snekkeren mye tid på å hente materialer og laftestrimler noen etasjer ned i bygget. Til slutt viste oppsummeringen 25 % ikke-verdiskapende tidsbruk som er det laveste resultatet blant kartleggingene. Det ble brukt noe tid på henting av verktøy, samtaler og uproduktiv tidsbruk hvor det ikke arbeides. Flytte på kappsagen, rydde og feie går også under denne kategorien.

Den fjerde kartleggingen som ble gjennomført gikk ut på å observere en montør av brannhemmende plater. Arbeidene foregikk på utsiden av fasaden ved kontorbygget der platene ble festet på bæresystemet av stål. Montøren jobbet for en innleid underentreprenør og jobbet tidvis sammen med en annen person som hjalp til med mobilkranen og som også hentet flere plater til montøren. Mye av tiden gikk med på å mobilisere kranen, mens selve monteringen foregikk svært effektivt. Det var også en del arbeid med sikkerhet da en svært sentral vei inn mot Lillestrøm var åpen for trafikk under hele monteringsarbeidet. I tillegg skulle gangfeltet på den samme siden av veien holdes tilgjengelig.

Resultatene av kartlegging viste 24 % verdiskapende arbeidstid og dette gikk hovedsakelig med til å montere de brannhemmende platene. Videre var hele 46 % av arbeidstiden kategorisert som nødvendig arbeid. Her gikk mye av tiden med til å posisjonere kranen til der de brannhemmende platene skulle monteres. I tillegg gikk det med en del tid på å

mobilisere kranen frem til der arbeideren fikk tilsendt flere brannhemmende plater av en medhjelper. Det var noen få avklaringen som ble gjort med en byggeleder for å fortsette arbeidet. I tillegg inngikk oppmåling og kapping av plater som nødvendig arbeid. Til slutt viste oppsummeringen 30 % ikke-verdiskapende tidsbruk. Her utgjør en stor andel av kategorien flytting av mobilkranen og sikkerhetsgjerdet. Det som var et interessant funn er at i sammenheng med flytting av kran og gjerdet var det en nokså stor andel uproduktiv tid. I tillegg brukte montøren den en del tid på å starte opp igjen monteringsarbeidet. Andre aktiviteter i denne kategorien innebærer ordning strøm til mobilkranen samt ordning med verktøy.

Den siste kartleggingen som ble gjennomført gikk ut på å observere en spesifikk håndverker som jobbet sammen med to til tre andre i arbeidet med å montere plattendekker i det ene boligbygget. Alle som jobbet med installering av dekkene var ansatt i Veidekke. Arbeidet skjedde også i samarbeid med kranfører som heiste dekkene opp fra bakkenivå og til monteringssted. Arbeidsprosessen gikk i hovedsak ut på å installere dekkene på sine respektive plasser. Dette var en nokså tidkrevende og nøyaktig prosess. I tillegg skulle enkelte bolter sikre dekket etter at det var plassert. Det virket som en nokså innarbeidet og kjent prosess som viste seg å være den arbeidsprosessen med mest verdiskapende arbeidstid sammenliknet med de andre prosessene. Dette til tross for noen opphold i prosessen som ikke kan planlegges.

Resultatene av kartlegging viste 49 % verdiskapende arbeidstid som er den klart mest produktive og effektive prosessen gjennom arbeidet med observasjoner. Dette var den eneste prosessen som hovedsakelig inneholdt prefabrikasjon og man ser her et betydelig utslag i resultatene. Videre viste resultatene at 19 % av arbeidstiden ble kategorisert som nødvendig arbeid. Her kan man tenke seg at kategorien med nødvendig arbeid er nokså effektivisert og innarbeidet og dette vises nokså tydelig i oppsummeringen. Her inngikk også blant annet avklaring med medarbeidere og lesing av arbeidstegninger. Henting av monteringsbolter og inspeksjon utgjør en liten andel av kategorien. Til slutt viste oppsummeringen 32 % ikke-verdiskapende tidsbruk. Her måtte arbeidslaget blant annet vente på at kranen som bistod de måtte hjelpe en annen prosess med lossing, og dekkemontørene måtte da vente. Tidsbruken i denne kategorien inneholder også uproduktiv

tidsbruk med samtaler. Henting av utstyr, sikkerhetsseleer og lastestropper utgjør en mindre del av kategorien. Her virket noe av aktivitetene som lite planlagt da en del av det som ble hentet ikke ble benyttet i arbeidsprosessen.

Som beskrevet i forrige delkapittel og i teoridelen har tidligere forskning som Koskela (1993) påvist at sløsing med tid kan utgjøre så mye som 60 % av en arbeidsdag for en håndverker ved et byggeprosjekt. Med dette menes samlet sett ikke-verdiskapende arbeid og nødvendig arbeid. Dette samsvarer delvis med Josephson og Saukkoripi (2005) sin forskning som påviste 18 % verdiskapende, 45 % nødvendig, og 34 % ikke-verdiskapende arbeidstid ved deres kartlagte byggeprosjekter. Kalsaas (2010) støtter opp med omtrent de samme resultatene gjennom sin forskning med 17 % verdiskapende, 49 % nødvendig, og 34 % ikke-verdiskapende arbeidstid ved et byggeprosjekt.

Med dette som en referanse var det derfor svært interessant å utføre egne kartlegginger ved prosjekt Portalen der resultatene kommenteres og diskuteres ytterligere i dette kapittelet. Kartleggingene som er gjort ved Portalen er å regne som stikkprøver av arbeidsprosesser og er ikke representative resultater for et helhetlig bilde av arbeidstid ved prosjektet.

Under vises en totaloppsummering av resultatene i forhold til bruk av arbeidstid:

- 37 % verdiskapende arbeid
- 28 % nødvendig arbeid
- 35 % ikke-verdiskapende arbeid

Sammenliknet med tidligere forskning som presentert viser resultatene omtrent dobbelt så stor andel verdiskapende arbeid og omtrent halvparten med nødvendig arbeid. Veidekke har som nevnt i teorikapittelet viste seg som en viktig bedrift i utviklingen av lean i byggebransjen med blant annet involverende planlegging som en viktig del av prosjekter. Det kan tenkes at deres prosjektledelse og metoder for gjennomføring av prosjekter har gitt resultater i form av høyere andel verdiskapende arbeid sammenliknet med forskning som presentert tidligere. Veidekke har også mange ansatte håndverkere som jobber hovedsakelig



ved deres prosjekter. At de er kjent med prosjektgjennomføringen og kjenner organisasjonen vil også muligens ha påvirket resultatene positivt.

Gjennom å ha tilbrakt tid ved prosjektet gjennom eget arbeid og ved kartleggingsprosesser virker det som at samarbeidet på tvers av aktører fungerer godt i tillegg til god struktur og ledelse på byggeplassen. Det skal også trekkes frem at det legges ned mye arbeid fra totalentreprenøren i logistikkplaner og riggplaner som kanskje gjør at man oppnår større effektivitet og mindre andel nødvendig arbeid som ved for eksempel henting av materialer.

Siden det kun er gjort stikkprøver på arbeidsprosesser er det allikevel ikke mulig å fastslå at resultatene er gjeldene for prosjektet eller gjenspeiler organisasjonen på noe vis. I så fall måtte man gjennomført kartlegginger i langt større skala for å få et mer nøyaktig totalbilde av gjennomføringsfasen. Gjennom kapitlene med metode og resultater samt utdypende kommentarer og tolkninger er det vist at verktøyet kan benyttes til å kartlegge ulike verdistrømmer ved et byggeprosjekt. Her avdekker man mange aspekter av byggeprosesser ned på et detaljnivå som på en oversiktlig måte reflekterer tidsbruken.

### 5.3 Typiske ikke-verdiskapende aktiviteter i byggeprosjekter

I dette kapitlet presenteres en samlet oversikt over de nødvendige aktivitetene som ikke er direkte verdiskapende og de ikke-verdiskapende aktivitetene med bakgrunn i resultatene fra kartlegging ved prosjekt Portalen.

Nødvendige aktiviteter som ikke er verdiskapende for kunden:

- Avklaringer med medarbeidere, leverandører og byggeledere
- Lese arbeidstegninger og forberede en aktivitet
- Hente materialer og nødvendig utstyr
- Oppmåling før produksjon eller installering
- Kappe og tilpasse materialer
- Inspeksjon av eget arbeid
- Mobilisering av kran eller annet utstyr for å kunne utføre aktiviteten
- Finne frem riktige materialer eller elementer fra et større lager

Ikke-verdiskapende aktiviteter:

- Omarbeider og utbedringer av allerede utførte oppgaver
- Stillestående maskiner
- Vente eller uproduktiv tid da det ikke er noen form for aktivitet som gjennomføres
- Aktiviteter utført som tidsfordriv
- Vente på aktiviteter som blokkerer muligheten for å fortsette eget arbeid
- Flytte på maskiner eller arbeidsutstyr
- Flytte på materialer som ligger i veien for produksjon
- Lete etter utstyr og verktøy
- Opprydning, feie og kaste
- Tilrettelegge og ordne med verktøy

I forhold til de nødvendige aktivitetene var det noen som skilte seg ut som noe mer tidkrevende å utføre enn andre. Gjennom kartleggingene viste det seg at avklaringer i forhold til arbeidsoppgaver jevnlig ble gjennomført. Oppmåling og tilpassing samt kapping av materialer er tidkrevende og utgjør en betydelig del av kategorien med nødvendig arbeid. Det som i tillegg utgjorde en stor andel av denne kategorien var henting av materialer og utstyr frem til arbeidssted.

Tidsbruken knyttet til de ulike aktivitetene vil variere utifra mange ulike forhold og forutsetninger. Nødvendige avklaringer ute på byggeplass kan komme av usikkerhet eller kanskje vanskelige forklaringer og beskrivelser. Her kan erfaring hos håndverkeren spille inn samt hvor godt prosjektert og planlagt oppgaven er fra entreprenøren sin side. Oppmåling, tilpasning og kapping er det lite man kan gjøre noe med annet enn å unngå det i noe grad ved bruk av prefabrikkerte elementer. Dette er selvsagt ikke en mulighet ved alle aktiviteter og det har også et økonomisk aspekt ved seg. Henting av materialer og utstyr var gjennomgående ved alle kartlegginger. Hvor langt det er å gå for å hente utstyr og hvor godt tilrettelagt det er virker å være byggeledelsen sitt ansvar i mange tilfeller. Her var det store individuelle forskjeller da eksempelvis snekkeren måtte gå mange etasjer ned og langt bort på ett mellomdekke, mens jernbinderen hadde materialer lett tilgjengelig.

I forhold til de ikke-verdiskapende aktivitetene var det noen som utgjorde en større andel av tidsbruken ved byggeplassen. Gjennom kartleggingene viste det seg at generelt venting og uproduktiv tid blant håndverkerne er av en betydelig størrelse. Blant annet støter ulike håndverksfag på hverandre og blokkerer andres fremdrift. Dette gikk igjen i flere av kartleggingene ved prosjektet og på det meste måtte gravemaskinen stå stille i nærmere 25 minutter uten å kunne produsere noe som helst verdiskapende. Flytte og tilrettelegge med maskiner og utstyr er tidkrevende samt at mange håndverkere måtte bruke tid på unødvendig flytting av materialer. Dette er materialer og utstyr de ikke selv har lagt frem men som har vært nødvendig å flytte på for å kunne utføre eget arbeid. Lete etter utstyr og verktøy utgjør en mindre andel samt at i ett tilfelle ble det kartlagt arbeid utført nærmest som tidsfordriv og kanskje på grunn av usikkerhet knyttet til arbeidsprosessen.

Gjennom kartleggingene ved prosjektet har det blitt vist at venting og uproduktiv tid oppstår på grunn av mange årsaker. De lengste periodene med venting er grunnet at håndverkere kommer i veien for hverandre med sine respektive arbeider. Her vil trolig planlegging av arbeidsdagen med øvrig byggeledelse samt andre håndverkere kunne løse noen av disse problemene. Samtidig er det vanskelig å planlegge nøyaktige lengder av ulike aktiviteter og det blir svært komplisert i mange tilfeller å utelukke dette helt. Venting og uproduktiv tid blant håndverkere hvor det ikke er noe aktivitet gjelder alle kartleggingene ved prosjektet. Det er i mange tilfeller uproduktiv tid mellom aktiviteter eller bare lengre perioder hvor det ikke skjer noe produktivt. Det er forståelig at håndverkere trenger hvile som ved alle andre arbeidsplasser, men et annet spørsmål er hvor stor andel dette bør forventes å være av en hel arbeidsdag. Kartleggingene ved Portalen viser at dette kan utgjøre en betydelig andel ved de ulike byggeprosessene.

Mye ikke-verdiskapende tidsbruk går med til å frakte og flytte på maskiner og utstyr. Snekkerne ved prosjektet virket som at hadde løst denne problematikken på en effektiv måte når flere jobbet i nærheten av hverandre. De delte da på forskjellig utstyr som gjorde at ikke alle måtte frakte sitt eget rundt til alle arbeidsprosesser. Dette gjaldt hovedsakelig større og tyngre utstyr som kappsager og bormaskiner. En annen aktivitet som tar mye tid er flytting og opprydning i materialer som ikke kan ligge på den gitte plassen på grunn av at det da er i veien for en pågående arbeidsprosess. Dette ble kartlagt ved flere av bygge-

prosessene da håndverkeren måtte bruke lengre tid på å rydde før han kunne begynne eget arbeid. Det kan muligens utelukkes i noe større grad ved at riggplaner har detaljerte oversikter over hvor lagring av materialer kan forekomme.

#### 5.4 Verdistrømkartlegging som utgangspunkt for forbedringsarbeid

Ved å bruke ressurser i et byggeprosjekt på å gjennomføre verdistrømkartlegginger kan man oppnå et godt utgangspunkt for forbedringsarbeid sett både i et kort og lengre tidsperspektiv. På kort sikt kan man oppnå en dypere antagelse om produktivitet og få et bedre innblikk i produksjonsprosessen ved en byggeplass. Dette vil man kunne ha tilgang til kort tid etter at en kartlegging er gjennomført. Det å bare være til stede på en byggeplass vil gi en formening om andelen verdiskapende arbeid og produktivitet. Det er allikevel først når man kartlegger at man har detaljerte resultater knyttet til gjennomføringen av arbeidsprosesser ved en byggeplass.

Ved gjennomføring av en verdistrømkartlegging ved et byggeprosjekt kan man oppsummere resultatene på liknende måte som gjort i resultatdelen. Dette gir en visuelt god oversikt over produksjonsprosessen og de tilhørende aktivitetene. Her vil man se andelen verdiskapene, nødvendig, og ikke-verdiskapende arbeid og forholdet mellom de ulike kategoriene. Dette fremstår som en verdifull oppsummering og man kan anta å finne liknende funn i andre byggeprosesser.

Etter å ha sett resultatene fra en verdistrømkartlegging kan man på kort sikt dra nytte av dette ved å introdusere funnene for håndverkere som jobber med tilsvarende arbeidsprosesser. Kartleggingen gir en god oversikt å jobbe videre med og man kan diskutere seg frem til optimale gjennomføringsløsninger som kan implementeres i bedriften. Dette gjør at andre i bedriften kan få nytte av kartleggingen og man oppnår en forbedringsprosess i løpet av kort tid. Kartleggingen kan også benyttes i den hensikt å skaffe erfaring om gjennomføring av en ny type arbeidsoppgave. Her kan man starte opp med gjennomføringen av en oppgave for deretter å kartlegge prosessen og forsøke å forbedre denne. Dette blir i samsvar med PDCA-syklusen som beskrevet i teoridelen.

Verdistrømkartlegging gir på lengre sikt et godt grunnlag for dypere analyser. I kapittelet om verdistrømkartlegging ble metoden med å tegne flytkart omtalt med hensikt å oppnå forbedringsarbeid i en bedrift. Flytkart går som nevnt ut på å tegne verdistrømmen med de ulike aktivitetene som inngår ved hjelp av piler og beskrivelser. Dette er ment for å få en enda større visuell oversikt over verdistrømmen. Ved bruk av denne fremgangsmåten kan man kartlegge en arbeidsprosess flere ganger og utvikle flytkart mot en mer effektiv arbeidsmetode. Som avslutning på forbedringsarbeidet utvikler man gjerne et fremtidig flytkart som beskriver en optimal metode å løse liknede arbeidsoppgave ved et byggeprosjekt.

I denne oppgaven har det blitt kartlagt nokså spesifikke arbeidsprosesser avgrenset til å hovedsakelig følge en utvalgt håndverker. Som nevnt i teoridelen kan også kartleggingen benyttes til å observere en større og mer omfattende verdistrøm. Kartleggingen sammen med visuelle oppsummeringer eller flytkart vil som nevnt gi en god oversikt over en verdistrøm. I lean sammenheng er ofte et A3-verktøy omtalt som et hjelpemiddel til å finne de virkelige rotårsakene i et byggeprosjekt. Disse rotårsakene regnes gjerne som opphavet til problemer og utfordringer senere i en byggeprosess og kartleggingsverktøyet vil være et godt utgangspunkt for slikt forbedringsarbeid. Skal man gå i gang med forbedringsarbeid er det rotårsakene man må ta tak i. Det nytter for eksempel ikke å bare si at man vil redusere tiden som går med til uproduktiv tid og venting. For å komme dit, må man først finne rotårsakene til tiden som går med til venting. For å finne disse kan som tidligere nevnt et A3-verktøy benyttes. Dette er også et verktøy som har sitt utspring i lean tankegangen.

Gjennom resultatene presentert tidligere i oppgaven og gjennom dette kapittelet kan man anta at det i byggeprosjekter som Portalen er en betydelig andel nødvendig, og ikke-verdiskapende aktiviteter. Tar man utgangspunkt i de sammenlagte resultatene for alle arbeidsprosessene endte dette med en fordeling på 28 % nødvendig arbeid og 35 % ikke-verdiskapende arbeid. Dette vil si at man har store muligheter som bedrift til å drive forbedringsarbeid og oppnå økonomiske besparelser.

Gjennom verdistrømkartlegging kan man bruke ressurser på kartlegge arbeidsprosesser, og videre finne årsaker og dypere rotårsaker til problemer og til slutt utarbeide gode planer for

gjennomføringsfasen. Ved denne fremgangsmåten kan man oppnå økonomiske besparelser i form av å blant annet korte ned byggetiden. I et byggeprosjekt kan man også få til bedre samspill mellom aktører, mer rasjonelle arbeidsoperasjoner og ikke minst mindre uproduktiv arbeidstid. Forbedringsarbeidet medfører større verdiskapning ovenfor kunden og skaper ikke minst en bedre arbeidsplass for de ansatte i byggebransjen.

## 6. Konklusjon

Byggebransjen har over en lengre periode fått oppmerksomhet over det nåværende lave og fallende produktivetsnivået. Næringen viser til stadig økende kostnader og ineffektivitet i gjennomføringsfasen. Dette har ført til at prosjekter blant annet overskrider budsjetter og blir forsinket. Entreprenørbransjen opplever stadig lavere marginer og samtidig økende utenlandsk konkurranse. Bransjen virker derfor særskilt opptatt av forbedringer og samspill mellom aktører som kan føre til økt kunde verdi og økonomiske besparelser.

Internt i byggebransjen og gjennom statlige instanser har det med tiden blitt et økende fokus på forbedringsarbeid. Bedrifter i byggebransjen virker å være interessert i effektene av lean og metoder som kan optimalisere gjennomføringsfasen. Flere omtaler i den sammenheng at usikkerhet og mangel på kompetanse kan være blant grunnene til at ikke flere bedrifter har tatt dette i bruk ved dagens byggeprosjekter.

En av årsakene til den beskjedne bruken av metodikken kan være at det finnes for lite tilgjengelig litteratur og forskning som omhandler temaet. Det kan virke som at byggeledelse ved prosjekter i større grad behøver tilgang til relevante fremgangsmetoder for gjennomføring av forbedringsarbeid. I den sammenheng kan forskingsmiljøer kanskje spille en rolle i å bidra med kunnskap til at flere kan ta i bruk det som blir omtalt som en viktig metode for å øke produktivitet og effektivitet.

I teorikapittelet ble det beskrevet at bruken av arbeidstid kan være en av de sentrale grunnene til den nedadgående effektiviteten og sløsing med ressurser i byggebransjen. En betydelig andel av tiden som benyttes på en byggeplass kan i mange sammenhenger betraktes som ikke-verdiskapende. Dette er også blitt bekreftet gjennom egne kartlegginger av arbeidsprosesser. Verdistrømkartlegging fremstår i den sammenheng som et sentralt verktøy da man kan innhente detaljert informasjon om aktiviteter i byggeprosjekter.

Ved å benytte verdistrømkartlegging i et pågående byggeprosjekt gir dette et godt visualiseringsgrunnlag for oppfølging av byggeprosesser og videre forbedringsarbeid. Verktøyet er godt egnet til å avdekke verdiskapende, nødvendige, og ikke-verdiskapende

aktiviteter hvor man svært detaljert får oversikt over bruken av arbeidstid. For å oppnå gode resultater ved kartleggingen vil det på forhånd være viktig å gjøre seg kjent med arbeidsprosessen som skal observeres og forberede seg på de kommende aktivitetene.

I en byggeprosess er det mange forskjellige og repetitive arbeidsoppgaver. Ved å avgrense observasjonene til å følge en spesifikk håndverker gjorde dette kartleggingene oversiktlige og detaljerte. Ved å ta utgangspunkt i verdiskapende tid eller syklisk tid er dette en fordel ved at man kan avgrense kartleggingen til å vare noen timer av en arbeidsdag. På denne måten sitter man igjen med en overkommelig datamengde å jobbe videre med.

Observasjoner som varer noen timer av en arbeidsdag ser ut til å gi representative resultater. Her burde man nok unngå å kartlegge ved de minst produktive arbeidstidene som på starten og slutten av dagen. Tidsavgrensninger på denne måten kan sees på som mindre ressurskrevende og samtidig overkommelig å gjennomføre ved et byggeprosjekt.

Ved å benytte fremgangsmåten som beskrevet i metodekapittelet ble flere typiske ikke-verdiskapende aktiviteter avdekket. I alle de fem kartleggingene som ble gjennomført var det noen typer ikke-verdiskapende aktiviteter som gikk igjen. Generelt utgjorde de ikke-verdiskapende aktivitetene alt fra 32 % til 46 % av arbeidstiden. Av nødvendige aktiviteter som heller ikke er verdiskapende utgjorde dette fra 11 % til 46 %. Av resultatene ser man at det er store forskjeller mellom de ulike arbeidsprosessene. Dette kan skyldes hovedsakelig hvilke type aktiviteter som skal utføres, men også erfaring hos håndverkeren, hvor omfattende og komplisert arbeidsprosessen er og tilgang til utstyr og materialer.

De mest fremtredende ikke-verdiskapende aktivitetene var venting eller generelt uproduktiv tid av håndverkere og maskiner. Dette er tidsbruk da ikke noen form for byggeaktivitet er pågående. Videre utgjør omarbeider og utbedringer av allerede utførte oppgaver en betydelig andel. At andre håndverksfag eller byggeaktiviteter kommer i veien så ikke andre får jobbet ble avdekket ved flere prosesser. En del tidsbruk blir også benyttet på å rydde og klargjøre før håndverkeren selv kan utføre den planlagte arbeidsoppgaven. Av mindre betydning er leting, ordning med verktøy og tidsfordriv ved andre gjøremål.



Ved kartlegging av andre arbeidsprosesser i samme byggeprosjekt eller ved et annet sted vil man mest sannsynlig finne andre ikke-verdiskapende aktiviteter. Oppgaven har kun tatt for seg et lite utvalg kartlegginger for en begrenset type aktiviteter. Det er derfor ikke mulig å kunne trekke noen konklusjoner for hverken prosjekter som helhet eller byggebransjen generelt. For å kunne si noe mer generelt om ikke-verdiskapende aktiviteter i et helt prosjekt eller i en hel bransje må man gjennomføre bredere og mer omfattende kartlegginger. Ved hjelp av dette kan man kanskje generalisere funnene og konkludere med større trygghet i hva som faktisk utgjør de ikke-verdiskapende aktivitetene i byggeprosjekter.

Å kartlegge verdiskapende, nødvendige og ikke-verdiskapende aktiviteter vil uansett bare være et første steg i en lengre forbedringsprosess. En verdistrømkartlegging vil være et grunnlag og et utgangspunkt å starte med. Et naturlig neste steg vil være å gå dypere inn på årsakene til de nødvendige og ikke-verdiskapende aktivitetene. Her finnes det en rekke verktøy man kan ta i bruk. I denne oppgaven er det ikke gått inn på hva man kan gjøre videre med resultatene av verdistrømkartleggingene.

Det kan likevel kort nevnes at ut ifra en lean tankegang dreier det seg ofte om å finne rotårsaker til hvorfor aktivitetene utføres som de gjør. Et mye brukt verktøy er for eksempel A3-verktøyet. Etter at man har funnet rotårsakene kan man jobbe videre med å finne ut av hvilke prosesser som enkelt kan utelukkes og eventuelt hvilke aktiviteter man kan utelukke ved å eksempelvis planlegge gjennomføringen på en annen måte.

Kartleggingene er gjennomført ved et stort og profesjonelt prosjekt hvor det er planlagt og tatt høyde for best mulig samspill og effektivitet. Selvom verdistrømkartleggingen er gjennomført her kan det benyttes ved et hvilket som helst byggeprosjekt med ulike forutsetninger for produktivitet og effektivitet. Verdistrømkartlegging har vist seg som et godt egnet verktøy til å kartlegge forskjellige byggeprosesser. Ved å benytte de avgrensningene og forutsetningene som beskrevet i oppgaven kan man oppnå svært detaljerte og informative resultater. Verdistrømkartlegging avdekker alle typer aktiviteter ved en byggeprosess. Dette vil gi et godt utgangspunkt for forbedringsarbeid og kontinuerlig forbedring av arbeidsprosesser. Ved bruk av verktøyet kan det bidra til økende effektivitet og produktivitet samt et større verdiskapende samspill ved byggeplasser.



## 7. Videre arbeid

I dette kapitlet presenteres forslag til videre arbeid med utgangspunkt og inspirasjon i denne oppgaven. Etter å ha jobbet med temaet over en lengre periode er det flere emner og temaer som kunne vært interessant å studert nærmere.

Et forslag til videreføring av denne oppgaven kan være å gjøre flere kartlegginger i bredere skala ved et spesifikt byggeprosjekt. På denne måten kan man analysere en større andel byggeaktiviteter sammenliknet med denne oppgaven der det kun er utført stikkprøver. Ved et større omfang kartlegginger vil det være mulig å trekke konklusjoner med større sikkerhet i forhold til ikke-verdiskapende aktiviteter og sløsing med arbeidstid for et byggeprosjekt som helhet.

Verdistrømkartleggingene i denne masteroppgaven ble utført ved å observere byggeaktiviteter og notere ned dette på papir. Et forslag til videre arbeid kan være å utvikle et digitalt verktøy eller en applikasjon som kan brukes på et nettbrett for å utføre en kartlegging direkte med tidtagningsfunksjon. Verktøyet burde være bygget opp slik at man kan kategorisere de ulike aktivitetene, samt å skille mellom forskjellig verdiskapende arbeid. I verktøyet burde man kunne ta bilder av byggeaktiviteter samt å gi en oppsummering av hele kartleggingen. Ved å utvikle et slikt verktøy vil man slippe etterarbeid som i denne oppgaven med å føre håndnotater inn i et regneprogram, samt at man vil kunne få opp diagrammer og grafer direkte.

Ved denne masteroppgaven er det blitt vist metoder for å kartlegge aktiviteter i en byggeprosess. Det er ikke blitt omtalt i noe særlig grad hvordan man kan drive forbedringsarbeid i bedriften i basert på prosessen som er kartlagt. Her kunne det være interessant å forsøke å kartlegge en byggeprosess, finne årsaker til de ikke-verdiskapende aktivitetene, for så å forsøke og implementere forbedringer. Deretter kunne man kartlagt prosessen på nytt for å se hva forbedringsforslagene utgjorde av produktivitet og effektivitet.

I masteroppgaven ble temaet knyttet til sløsing med ressurser avgrenset til å gjelde arbeidstid. Et forslag til videre arbeid kan være å studere andre typer sløsing med ressurser å se hva dette har å si i forhold til blant annet kundeverdi og økonomi. Her kan man for eksempel studere mer inngående sløsing med materialer eller hvordan informasjonsflyt påvirker gjennomføringsfasen på byggeplass.

I denne masteroppgaven ble arbeidet begrenset til å gjøre verdistrømkartlegginger ved et spesifikt byggeprosjekt med tanke på å avdekke sløsing med arbeidstid. Et forslag til videre arbeid kan være å gjennomføre et bredt studie ved mange byggeprosjekter for å kunne trekke generelle konklusjoner for bransjen som helhet når det kommer til ikke-verdiskapende aktiviteter. Det vil være interessant å se om man i en bredere kartlegging på tvers av prosjekter kan finne ut om det er enkelte aktiviteter som går igjen som ikke-verdiskapende.

I denne masteroppgaven er temaet blitt avgrenset til å kartlegge ulike arbeidsprosesser og oppsummere disse ved diagrammer og grafer. Et forslag til videre arbeid er å jobbe videre med resultatene fra kartleggingene for så å finne rotårsaker og komme med en plan for forbedringer som nevnt i forrige kapittel. Her vil for eksempel bruk av flytkart kunne gi en visuell oversikt over prosessen samt at A3-verktøy kan avdekke de bakenforliggende årsakene til sløsing med ressurser i den kartlagte prosessen.

Oppsummert kan man si at dette er et omfattende tema med mange retninger en kan fordype seg. Som beskrevet tidligere i oppgaven virker det som at byggebransjen som helhet har en økende interesse for temaet. Byggebransjen er foreløpig preget av lav utvikling i produktivitet og forbedringspotensial når det kommer til effektivitet. Videreutvikling av verdistrømkartlegginger, samt å bruke resultater fra disse til å søke forbedringer vil trolig være et område med potensiale for ytterligere forskning og utvikling i årene som kommer.

## 8. Litteraturliste

### Bøker

- Alarcón, L. (1997). *Lean Construction*. Rotterdam, Nederland: A.A.Balkema Publishers.
- Forbes, L. H. & Ahmed, S. M. (2011). *Modern construction: lean project delivery and integrated practices*. Boca Raton: CRC Press.
- Formoso, C. T., Cesare, C. D. & Isatto, E. L. (2002). *Material Waste in Building Industry: Main Causes*, b. 128: ASCE. 11 s.
- Kelly, J., Male, S. & D., G. (2004). *Value Management of Construction Projects*: Blackwell Publishing Company. 367 s.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Espoo, Finland: Technical research centre of Finland VTT Building Technology. 296 s.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*. New York: McGraw-Hill. 16 s.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland Oregon, USA: Productivity Press. 137 s.
- Rother, M. & Shook, J. (1999). *Learning to see - value stream mapping to create value and eliminate muda*. Brookline, USA: The lean enterprise institute.
- Slack, N., Johnston, R. & chambers, S. (1995). *Operations Management*. London: Pitman Publishing. 794 s.
- Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Macmillian Publishing Company. 315 s.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation*. Second utg. New York: Simon and Schuster. 400 s.
- Womack, J. P. (2011). *Gemba Walks*. Cambridge: Lean Enterprise Institute. 325 s.

### Artikler

- Arbulu, R. J. & Tommelein, I. D. (2002). *Value stream analysis of construction chains: case study on pipe supports used in power plants*. International Group for Lean Construction IGLC10, Gramado, Brazil.
- Bølviken, T., Rooke, J. & Koskela, L. (2014). *The Wastes of Production in Construction – a TFV Based Taxonomy*. International Group for Lean Construction IGLC22, Oslo, Norway, s. 811-822.

- Chen, J. C., Li, Y. & Shad, B. D. (2010). From value stream mapping towards a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48:4: 1069-1086.
- Emmitt, S., Sander, D. & Christoffersen, A. K. (2005). *The Value Universe: Defining a Value Based Approach to Lean Construction*. International Group for Lean Construction IGLC13, Sidney, Australia.
- Howell, G. & Ballard, G. (1998). *Implementing Lean Construction: Understanding and action*. International Group for Lean Construction IGLC6, Guarujá, Brasil.
- Howell, G. A. (1999). *What is lean construction?* International Group for Lean Construction IGLC7, California, USA, s. 1-10.
- Hwang, B. G., Thomas, S. R., Haas, C. T. & Caldas, C. H. (2009). *Measuring the Impact of Rework on Construction Cost Performance*, b. 135: ASCE. 11 s.
- Ingvaldsen, T. & Edvardsen, D. F. (2007). *Effektivitetsanalyse av byggeprosjekter: måle- og analysemetode basert på referansetesting av 122 norske boligprosjekter fra perioden 2000-2005*, b. 1-2007. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Josephson, P.-E. & Saukkoripi, L. (2005). Waste in construction projects. Call for a new approach, 0507. Gøteborg: The centre for Management og the Built Environment, Building Economics and Management. 51 s.
- Kalsaas, B. T. (2010). *Work-time waste in construction*. International Group for Lean Construction IGLC18, Haifa, Israel.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Espoo, Finland: Technical research centre of Finland VTT Building Technology. 68 s.
- Koskela, L. (1993). *Lean production in construction*. 1st Lean construction workshop, Espoo, Finland: Technical Research Centre of Finland VTT.
- Lacerda, A. P., Xambre, A. R. & Alvelos, H. M. (2016). Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54:6: 1708-1720.
- Langlo, J. A., Bakken, S., Karud, O. J., Andersen, B. & Malm, E. (2013). *Måling av produktivitet i byggenæringen*. Trondheim: SINTEF Teknologi og samfunn.
- Ronen, B. (1992). *The Complete Kit Concept*. Israel: Tel Aviv University, Faculty of Management. 9 s.

- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A. & Minkarah, I. (2006). Lean Construction: From Theory to Implementation. *Journal of Management in Engineering*, 22: 168-175.
- Soltero, C. & Waldrip, G. (2002). Using Kaizen to Reduce Waste: Continual improvement through small steps. *Wiley Inter Science*, 11: 23-38.
- Stortingsmelding nr 28. (2011-2012). *Gode bygg for eit betre samfunn*. Oslo: Kommunal- og regionaldepartementet. 118 s.
- Turin, D. A. (2003). Building as a process. *Buildning Research and Information*, 31: 180-187.
- Tyagi, S., Choudhary, A., Xianming, C. & Yang, K. (2015). Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. *International Journal of Production Research*, 160: 202-212.
- Vhrijoef, R. & Koskela, L. (2005). *Revisiting the three peculiarities of production in construction*. International Group for Lean Construction IGLC13, Sydney, Australia, s. 19-27.
- Viana, D. D., Formoso, C. T. & Kalsaas, B. T. (2012). *Waste in construction: A systematic literature review on emperical studies*. International Group for Lean Construction IGLC20, San Diego, USA.

### **Gradsoppgaver**

- Ballard, G. (2000). *The last planner system of production control*. Doctor of Philosophy: The University of Bermingham, Faculty of Engineering. 192 s.
- Gleeson, F. & Townend, J. (2007). *Lean Construction in the corporate world of the UK construction industry*. MSc. Manchester: University of Manchester, School of Mechanical, Aerospace and Construction Engineering.
- Nielsen, A. S. & Kristensen, E. L. (2002). *Lean construction*. MSc. Aalborg: Aalborg University, Institutt for Produktion - Byggeledelse. 69 s.

### **Nettsider**

- Lean Enterprise Institute. (2016). *What is lean?* Tilgjengelig fra:  
<http://www.lean.org/WhatsLean/> (lest 18.03.2016).
- LPO Arkitekt. (2016). *Portalen - Jernbanetomta*. Tilgjengelig fra:  
<http://www.lpo.no/arkitektur/portalen-jernbanetomta-article85-133.html> (lest 09.03.2016).

- OBOS. (2016a). *Fakta om OBOS*. Tilgjengelig fra: <https://www.obos.no/om-obos/fakta-om-obos> (lest 09.03.2016).
- OBOS. (2016b). *Portalen - Lillestrøm*. Tilgjengelig fra: <http://www.portalen-lillestrom.no/om-portalen/> (lest 09.03.2016).
- UiO. (2015). *Involverende planlegging*: Institutt for sosiologi og samfunnsgeografi.  
Tilgjengelig fra: <http://www.sv.uio.no/iss/forskning/prosjekter/involverende-planlegging/> (lest 15.03.2015).
- Veidekke. (2015a). *Faktaark om forbedringsarbeid*. Tilgjengelig fra:  
<http://veidekke.no/incoming/article8701.ece/binary/Faktaark-Forbedringsarbeid-2014.pdf> (lest 15.03.2015).
- Veidekke. (2015b). *Faktaark om involverende planlegging*. Tilgjengelig fra:  
<http://veidekke.no/incoming/article8702.ece/binary/Faktaark-Involverende-Planlegging-2014.pdf> (lest 15.03.2016).
- Veidekke. (2015c). *Metodikk som gjør raketforskere nysgjerrige*. Tilgjengelig fra:  
<http://veidekke.no/om-oss/nyheter-og-media/temasaker/article19869.ece> (lest 15.03.2016).
- Veidekke. (2016a). *Fakta om Veidekke*. Tilgjengelig fra: <http://veidekke.no/om-oss/article8949.ece> (lest 07.03.2015).
- Veidekke. (2016b). *Involverende planlegging - lean construction*. Tilgjengelig fra:  
<http://veidekke.no/om-oss/kompetanse/article8308.ece> (lest 15.03.2016).
- Veidekke. (2016c). *Om virksomheten*. Tilgjengelig fra:  
[http://veidekke.no/incoming/article16297.ece/binary/Fakta %7C Om virksomheten.pdf](http://veidekke.no/incoming/article16297.ece/binary/Fakta%7C%20Om%20virksomheten.pdf) (lest 07.03.2016).
- Veidekke. (2016d). *Portalen Lillestrøm - BREEAM-NOR*. Tilgjengelig fra:  
<http://veidekke.no/prosjekter/article10172.ece> (lest 07.03.2016).
- Veidekke. (2016e). *Tjenester*. Tilgjengelig fra: <http://veidekke.no/tjenester/> (lest 05.03.2016).
- Veidekke. (2016f). *Veidekke sine prosjekter*. Tilgjengelig fra: <http://veidekke.no/prosjekter/> (lest 07.03.2016).
- Veidekke. (2016g). *Verdigrunnlag og Veidekkehuset*. Tilgjengelig fra: <http://veidekke.no/om-oss/verdigrunnlag/article10247.ece> (lest 07.03.2016).



Veidekke. (2016h). *Vår historie - Det begynte med brostein*. Tilgjengelig fra:

<http://veidekke.no/om-oss/var-historie/article8165.ece> (lest 05.03.2016).

**Forelesningsnotater/ kompendier/ upubliserte dokumenter**


Ernst & Young. (2010). *Verdistrømsanalyse - administrative prosesser*. Oslo. 25 s.



## 9. Vedlegg

### Vedlegg 1 - Håndnotater fra verdistrømkartlegging 3

## VERDISTRØMKARTLEGGING

PROSJEKT <i>Portalen, hillestrøm</i>	FIRMA <i>Veiclekke Entreprenør</i>
OBSERVASJONS REGISTRERING AKTIVITET <i>Tøming av stenderverk</i>	ILLUSTRASJON 
PERSON OBSERVERT <i>1 håndverker</i>	
ANTALL MEDARBEIDERE <i>ingen</i>	
ARBEIDSSTASJON OG LOKASJON <i>3 etasje i boligbygg B</i>	
DATO <i>07.03.2016</i>	OBSERVANT

SKISSER ARBEIDSSOMRÅDET I BOKSEN.  
HUSK Å INDIKER FLYT MED PILER.

### NOTATER OG SPEIELLE TEGNFORKLARINGER


TID			AKTIVITET OG NOTATER	MØTE	MOBILISERING	HENTING	FORBEREDELSE	PRODUKSJON	INSTALLERING	LETING	AVKLARING	VENTING	INSPEKSJON	TRANSPORT	LAGRING
T	M	S													
	3	17	studere tegning	∞	+	↓	■	+	○	?	×	○	☑	→	◆
	1	59	hente lattestrimmel	∞	+	×	■	+	○	?	\$	○	☑	→	◆
	2	24	samtale	∞	+	↓	■	+	○	?	\$	×	☑	→	◆
	1	53	oppmåling	∞	+	↓	×	+	○	?	\$	○	☑	→	◆
	2	34	Kappe materialer	∞	+	↓	×	+	○	?	\$	○	☑	→	◆
	3	20	hente verktøy	∞	+	×	■	+	○	?	\$	○	☑	→	◆
	2	50	feste lattestrimmel	∞	+	↓	■	×	○	?	\$	○	☑	→	◆
	3	44	montere bunsvill	∞	+	↓	■	×	○	?	\$	○	☑	→	◆
	2	17	vente	∞	+	↓	■	+	○	?	\$	×	☑	→	◆
	5	22	oppmåling	∞	+	↓	×	+	○	?	\$	○	☑	→	◆
	2	50	vente	∞	+	↓	■	+	○	?	\$	×	☑	→	◆
	2	58	Kappe materialer	∞	+	↓	×	+	○	?	\$	○	☑	→	◆

TOTAL TID BRUKT \_\_\_\_\_

Side 1 av 5



## VERDISTRØMKARTLEGGING

PROSJEKT	FIRMA
<b>OBSERVASJONS REGISTRERING</b> AKTIVITET	<b>ILLUSTRASJON</b>
PERSON OBSERVERT	
ANTALL MEDARBEIDERE	
ARBEIDSSTASJON OG LOKASJON	
DATO	
OBSERVANT	

SKISSER ARBEIDSSOMRÅDET I BOKSEN.  
HUSK Å INDIKER FLYT MED PILER.

**NOTATER OG SPESIELLE TEGNFORKLARINGER**

				KRYSS AV FOR PASSENDE SYMBOL SOM REPRESENTERER AKTIVITETEN												
TID			AKTIVITET OG NOTATER	MØTE	MOBILISERING	HENTING	FORBEREDELSE	PRODUKSJON	INSTALLERING	LETING	AVKLARING	VENTING	INSPEKSJON	TRANSPORT	LAGRING	
T	M	S														
	4	12	borre betong fester	∞	+	↑	■	×	○	?	\$	∅	☑	→	◆	
	2	33	feste laftestrimmel	∞	+	↑	■	×	○	?	\$	∅	☑	→	◆	
	7	12	montere toppsvill	∞	+	↑	■	×	○	?	\$	∅	☑	→	◆	
	3	4	hente verktøy	∞	+	×	■	◇	○	?	\$	∅	☑	→	◆	
	4	17	oppmåling	∞	+	↑	×	◇	○	?	\$	∅	☑	→	◆	
	5	52	hente materialer	∞	+	×	■	◇	○	?	\$	∅	☑	→	◆	
	1	50	Kappe materialer	∞	+	↑	×	◇	○	?	\$	∅	☑	→	◆	
	2	43	feste stender	∞	+	↑	■	×	○	?	\$	∅	☑	→	◆	
	4	18	stille inn laservater	∞	+	↑	×	◇	○	?	\$	∅	☑	→	◆	
	2	4	samtale	∞	+	↑	■	◇	○	?	\$	∅	×	☑	→	◆
	6	49	oppmåling	∞	+	↑	×	◇	○	?	\$	∅	☑	→	◆	
	3	17	Kappe materialer	∞	+	↑	×	◇	○	?	\$	∅	☑	→	◆	

TOTAL TID BRUKT \_\_\_\_\_

Side 2 av 5



## VERDISTRØMKARTLEGGING

PROSJEKT <hr/> <b>OBSERVASJONS REGISTRERING</b> AKTIVITET <hr/> PERSON OBSERVERT <hr/> ANTALL MEDARBEIDERE <hr/> ARBEIDSSSTASJON OG LOKASJON <hr/> DATO <span style="margin-left: 100px;">OBSERVANT</span> <hr/>	FIRMA <hr/> <b>ILLUSTRASJON</b> <div style="border: 1px dashed black; height: 150px; width: 100%; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 10px; right: 10px; font-size: 2em;">↕</div> </div>
---	---

SKISSER ARBEIDSOBRÅDET I BOKSEN.  
HUSK Å INDIKER FLYT MED PILER.

**NOTATER OG SPEIELLE TEGNFORKLARINGER**

TID			KRYSS AV FOR PASSENDE SYMBOL SOM REPRESENTERER AKTIVITETEN	MØTE	MOBILISERING	HENTING	FORBEREDELSE	PRODUKSJON	INSTALLERING	LETING	AVKLARING	VENTING	INSPEKSJON	TRANSPORT	LAGRING
T	M	S													
1	52		feste stender	∞	+	↑	■	×	○	?	§	∅	☑	→	◆
2	11		hente materialer	∞	+	×	■	◇	○	?	§	∅	☑	→	◆
2	27		feste stender	∞	+	↑	■	×	○	?	§	∅	☑	→	◆
3	19		inspeksjon	∞	+	↑	■	◇	○	?	§	∅	×	→	◆
2	2		feste stender	∞	+	↑	■	×	○	?	§	∅	☑	→	◆
3	7		samtale	∞	+	↑	■	◇	○	?	§	∅	×	→	◆
2	53		studere tegning	∞	+	↑	■	◇	○	?	×	∅	☑	→	◆
2	14		Kappe materialer	∞	+	↑	×	◇	○	?	§	∅	☑	→	◆
2	21		feste stender	∞	+	↑	■	×	○	?	§	∅	☑	→	◆
1	55		Kappe materialer	∞	+	↑	×	◇	○	?	§	∅	☑	→	◆
2	4		feste stender	∞	+	↑	■	×	○	?	§	∅	☑	→	◆
3	51		borre betongfester	∞	+	↑	×	◇	○	?	§	∅	☑	→	◆

TOTAL TID BRUKT \_\_\_\_\_

Side 3 av 5



## VERDISTRØMKARTLEGGING

PROSJEKT <hr/> OBSERVASJONS REGISTRERING AKTIVITET <hr/> PERSON OBSERVERT <hr/> ANTALL MEDARBEIDERE <hr/> ARBEIDSSTASJON OG LOKASJON <hr/> DATO <hr/> OBSERVANT <hr/>	FIRMA <hr/> ILLUSTRASJON <div style="border: 1px dashed black; height: 150px; width: 100%; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 10px; right: 10px; font-size: 2em;">+</div> </div> <hr/> SKISSER ARBEIDSOmrÅDET I BOKSEN. HUSK Å INDIKER FLYT MED PILER.
---	---

**NOTATER OG SPEIELLE TEGNFORKLARINGER**

TID			AKTIVITET OG NOTATER	NOTE	MOBILISERING	HENTING	FORBEREDELSE	PRODUKSJON	INSTALLERING	LETING	AVKLARING	VENTING	INSPEKSJON	TRANSPORT	LAGRING
T	M	S													
	2	41	vente	∞	+	↑	■	∗	○	?	§	×	☑	↓	◆
	1	18	Kappe materialer	∞	+	↑	×	∗	○	?	§	○	☑	↓	◆
	2	17	oppmåling	∞	+	↑	×	∗	○	?	§	○	☑	↓	◆
	2	39	feste stender	∞	+	↑	■	×	○	?	§	○	☑	↓	◆
	4	31	vente	∞	+	↑	■	∗	○	?	§	×	☑	↓	◆
	3	19	oppmåling	∞	+	↑	×	∗	○	?	§	○	☑	↓	◆
	2	27	Kappe materialer	∞	+	↑	×	∗	○	?	§	○	☑	↓	◆
	3	18	feste spiker/slag	∞	+	↑	■	×	○	?	§	○	☑	↓	◆
	1	51	hente materialer	∞	+	×	■	∗	○	?	§	○	☑	↓	◆
	4	2	samtale	∞	+	↑	■	∗	○	?	§	×	☑	↓	◆
	2	7	Kappe materialer	∞	+	↑	×	∗	○	?	§	○	☑	↓	◆
	2	11	feste spiker/slag	∞	+	↑	■	×	○	?	§	○	☑	↓	◆

TOTAL TID BRUKT \_\_\_\_\_

Side 4 av 5



## VERDISTRØMKARTLEGGING

PROSJEKT <hr/> <b>OBSERVASJONS REGISTRERING</b> AKTIVITET <hr/> PERSON OBSERVERT <hr/> ANTALL MEDARBEIDERE <hr/> ARBEIDSSTASJON OG LOKASJON <hr/> DATO <span style="margin-left: 100px;">OBSERVANT</span> <hr/>	FIRMA <hr/> <b>ILLUSTRASJON</b> <div style="border: 1px dashed black; height: 150px; width: 100%; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 10px; right: 10px; font-size: 2em;">+</div> </div> <hr/>
--	---

SKISSER ARBEIDSOMRÅDET I BOKSEN.  
HUSK Å INDIKER FLYT MED PILER.

**NOTATER OG SPESIELLE TEGNFORKLARINGER**

KRYSS AV FOR PASSENDE SYMBOL SOM REPRESENTERER AKTIVITETEN					MOBILISERING	HENTING	FORBEREDELSE	PRODUKSJON	INSTALLERING	LETING	AVKLARING	VENTING	INSPEKSJON	TRANSPORT	LAGRING
TID			AKTIVITET OG NOTATER	MØTE											
T	M	S													
		1 29	inspeksjon	∞	+	↑	■	+	○	?	\$	○	×	→	◆
		3 16	leke etter utstyr	∞	+	↑	■	+	○	?	\$	○	□	→	◆
		2 2	flytte kappesag	∞	×	↑	■	+	○	?	\$	○	□	→	◆
		1 21	kappe materialer	∞	+	↑	■	×	○	?	\$	○	□	→	◆
		2 2	feste spikerslag	∞	+	↑	■	×	○	?	\$	○	□	→	◆
		1 51	samtale	∞	+	↑	■	+	○	?	\$	×	□	→	◆
		1 17	feste spikerslag	∞	+	↑	■	×	○	?	\$	○	□	→	◆
		5 17	rydde og feie	∞	+	↑	■	×	○	?	\$	○	□	→	◆
		2 11	ordne med verktøy	∞	+	↑	■	×	○	?	\$	○	□	→	◆
		4 18	feste spikerslag	∞	+	↑	■	×	○	?	\$	○	□	→	◆
				∞	+	↑	■	+	○	?	\$	○	□	→	◆
				∞	+	↑	■	+	○	?	\$	○	□	→	◆

TOTAL TID BRUKT \_\_\_\_\_

Side 5 av 5

## Vedlegg 2 - Fremstilling av data fra verdistrømkartlegging 3

Aktivitet	Beskrivelse	tid i sekunder	tid [min]	tid [sek]	Verdiskapende	Nødvendig	Ikke-verdiskapende
Nødvendig	Studere tegning	197	3	17	0	197	0
Nødvendig	Hente laftestrimmel	119	1	59	0	119	0
Ikke-verdiskapende	Samtale	144	2	24	0	0	144
Nødvendig	Oppmåling	113	1	53	0	113	0
Nødvendig	Kappe materialer	154	2	34	0	154	0
Ikke-verdiskapende	Hente verktøy	200	3	20	0	0	200
Verdiskapende	Feste laftestrimmel	170	2	50	170	0	0
Verdiskapende	Montere bunnsvill	224	3	44	224	0	0
Ikke-verdiskapende	Vente	137	2	17	0	0	137
Nødvendig	Oppmåling	322	5	22	0	322	0
Ikke-verdiskapende	Vente/snakke	170	2	50	0	0	170
Nødvendig	Kappe materialer	178	2	58	0	178	0
Verdiskapende	Borre betongfester	252	4	12	252	0	0
Verdiskapende	Feste laftestrimmel	153	2	33	153	0	0
Verdiskapende	Montere toppsvill	432	7	12	432	0	0
Ikke-verdiskapende	Hente verktøy	184	3	4	0	0	184
Nødvendig	Oppmåling	257	4	17	0	257	0
Ikke-verdiskapende	Hente materialer	352	5	52	0	0	352
Nødvendig	Kappe materialer	110	1	50	0	110	0
Verdiskapende	Feste stender	163	2	43	163	0	0
Ikke-verdiskapende	Stille laservater	258	4	18	0	0	258
Ikke-verdiskapende	Samtale	124	2	4	0	0	124
Nødvendig	Oppmåling sviller	409	6	49	0	409	0
Nødvendig	Kappe materialer	197	3	17	0	197	0
Verdiskapende	Feste stender	112	1	52	112	0	0
Ikke-verdiskapende	Hente materialer	131	2	11	0	0	131
Verdiskapende	Feste stender	147	2	27	147	0	0
Nødvendig	Inspeksjon	199	3	19	0	199	0
Verdiskapende	Feste stender	122	2	2	122	0	0
Ikke-verdiskapende	Samtale	187	3	7	0	0	187
Nødvendig	Studere tegning	173	2	53	0	173	0
Nødvendig	Kappe materialer	134	2	14	0	134	0
Verdiskapende	Feste stender	141	2	21	141	0	0
Nødvendig	Kappe materialer	115	1	55	0	115	0
Verdiskapende	Feste stender	124	2	4	124	0	0
Verdiskapende	Borre betongfester	231	3	51	231	0	0
Ikke-verdiskapende	Vente	161	2	41	0	0	161
Nødvendig	Kappe materialer	78	1	18	0	78	0
Nødvendig	Oppmåling	137	2	17	0	137	0
Verdiskapende	Feste stender	159	2	39	159	0	0
Ikke-verdiskapende	Vente	271	4	31	0	0	271
Nødvendig	Oppmåling	199	3	19	0	199	0
Nødvendig	Kappe materialer	147	2	27	0	147	0
Verdiskapende	Feste spikerslag	198	3	18	198	0	0
Ikke-verdiskapende	Hente materialer	111	1	51	0	0	111
Ikke-verdiskapende	Samtale	242	4	2	0	0	242
Nødvendig	Kappe materialer	127	2	7	0	127	0
Verdiskapende	Feste spikerslag	131	2	11	131	0	0
Nødvendig	Inspeksjon	89	1	29	0	89	0
Ikke-verdiskapende	Lete etter utstyr	196	3	16	0	0	196
Ikke-verdiskapende	Flytte sag	122	2	2	0	0	122
Nødvendig	Kappe materialer	81	1	21	0	81	0
Verdiskapende	Feste spikerslag	122	2	2	122	0	0
Ikke-verdiskapende	Samtale	111	1	51	0	0	111
Verdiskapende	Feste spikerslag	77	1	17	77	0	0
Ikke-verdiskapende	Rydde/feie	317	5	17	0	0	317
Ikke-verdiskapende	Ordne verktøy	131	2	11	0	0	131
Verdiskapende	Feste spikerslag	258	4	18	258	0	0

	Tidsfordeling prosent	
Verdiskapende	2881	30,6 %
Nødvendig	3535	37,6 %
Ikke-verdiskapende	2990	31,8 %
Sum tid	9406	100,0 %







Norges miljø- og biovitenskapelig universitet  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway