

## Sanntidsdatafangst i byggeprosjekter

**Matilde Funderud**

**Therese Karlsen**

Produktutvikling og produksjon

Innlevert: desember 2016

Hovedveileder: Nils Olsson, MTP

Medveileder: Agnar Johansen, SINTEF  
Petter Sponberg, Bundebygg

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for maskinteknikk og produksjon



## Abstract

It is said that a construction project will gain a competitive advantage by reusing information in real time. This requires good systems for information flow and relevant data collection done at the right moments. The purpose of this study is to examine how information flows are practiced in a construction project, and how real-time data acquisition can be a contributor to a more efficient production line.

Various literature has revealed opportunities for data collection in construction projects. Recent research shows that there is great potential in developing efficient real-time information systems. However, there is a challenge in finding solutions that are universal for construction projects.

A case study on concrete production in a construction project has also been conducted. The authors have studied how a concrete production takes place, through participation and active observation, with a particular focus on coordination and information flow between project management and other subcontractors. They observed a satisfying cooperation, both within and across companies that are involved in the production. However, they also observed a lack of information systems that can link the production line together. This shortcoming makes it challenging to take advantage of existing data efficiently from the production phase.

The case study has therefore through observations, and with inspiration from the literature study, studied the data sources that can be exploited. Different alternatives of overall systems that can enable an optimal utilization of data sources have also been examined. Different information perspectives have been highlighted through various mapping methods. Various needs for information related to concrete production have been identified, and these have been met with appropriate data sources, which further has formulated a comprehensive proposal for efficiency measures. It has been found that production can take advantage of using existing data in projects. There is particular potential to disclose information on planned activities on time, and conduct progress measurements in real-time. However, a gap is observed between scientific research and what is considered realistic to implement in the case project. Therefore, it is presented one realistic proposal and one more advanced proposal, where the latter includes continuous data streams in real time. The study has revealed that there is a potential for improved efficiency in the case projects that should be utilized. However, the observed corporate culture, the lack of technical skills, and the practice in the construction pit, seem to be a barrier to the realization of such a process improvement.



## Sammendrag

Ved å gjenbruke informasjon i sanntid har et prosjekt gode forutsetninger for å oppnå en vellykket prosjektgjennomføring. Dette forutsetter gode systemer for informasjonsflyt og relevant datafangst utført til riktig tid. Formålet med denne studien er å undersøke hvordan informasjonsflyt praktiseres i et byggeprosjekt, og hvordan sanntidsdatafangst kan være en bidragsyter mot en mer effektiv produksjon.

Det er foretatt en litteraturstudie som presenterer muligheter for datafangst i byggeprosjekter. Nyere forskning viser at det er et stort potensiale i å utvikle effektive sanntidsbaserte informasjonssystemer, men at det er en utfordring å finne løsninger som er universelle for prosjekter på produksjonsnivå.

Det er også gjennomført en casestudie på en betongproduksjon i et byggeprosjekt, hvor forfatterne gjennom deltakende og aktiv observasjon har studert hvordan en betongproduksjon foregår. Med et særlig fokus på koordinering og informasjonsflyt mellom prosjektledelse, håndverkere og andre underleverandører, er det observert gode samarbeid internt og på tvers av involverte bedrifter. Imidlertid observeres det en mangel på informasjonssystemer som kan knytte produksjonslinjen sammen. Dette gjør det videre utfordrende å dra nytte av eksisterende data fra produksjonsfasen på en tilstrekkelig effektiv måte.

Casestudien har derfor gjennom observasjoner, samt inspirasjon fra litteraturstudien, studert hvilke datakilder som kan utnyttes og hvilke overordnede systemer som kan muliggjøre en optimal utnyttelse av datakildene. Gjennom ulike kartleggingsmetoder har ulike informasjonsperspektiv blitt belyst. Identifiserte informasjonsbehov relatert til betongproduksjonen er forsøkt møtt med aktuelle datakilder, som videre har utformet et helhetlig forslag til effektiviserende tiltak. Det er funnet at produksjonen kan dra fordeler av å anvende eksisterende data i prosjekter. Det er et særlig potensiale i å videreformidle informasjon om planlagte aktiviteter i tide, samt gjøre sanntidsbaserte fremdriftsmålinger. Imidlertid er det observert et gap mellom vitenskapelige funn og hva som anses som realistisk å gjennomføre i valgt case. Derfor er det presentert et nærliggende forslag og et mer avansert forslag, hvor sistnevnte i større grad utnytter kontinuerlige datastrømmer i sanntid.

Studien har avdekket at det foreligger et potensiale for effektivisering i caseprosjektet som bør utnyttes. Dagens observerte bedriftskultur, digitale forutsetninger og nødvendige praksis i byggegropa sees imidlertid på som en barriere for realisering av en slik prosessforbedring.



## Forord

Denne masteroppgaven er inspirert av og skrevet i samarbeid med forskningssprosjektet SpeedUp og omhandler sanntidsdatafangst og effektivisering i byggeprosjekter. SpeedUp arbeider mot en reduisering av gjennomføringstid av store prosjekter. Studien er gjennomført av Matilde Funderud og Therese Karlsen og tilsvarer 30 studiepoeng per student. Masteroppgaven er tilknyttet et femårig studieløp med fordypning innen Prosjekt-og Kvalitetsledelse på NTNU.

Det anbefales at leseren har grunnleggende kunnskaper innen prosjektledelse og byggeprosjekter.

Vi vil gjerne rette en stor takk til våre tre veiledere: Nils Olsson, for hans løsningsorienterte og direkte tilbakemeldinger, Agnar Johansen, som har motivert oss og drevet oss fremover dag for dag, og Petter Sponberg, for hans engasjement og kvalitetskaffe. Samlet har de motivert og inspirert oss til å ville arbeide videre med utvikling av norske byggeprosjekter.

Vi vil også takke personer fra Bundebygg og underleverandører av Bundebygg med tilknytning til Samlokaliseringsprosjektet i Ås kommune, som velvillig har hjulpet oss å skaffe til veie informasjon gjennom studien. Deres engasjement og forventninger har drevet oss i prosessen mot å utvikle forslag og løsninger som kan ha nytteverdi i deres prosjekter.





# Innhold

<b>Figurer</b>	<b>xi</b>
<b>Tabeller</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Potensialet av datafangst i byggeprosjekter</b>	<b>1</b>
1.1 Gjenbruk av informasjon . . . . .	2
1.2 Er digitalisering løsningen? . . . . .	2
1.3 Mål for studien . . . . .	3
1.3.1 Forskningsspørsmål . . . . .	3
1.3.2 Avgrensninger . . . . .	5
1.4 Leserveiledning . . . . .	5
<b>2 Metode og forskningsdesign</b>	<b>7</b>
2.1 Metodevalg . . . . .	7
2.1.1 Kvantitativ kontra kvalitativ . . . . .	7
2.1.2 Induktiv kontra deduktiv . . . . .	8
2.1.3 Forskningsdesign . . . . .	8
2.2 Valgt forskningsdesign . . . . .	8
2.2.1 Hvordan data er innsamlet og bearbeidet . . . . .	9
2.2.2 Alternativ metode . . . . .	11
2.3 Vurdering av valgt metode . . . . .	11
2.3.1 Reliabilitet og validitet . . . . .	13
<b>3 Samtidsdatafangst</b>	<b>15</b>
3.1 Hvorfor datafangst? . . . . .	15
3.1.1 Datafangst i byggeprosjekter . . . . .	16
3.2 Forutsetninger for utnyttelse av datafangst i en bedrift . . . . .	17
3.2.1 Ledelse og fagkyndige . . . . .	17
3.2.2 Bedriftskultur . . . . .	18
3.2.3 Teknologi . . . . .	19
3.3 Hvilke data kan fanges opp? . . . . .	19
3.4 Hvordan kan dataen fanges opp? . . . . .	20

3.4.1	Utstyr på byggeplass . . . . .	21
3.4.2	Mennesker . . . . .	23
3.4.3	Data fra interne IT-system . . . . .	24
3.5	Kvalitetsvurdering av datakilder . . . . .	24
3.5.1	Universelle mål . . . . .	24
3.5.2	Relevans og pålitelighet . . . . .	24
3.5.3	Tilgjengelighet . . . . .	25
3.6	Hvordan kan data samles og videreformidles? . . . . .	25
3.6.1	Konseptuelle løsninger . . . . .	26
3.6.2	Synliggjøring av prosesser . . . . .	29
<b>4</b>	<b>Kartleggingsmetoder</b>	<b>31</b>
4.1	Verdiskapning . . . . .	31
4.1.1	Effektivisering . . . . .	32
4.2	Kartleggingsverktøy . . . . .	35
4.2.1	Brukeren . . . . .	36
4.2.2	Flytskjema . . . . .	37
4.2.3	Dataflytdiagram . . . . .	38
4.2.4	Sosial Nettverksanalyse . . . . .	38
4.2.5	Feltstudie: Lær av den ansatte . . . . .	39
4.3	Oppsummering . . . . .	41
<b>5</b>	<b>Case: Samlokaliseringsprosjektet</b>	<b>43</b>
5.1	Kartlegging av informasjonsflyt . . . . .	45
5.1.1	Flytnr 1./2. Prosjektledelse og armeringsbas/forskalingsbas . . . . .	45
5.1.2	Flyt nr 3. Prosjektledelse og interne inspeksjonsansvarlige . . . . .	47
5.1.3	Flyt nr 4. Prosjektledelse og oppmålingsfirma . . . . .	48
5.1.4	Flyt nr 5. Prosjektledelse og pumpeleverandør . . . . .	49
5.1.5	Flyt nr 6. Prosjektledelse og betongleverandør . . . . .	50
5.2	Fra observasjoner til behov . . . . .	52
5.2.1	Observer arbeidshverdagen . . . . .	53
5.2.2	Identifiser involverte aktører . . . . .	53
5.2.3	Identifiser årsak . . . . .	53
5.2.4	Kartlegg konsekvens . . . . .	53
5.2.5	Generer løsninger . . . . .	56
5.2.6	Identifiser behovet (informasjon- eller systemrettet) . . . . .	56
5.2.7	Prioriter behovene . . . . .	56
<b>6</b>	<b>Sanntidsdatafangst i casebedrift</b>	<b>61</b>
6.1	Datafangst hos Bundebygg i dag . . . . .	61
6.2	Hvilke data kan fanges opp? . . . . .	62
6.3	Hvordan kan disse dataene fanges opp? . . . . .	64

6.3.1	Personell . . . . .	64
6.3.2	Byggeutstyr . . . . .	65
6.4	Hvordan kan disse dataene samles inn og videreformidles? . . . . .	66
6.5	Har datakildene tilfredsstillende kvalitet? . . . . .	67
6.5.1	Tilgjengelighet og eierskap . . . . .	67
6.5.2	Relevans og pålitelighet . . . . .	67
6.5.3	Hyppighet . . . . .	68
6.5.4	Universelle løsninger . . . . .	68
6.5.5	Kvalitetvurdering av datakilder fra utstyr på byggeplass . . . . .	68
6.5.6	Kvalitetvurdering av datakilder fra IT-systemer . . . . .	70
6.5.7	Kvalitetvurdering av data generert av mennesker . . . . .	71
<b>7</b>	<b>Prosessforbedring i valgt case</b>	<b>73</b>
7.1	Utfordringer i betongproduksjonen . . . . .	73
7.2	Prinsipp for forbedring . . . . .	75
7.2.1	Fokuser på <i>tid</i> . . . . .	75
7.2.2	Fokuser på prosessen som helhet . . . . .	77
7.2.3	Finn konkrete løsninger . . . . .	78
7.2.4	Velg de rette løsningene for bedriften . . . . .	81
7.3	Forslag til datafangst . . . . .	84
7.3.1	Bestillinger . . . . .	84
7.3.2	Smarttelefon . . . . .	85
7.3.3	Adgangskontroll . . . . .	86
7.3.4	Betongleveranser . . . . .	87
7.3.5	Støpeplan . . . . .	88
7.4	Forslag til innsamling og videreformidling av informasjon . . . . .	89
7.4.1	Samhandlingstjeneste og lagringsplattform . . . . .	89
7.4.2	Forslagramme . . . . .	91
7.5	Prosessforbedringsforslag A . . . . .	93
7.5.1	Muligheter . . . . .	93
7.5.2	Eksempel på synliggjøring av prosess . . . . .	94
7.6	Effekt av Prosessforbedringsforslag A . . . . .	96
7.6.1	Effekt av samhandlingstjeneste . . . . .	97
7.6.2	Effekt av lagringsplattform . . . . .	98
7.6.3	Informasjonsflyt med pumpeleverandør . . . . .	99
7.6.4	Informasjonsflyt med betongleverandør . . . . .	101
7.6.5	Informasjonsflyt med armering- og forskalingslag . . . . .	102
7.6.6	Informasjonsflyt - Inspeksjon . . . . .	103
7.6.7	Informasjonsflyt med måleingeniør . . . . .	105
7.6.8	Effekter av foreslått informasjonsnettverk . . . . .	106
7.6.9	Mulige hinder for utnyttelse . . . . .	111
7.6.10	Muligheter på sikt . . . . .	112

7.7	Forslag B og forventa effekter . . . . .	112
7.7.1	Muligheter . . . . .	113
7.7.2	Eksempel på synliggjøring av prosess . . . . .	114
7.7.3	Forventa effekter . . . . .	114
7.8	Styrker og svakheter med resultatene . . . . .	116
7.8.1	Er sanntidsdatafangst løsningen alene? . . . . .	117
7.8.2	Generaliserbarhet . . . . .	117
<b>8</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>119</b>
8.1	Sanntidsdatafangst som effektiviserende tiltak? . . . . .	119
8.1.1	Forslag A . . . . .	119
8.1.2	Forslag B . . . . .	120
8.2	Videre arbeid . . . . .	121
8.3	Anbefalinger til Bundebygg som casebedrift . . . . .	122
8.3.1	Testing av forslag . . . . .	123
	<b>Referanser</b>	<b>125</b>
	<b>Appendices</b>	
<b>A</b>	<b>Intervjuguide</b>	<b>131</b>
<b>B</b>	<b>Vurdering av datakilder</b>	<b>133</b>
B.1	Utelatte datakilder . . . . .	133
B.1.1	Aktivitet i digitale system . . . . .	133
B.1.2	Utstyr . . . . .	133
B.1.3	Programvare/ digitale verktøy . . . . .	133
B.2	Kvalitetsvurdering av datakilder . . . . .	134
<b>C</b>	<b>Fra observasjon til løsning</b>	<b>143</b>
<b>D</b>	<b>Sosial nettverksanalyse resultater</b>	<b>154</b>

# Figurer

1.1	Illustrasjon av forskningsspørsmål . . . . .	3
3.1	Hva menes med begrepene rådata, innsamler og videreformidler? . . . . .	20
4.1	Illustrasjon av flytskjema . . . . .	37
4.2	Figurbeskrivelse av flytskjema . . . . .	37
4.3	Figurbeskrivelse av dataflyt . . . . .	38
4.4	Illustrasjon av dataflyt . . . . .	38
4.5	Illustrasjon av sosial nettverksanalyse . . . . .	39
5.1	Samlokaliseringsprosjektet på NMBU . . . . .	43
5.2	Flytskjema for en betongproduksjon . . . . .	44
5.3	Dataflyt 1/2 - Forskaling og armering . . . . .	46
5.4	Dataflyt 3 - Inspeksjon av armering og forskaling . . . . .	47
5.5	Dataflyt 5 - Oppmåler . . . . .	48
5.6	Dataflyt 5 - Pumpeleverandør . . . . .	49
5.7	Dataflyt 6 - Betongleverandør . . . . .	50
5.8	Feltstudie . . . . .	52
7.1	Datafangst og tidsperspektivet . . . . .	76
7.2	Tid versus pålitelighet og relevans . . . . .	77
7.3	Ramme for prosessforbedring . . . . .	92
7.4	Sanntidsdatafangst blir transparent i samhandlingstjenste . . . . .	95
7.5	Informasjonsflyt 5 - Forslag A . . . . .	100
7.6	Informasjonsflyt 6 - Forslag A . . . . .	101
7.7	Informasjonsflyt 1/2 - Forslag A . . . . .	102
7.8	Informasjonsflyt 3 - Forslag A . . . . .	104
7.9	Informasjonsflyt 4 - Forslag A . . . . .	105
7.10	Informasjonsnettverk . . . . .	107
7.11	Informasjonsnettverk ekskludert nødvendig diskusjon og dialog . . . . .	108
7.12	Informasjonsnettverk etter implementering av forslag A . . . . .	109
7.13	Illustrasjon av forslag B . . . . .	115

A.1	Intervjuspørsmål ekskl. oppfølgingsspørsmål . . . . .	132
D.1	Aktører i sosial nettverksanalyse med følgende nummerering . . . . .	154
D.2	Degree Centrality . . . . .	155
D.3	Betweenness Centrality . . . . .	156

# Tabeller

1.1	Leserveiledning . . . . .	6
3.1	Fagfelt for IT-system i BA-næringen . . . . .	26
4.1	Oppsummerende valg av kartleggingsmetoder . . . . .	41
5.1	Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritet (1) . . . . .	54
5.2	Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritet (2) . . . . .	55
5.3	Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsformat (1) . . . . .	57
5.4	Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsformat (2) . . . . .	58
6.1	Datakilder i ulike format . . . . .	63
6.2	Mennesket som datakilde . . . . .	64
6.3	Utstyr som datakilde . . . . .	65
6.4	IT-system som innsamler og videreformidler . . . . .	66
6.5	Vurdering av potensielle datakilder (1) . . . . .	69
7.1	Hvilke datakilder kan møte behovet? . . . . .	80
7.2	Hvilke datakilder er de mest egnende? . . . . .	82
B.1	Vurdering av potensielle datakilder (2) . . . . .	136
B.2	Vurdering av potensielle datakilder (3) . . . . .	137
B.3	Vurdering av potensielle datakilder (4) . . . . .	138
B.4	Vurdering av potensielle datakilder (5) . . . . .	139
B.5	Vurdering av potensielle datakilder (6) . . . . .	140
B.6	Vurdering av potensielle datakilder (7) . . . . .	141
C.1	Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritet - Bestillingsprosedyrer . . .	144
C.2	Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritet - Forberedelse . . . . .	145
C.3	Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritet - Støping . . . . .	146
C.4	Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritet - Generelle behov . . . . .	147
C.5	Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsbehov - Bestillingsprose- dyrer . . . . .	148

C.6	Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsbehov - Forberedelse . .	149
C.7	Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsbehov - Støping . . . .	150
C.8	Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsbehov - Generelle behov	151



# Kapittel 1

## Potensialet av datafangst i byggeprosjekter

Mange aktører og aktiviteter som pågår parallelt gjør en byggeplass til en travel arbeidsplass. Aktivitet foregår innafor et avgrensa område, som betyr at aktørene ofte deler på ressurser og arbeidsareal. Rørleggeren jobber med de samme bygningsmassene som elektrikereren, materialflyt transporteres gjennom en og samme kran og støpemannskap er avhengig av at armering er utført for å kunne utføre eget arbeid. Disse eksemplene har ett fellestrekk: *Aktiviteter på en byggeplass påvirker hverandre*. Siden denne påvirkningen er et faktum i komplekse byggeprosjekter forutsettes det en jevnlig dialog mellom aktørene i byggeprosa.

Samtidig er den høye aktiviteten på byggeplassen en indikasjon på at mange ressurser er i sving. Skjer det en uventet hendelse kan det skape en *ubalanse* i utnyttelse av disse ressursene. Aktiviteter kan bli utsatt eller utført på feil grunnlag, som fører til ikke-verdiskapende ressursforbruk. Dette vil igjen gi ringvirkninger for det videre aktivitetsforløpet. En slik ubalanse i en fase med mange løpende ressurser kan bli ubehagelig kostbar.

Det er derfor ønskelig å opprettholde en optimal utnyttelse av disse ressursene. For å muliggjøre dette *fortjener* og *trenger* en byggeplass effektive og solide løsninger for informasjonsflyt. Jo tidligere og tydeligere informasjonen oppstår og spres, desto større mulighetsrom har prosjektdeltakere for å ta strategiske valg. Informasjonsflyt er dermed en nødvendig aktivitet for at en produksjon skal fungere, men er i seg selv ikke verdiskapende. Derfor bør ressurser benyttet på informasjonsflyt reduseres til et minimum, samtidig som at fokuset på en solid informasjonsflyt bør øke.

Vasenev et al.[74] fremhever verdien av *gjenbruk* av informasjon, og mener at dersom gjenbruk praktiseres i sanntid vil et prosjekt ha gode forutsetninger for å bli vellykket. Dermed bør informasjonsflyten fanges opp og tilrettelegges for gjenbruk, på samme tid som at den ikke stjeler for mye ressurser. I tillegg må den skje like hyppig som endringer oppstår i et byggeprosjekt. Spres denne informasjon umiddelbart, i eller i sanntid, vil det kunne gi bedre forutsetninger for å planlegge, gjennomføre og

følge opp en produksjon effektivt. For å muliggjøre en slik gjenbruk bør fokuset på datafangst i sanntid øke.

## 1.1 Gjenbruk av informasjon

Fordelene med gjenbruk av informasjon vil variere med formålet. Det kan benyttes for å unngå dobbelrapporteringer, sikre informasjonsspredning på tvers av avdelinger, kvalitetssikre fakturahåndtering, samt benyttes i senere analyser for strategiske beslutninger. En forutsetning for gjenbruk av informasjon er imidlertid at den fanges opp. Å fange opp data kan defineres slik:

*Datafangst = Samle inn data som allerede eksisterer*

Det finnes utallige datakilder på en byggeplass. Gjennom dagens teknologi i maskiner og den økende utnyttelsen av IT-baserte verktøy, blir store datastrømmer registrert[57]. Utstyr på byggeplassen kan inneholde datasett med informasjon om pågående aktiviteter, bestillingssystemer besitter informasjon om fremtidige aktiviteter og leverandører loggfører aktivitet i deres eget system.

Dagens byggeprosjekter preges av raske endringer, som setter ekstra krav til å ha riktig personell, materialer og utstyr på riktig sted til riktig tid. Ved endringer er det dermed ønskelig at informasjon kan gjenbrukes umiddelbart etter den er innsamlet. Et system som gjenbraker informasjon, ved at det sender ut informasjon i samme hastighet som informasjon mottas, kan betegnes som et sanntidsstyringssystem[63]. Dermed vil selve datafangsten i sanntid kunne defineres som:

*Datafangst i sanntid = Samle inn og spre data idet den oppstår*

Fanges og spres denne informasjon umiddelbart, i eller i sanntid, vil det kunne gi bedre forutsetninger for å planlegge, gjennomføre og følge opp en produksjon effektivt. Forfatterne tror at datafangst kan muliggjøre at informasjon utnyttes av flere personer og til ulike formål. En realisering av slik gjenbruk av informasjon forutsetter imidlertid at byggeprosjekter tar steget mot en mer digitalisert hverdag.

## 1.2 Er digitalisering løsningen?

Det er imidlertid en smal sak å finne tilgjengelige systemer som er ment å tjene formålet om en effektiv arbeidshverdag. Disse lover også økt kontroll på kvalitet og sikkerhet og full styring på alt som foregår i byggeprosa. Likevel observeres det fortsatt tids- og kostnadsoverskridelser etter investeringer i slike digitale systemer er gjort. Dette indikerer at digitale systemer (ikke overraskende) ikke kan være løsningen alene.

På samme tid gjør andre industrier (f.eks IT-bransjen, samt prosess-og produksjonsindustrien) suksessfulle implementeringer av digitale informasjonssystemer og viser at digitalisering vil være et konkurransefortrinn for fremtiden. Fordelen med digitale systemer er mange, blant annet at de tilrettelegger for gjenbruk av informasjon som allerede er nevnt kan være av høy verdi. Imidlertid mener forfatterne at nytteverdien av digitale systemer avgjøres av hvilken produksjonskritisk informasjon som tas inn og videreformidles, og i hvilken hastighet dette skjer i. Dermed er sanntidsdatafangst et vel så viktig aspekt som et digitalt system i seg selv.

Med dette som utgangspunkt ønsker forfatterne å teste hvorvidt sanntidsdatafangst kan effektivisere en produksjon. Forfatterne tror at det er potensiale for utnyttelse av eksisterende data og at dette kan effektivisere informasjonsflyten i byggeprosjekter.

### 1.3 Mål for studien

Med bakgrunn i forrige avsnitt vil denne studien studere hvordan datafangst i sanntid kan bidra til å effektivisere informasjonsflyten i en produksjon. Det er ønskelig å undersøke dette potensialet i praksis og en casestudie vil dermed bli gjennomført på et byggeprosjekt i gjennomføringsfasen. Caseprosjektet er Samlokaliseringsprosjektet på Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU) i Ås kommune, og produksjonen avgrenses til betongproduksjon. Her er Bundebygg hovedentreprenør for Råbyggsentreprisen.

#### 1.3.1 Forskningsspørsmål

Det vil utvikles forslag til en prosessforbedring på valgt case, med sanntidsdatafangst som verktøy. Målet for studien er dermed å besvare følgende forskningsspørsmål:

*Hvordan kan sanntidsdatafangst effektivisere betongproduksjonen i et byggeprosjekt?*



Figur 1.1: Illustrasjon av forskningsspørsmål

Før en strategi for å besvare forskningsspørsmålet kan utarbeides, er det essensielt å ha en tydelig forståelse av betydningen av forskningsspørsmålet. Det vil derfor gis en kort introduksjon i effektivisering, samt caseprosjektet og deres betongproduksjon på Samlokaliseringsprosjektet og tilhørende produksjonteori.

### **Om effektivisering**

I produksjonsteori kan effektivitet anses å være definert som [1]:

*Gjennomføring av eller evne til å utføre en jobb  
med et minimum forbruk av tid og krefter*

Denne definisjonen kan knyttes til samlebåndet som økte industriens effektivitet. Forskningsspørsmålet fokuserer altså på en reduksjon eller eliminasjon av bruk av ressurser til ikke-verdiskapende arbeid. Dette veivalget er inspirert av Koskelas 11 forslag til effektiviserende tiltak i praksis i byggeprosjekter (Mer om dette i Kapittel 4.1).

### **Om betongproduksjon på Samlokaliseringsprosjektet på NMBU**

Bundebygg har en råbyggsentreprise på Samlokaliseringsprosjektet (heretter omtalt som SLP) på NMBU i Ås kommune. Rent produksjonsmessig benyttes betong med styrkende armering. Det utføres ikke prefabrikkerte betongelementer og jernbinding er deres armeringstype. Verdikjeden gjenkjennes derfor av at nødvendige materialer blir flyttet til byggeplass og produsert og bygget der. Jernbinding og betongstøping vil være de verdiskapende aktivitetene i en betongproduksjon innenfor det valgte tidsrommet, mens planlegging, koordinering og materialflyt vil være eksempler på støtteaktiviteter. Forskaling, som er en fysisk ramme for å avgrense støpeområdet, vil også betraktes som en verdiskapende aktivitet. Grunnet betongens egenskaper må støping skje idet materialet ankommer byggeplassen. Dette stiller krav til at forberedende arbeider skjer i henhold til planen. Siden den siste verdiskapende delen av råbyggproduksjon er betongstøper, kan disse støpene på mange måter anses som små milepæler for produksjonen, hvor det jobbes mot å nå disse fristene.

Studier foretatt på norske byggeprosjekter av Thune-Holm og Johansen[72] viser at ved utførelse av betongarbeid er arbeiderne produktive 65,1-69 % av tida de arbeider. I en litteraturstudie foretatt av Kalsaas[35] av arbeidere knyttet til betong, ventilasjon, elektronikk, rørlegging og snekring, kom betongarbeidere ut som arbeidsgruppen med høyest andel sløsing av tid grunnet feil gjort av andre . Det er imidlertid observert at betongarbeidere også mister noe tid grunnet egne feil. En annen flaskehals i betongstøping er identifisert å være kranaktivitet[35].

### 1.3.2 Avgrensninger

I forsøket mot å effektivisere en betongproduksjon finnes det utallige angrepspunkt. Denne studien som ønsker å benytte sanntidsdatafangst som et verktøy vil fokusere på informasjonsflyt, og dermed den produksjonskritiske informasjonen i en betongproduksjon. Det vil legges høyest vekt på de løsninger som er mest nærliggende å anvende i praksis.

- Realistiske løsninger: Det er kartlagt kilder som viser mange muligheter innenfor sanntidsdatafangst i byggeprosjekter. Forfatterne opplever imidlertid et gap mellom vitenskapelige funn og det som er realistisk for den norske byggebransje å absorbere i deres prosjekter. Et overordna mål for studien er derfor å komme med nærliggende og realistiske løsninger.
- Informasjonsflyt: Det er ønskelig å fokusere på de aktivitetene som binder produksjonsaktivitetene sammen. Imidlertid vil materialflyt og logistikk ikke studeres i detalj og hovedfokus for studien vil være på aktiviteter som innebærer planlegging, koordinering, oppfølging og generell produksjonskritisk informasjonsflyt i prosjekter.
- 7-dagers perspektiv: Casestudien avgrenses til et 7-dagersperspektiv, og vil derfor gjøre detaljert datainnsamling innenfor denne tidsperioden. Avgrensningen gjelder fra en betongbestilling gjøres til støping er gjennomført. Unntaksvis vil aktivitet før og etter dette tidsrommet trekkes frem.
- Effektivisering uten tallfesta gevinst: Selv om tiltak av effektivisering gjerne fremstilles kvantitativt og gjerne i prosent, vil studien grunnet begrensende ressurser i hovedsak presentere dette potensialet kvalitativt.

## 1.4 Leserveiledning

Motivasjonen for denne studien er som nevnt at det er opplevd et gap mellom hva som skjer i betongproduksjonen og hva man ønsker at skal skje. Dette bekrefter bedriftens visjon som fokuserer på forbedret kvalitet og halvert byggetid. Selv om dette gapet er noe vagt er det likevel observert at denne ineffektiviteten er noe som kan skape misnøye og det er ønskelig å konkretisere det generelle problemet til presise og definerte problem. Disse problemene er det videre ønskelig å løse ved hjelp av sanntidsdata. Med dette som utgangspunkt er overordna struktur på oppgaven inspirert av Business Process Management, nærmere bestemt Rank Xerox Ltd's problemløsningsprosess[80]. Denne problemløsningsprosessen er et analytisk verktøy som er ment å kontinuerlig forbedre fundamentale aktiviteter av en bedrift. Bestående av 6 steg, er problemløsningen anvendt for casestudien presentert i figuren under:

1. Identifiser og velg problem, 2. Analyser problem, 3. Genererer mulige løsninger, 4. Velg og planlegg løsning, 5. Implementer løsning, og 6. Evaluer løsning

Tabell 1.1: Leserveiledning

Problemløsningsprosess	Kapittel	
Identifiser behov	1	Potensialet av datafangst i byggeprosjekter
Utarbeid metode og forskningsdesign	2	Metode og forskningsdesign
Kartlegging av mulige løsninger	3	Sanntidsdatafangst
Kartlegging av mulige løsninger	4	Kartlegging av prosessen
Kartlegging av dagens tilstand i casebedrift	5	Samlokaliseringsprosjektet på Campus Ås
Kartlegging av dagens tilstand i casebedrift	6	Sanntidsdatafangst i en betongproduksjon
Velg og evaluer løsning	7	Prosessforbedring
Besvar løsning på behov	8	Konklusjon

Disse stegene er fordelt utover ulike kapitler. **Kapittel 1** presenterer et behov for effektiv informasjonsflyt i byggeprosjekter. Videre identifiseres det et potensial for effektivisering ved å gjenbruke informasjon, som forfatterne ønsker å løse ved hjelp av sanntidsdatafangst. I **Kapittel 2** utarbeides en strategi for å samle inn relevant informasjon, som besvarelsen av forskningsspørsmålet vil bygge på. **Kapittel 3** tar leseren videre til en ytterligere analyse av problemområdet. Det kartlegges hvordan sanntidsdatafangst som verktøy kan fungere, ved å identifisere hvilke datakilder som kan eksistere og hvordan disse kan innsamles og gjenbrukes. Det er imidlertid nødvendig å kartlegge dagens tilstand av en produksjon og hvordan dagens informasjonsflyt fungerer. Teoretisk grunnlag for kartlegging presenteres i **Kapittel 4**. **Kapittel 5** anvender en slik kartlegging i praksis på valgt caseprosjekt og **Kapittel 6** bruker informasjon fra kartleggingen samt annen datainnsamling til å finne ut hvordan sanntidsdatafangst kan anvendes i valgt case. **Kapittel 7** vurderer funn av potensiell datafangst fra kapittel 6, presenterer prosessforbedringsforslag og vurderer hvorvidt disse tiltakene vil være et effektiviserende bidrag. Endelig konklusjon og besvarelse av forskningsspørsmålet presenteres i **Kapittel 8**.

Grunnets studiens oppbygning er det naturlig å lese denne fra start til slutt. Dette vil gi leseren en god forståelse og høyest mulig gevinst av funn og konklusjoner. Imidlertid vil dette være tidkrevende og nytten vil variere med leserens utgangspunkt. Dersom du arbeider i byggeindustrien og ønsker å komme til poenget kan du fokusere funnene fra Samlokaliseringsprosjektet som er presentert i Kapittel 5 og Kapittel 6. Det aller mest sentrale er å fokusere på Kapittel 7 som presenterer forbedringsforslagene, samt dens gevinster og forutsetninger. Kapittel 8 viser en oppsummert konklusjon med anbefalinger til casebedriften. For de som ønsker å benytte seg av studiens funn til vitenskapelig arbeid anbefales det å lese rapporten i presentert rekkefølge, samt metodekapitlene, Kapittel 3 og Kapittel 5, i detalj.

# Kapittel 2

## Metode og forskningsdesign

Dette kapitlet vil systematisk forklare hvordan forskningsspørsmålene blir besvart, slik at leseren skal kunne vurdere grunnlaget for konklusjonene[55].

### 2.1 Metodevalg

Et forskningsdesign er definert som en overordnet plan for hvordan studien skal gjennomføres. Det skilles på tre typer design; eksplorerende, deskriptivt eller kausalt, og en helhetlig studie kan inkludere samtlige i nevnt rekkefølge[64]. De ulike designene kan igjen inneholde ulike typer forskningsmetoder, som beskriver på hvilket grunnlag forskningsspørsmålene er besvart. En metode kan defineres som en strategi for å utvikle ny kunnskap og for å strukturere studien[26]. Ved bevissthet om valg av metode vil eget arbeid dessuten kvalitetssikres[55]. En metode kan bli beskrevet og avgrenset gjennom ulike aspekter. Den kan blant annet være av kvalitativ eller kvantitativ art, deduktiv eller induktiv, eller en kombinasjon av disse.

#### 2.1.1 Kvantitativ kontra kvalitativ

En kvantitativ tilnærming baserer seg på å innhente informasjon i form av tall og generelt det som er kvantifiserbart[26]. Kvalitativ forskning kan innebære å utforske og reflektere over oppfatning av informasjon som er mindre håndfaste[53]. Hovedfokus med en kvalitativ tilnærming er å oppnå en helhetsforståelse[55]. Mens den kvalitative metoden ofte fokuserer på få objekter og varierende opplysninger om disse, vil den kvantitative metoden fokusere på få opplysninger om mange objekter[55]. En kvantitativ studie vil ofte ha høy etterprøvnbarhet, mens å sikre høy etterprøvnbarhet i kvalitative studier kan være en større utfordring. Det er vanlig å kombinere disse to metodene, og kvalitative studier kan gi en forståelse med meningen med tallene fra kvantitative metoder[55].

### 2.1.2 Induktiv kontra deduktiv

En studie kan ha to ulike tilnæringer: induktiv eller deduktiv tilnærning. Hvis utgangspunktet er teoretisk og det er ønskelig å teste denne teorien mot virkeligheten karakteriseres metoden som deduktiv. Den motsatte induktive tilnærmingen tar utgangspunkt i kunnskap som er bygd på erfaringer fra virkeligheten rundt et valgt fenomen, såkalt empiri, for å formulere en teori. Denne logikken innebærer å se regelmessigheter, tendenser og sammenhenger i observasjoner[64].

### 2.1.3 Forskningsdesign

For å skaffe til veie nødvendig bakgrunnsinformasjon rundt vage problemstillinger kan et eksplorerende design benyttes. Dette designet har til hensikt å gi innsikt og forståelse gjennom ustrukturerte observasjoner, og brukes ofte i forstudier for å samle inn nødvendig informasjon for å kunne gå videre i en forskningsprosess. Dette innebærer innsamling av teori, litteratur og annen relevant data, og kan være gjennom casestudier.

Et deskriptivt design er passende å bruke når teorier skal sammenlignes og størrelser skal tallfestes. Gjengående metode med dette designet er å finne kvantitative funn gjennom observasjoner og intervjuer. Observasjon og intervju utfyller hverandre og kan gi et bredere resultat enn én av metodene alene[26]. Intervjuer kan være av kvantitativ eller kvalitativ art, og deskriptiv og eksplorerende design kjennetegnes av dette. Er observasjoner åpen, vet fenomenet at de blir observert, og er observasjoner direkte, vet fenomenet formålet med observasjonen. Et kausalt design søker å finne sammenhengen mellom variabler og benyttes ofte for å besvare en hypotese[64].

## 2.2 Valgt forskningsdesign

Denne studien er bygd opp av en metodetriangulering; det er gjennomført en *litteraturstudie*, samt en casestudie, bestående av *intervjuer* og *observasjoner*.

Studien er primært bygd på et eksplorerende design, grunnet våre vide problemstillinger og behov for å innhente nødvendig bakgrunnsinformasjon. For å tallfeste informasjon relatert til tid-og ressursbruk ble det foretatt dokumentasjonsgjennomgang av delvis deskriptiv karakter. Forskningsmetodikken bærer mest preg av å være induktiv, da vi ønsker å tilegne oss kunnskap rundt et valgt fenomen. Siden casestudien kun består av et byggeprosjekt, vil det ikke kunne utformes en generalisert teori fra dette, men det er ønskelig å fokusere på funn som peker i denne retningen.

Det er foretatt en todelt litteraturstudie: for å kartlegge dagens aktivitetsforløp relatert til betongproduksjon har det vært nødvendig å gjøre et litteratursøk av kartleggingsmetoder. I tillegg er det gjort en litteraturstudie av nyere funn innen



sanntidsdatafangst i byggeprosjekter og videre satt sammen til en metodikk for å utnytte rådata. Litteraturstudiene er ment å danne grunnlaget for videre studering av et spesifikt caseprosjekt.

For casestudien er det foretatt intervjuer og observasjoner, som er ment å utfylle hverandre og gi et bredere resultat enn én metode alene. Rolstadås et al.[62] understreker verdien av å bruke mange sanser til å forstå en helhet. I tillegg er det foretatt store dokumentgjennomganger relatert til byggeprosjektet. Det er valgt en casestudie med disse metodene for å sørge for et jevnt økende kunnskapsnivå og for å skape en helhetsforståelse av betongproduksjonen i det valgte byggeprosjektet. Gjennom observasjon kan dagens praksis studeres og daglige utfordringer identifiseres i betongproduksjonen. Det har også vært utført deltakende observasjon hvor forfatterne selv har utført oppgaver relatert til betongproduksjon.

Forskningsdesignet har i hovedsak et kvalitativt preg, samtidig som det er forsøkt å innhente et lite utvalg kvantitative data for å muliggjøre en sammenligning av dagens tilstand og potensiell fremtidig tilstand ved bruk av sanntidsdatafangst.

### 2.2.1 Hvordan data er innsamlet og bearbeidet

I litteratursøket av kartleggingsmetoder er det forsøkt å dekke ulike perspektiv. Siden sanntidsdatafangst forutsetter digitale løsninger, har metoder rettet mot systemutvikling blitt fremhevet hvor brukerne er i fokus. I tillegg er også metoder for å fremheve forbedringspotensialer i prosesser inkludert. Valg av kartleggingsmetoder er begrunnet med behovet om å dekke fire ulike perspektiv: det funksjonelle perspektivet, adferdsperspektivet, informasjonsperspektivet og det organisatoriske perspektivet. En dypere utgreiing av disse perspektivene, samt kartleggingsmetodene benyttet, er presentert i Kapittel 4: Kartleggingsmetoder.

For å utarbeide en metodikk for utnyttelse av datafangst, ble det foretatt et litteratursøk om både automatisering og sanntidsdatafangst i byggeprosjekter. Dette inkluderer også forutsetninger ved sanntidsdatafangst og aspekter som burde drøftes i en slik prosess. Noen litteraturkilder har blitt hentet gjennom våre veiledere, som har faglig tyngde innenfor forskningsområdet. Det har blitt fokusert på å innhente relevant litteratur om sanntidsdatafangst for å hente inspirasjon til slik utnyttelse i caseprosjektet. Deler av litteraturen om systemutvikling og kartleggingsmetodikker har blitt hentet fra Teknologibiblioteket på NTNU, mens søk etter nyere litteratur er blitt gjort i søkemotorene Google Scholar og Scopus. 19 av de vitenskapelige artikler som er benyttet, er publisert mellom 2013 og 2016. Dette har også inkludert internasjonal forskningslitteratur. Relevante søkeord for litteraturstudien har vært:

*Automasjon i byggeprosjekter, sanntidsdatafangst i byggeprosjekter, systemutvikling, prosesskartlegging, Big Data i byggeprosjekter, brukerinvolvering, kartleggingsmetoder, kommunikasjon i byggeprosjekter, informasjonsflyt, Lean construction, gjenbruk av informasjon i byggeprosjekter*

Casestudien består av tre innsamlingsmetoder:

1. Observasjon: Observasjon i denne casestudien har vært både av direkte og deltakende art. Gjennom sommeren arbeidet forfatterne som vikarierende foremenn og fikk dermed delta og lede støpeprosessen. Dette innebærer planlegging og material-og bemanningsbestillinger, koordinering, møtevirksomhet og oppfølging av selve støpeprosessen, samt oppfølging av sjekklister og fakturering knyttet til støping. Dette har satt krav til at forfatterne har hatt en distansert nærhet, for å se alternative måter å gjøre ting på[55]. En slik kvalitativ metode krever tolkning, og det ble foretatt jevnlig brainstorming utenfor arbeidstid mellom forfatterne. Mot slutten av perioden for deltakende observasjon ble relevant informasjon systematisert og erfaringene fra perioden var underliggende motivasjon for utforming av forskningsspørsmålet. Gjennom høsten har én av forfatterne gjort både aktiv og deltakende observasjon som ansatt i bedriften, ukentlig på byggeplassen.
2. Dokumentasjonsgjennomgang: Dokumentasjonsgjennomganger ble foretatt i prosjektets interne systemer. Som ansatte var tilgangen på relevant data god, selv om mye data ligger hos hver enkelt ansatt. Relevante data var formatet av bestillinger, planer, fakturaer og kommunikasjon mellom Bundebygg og underleverandørene. Hovedfokuset var mer hvordan disse faktorene ble løst mer enn hva de innebar. I tillegg ble styringssystem i prosjektet nøye utprøvd.
3. Intervjuer: Det ble gjennomført 8 intervjuer av et strategisk utvalg av nøkkelpersoner, som bestod av styringslinjen av prosjektet på entreprenørsiden samt et utvalg av underleverandørene. I tillegg konsulterte vi teknisk ansvarlige for entreprenørens IT-systemer. Det ble benyttet notering underveis i intervjuene, som ble gjennomført på brakkeriggen på byggeplassen. Det ble benyttet en intervjuguide, som søkte både kvantitative og kvalitative data, og intervjuet var bevisst nokså ustrukturert for å fange opp individuelle synspunkter. Det ble foretatt en oppsummering og en refleksjon daglig etter gjennomføring av intervjuer. Intervjuene av høyest relevans for forskningsspørsmålene ble videre transkribert. Kvalitetssikring av informasjon ble gjort per mail eller ute på brakkeriggen ved behov.

### 2.2.2 Alternativ metode

For å vurdere om sanntidsdatafangst vil kunne effektivisere betongproduksjon i et prosjekt, kunne en større grad av kvantitative data blitt analysert. Det ville styrket studien å fremheve gevinsten av å iverksette slike tiltak. Dette kunne blitt gjort gjennom kvantitative data, eksempelvis en kartlegging av dagens tid- og ressursbruk blant involverte. Dette kunne inkludert tid gått til venting eller tid brukt på å rette opp i feil. Andre høyst relevante mål er tid brukt på kvalitetssikring og informasjons-spredning til de som trenger det. Det kunne også blitt utviklet en prototype slik at brukeren fikk en idé om hvordan oppgavens forslag ville fungert i praksis. Det observeres en generell skepsis til nye digitale løsninger blant potensielle brukere i prosjektet. Grunnet studiens begrensede omfang av tid og ressurser ble dette ikke prioritert å gå nærmere inn på.

Det er antatt at mange aktører på byggeplassen blir påvirket av en støpeprosess selv om de ikke er direkte involvert. Dermed kunne det bli gjennomført en spørreundersøkelse for å lettere dekke alle involverte aktører på byggeplassen. Det kunne også blitt foretatt en bredere casestudie som inkluderte flere byggeprosjekter, enten med samme entrepriseform hos forskjellige entreprenører eller flere byggeprosjekter hos samme entreprenør. Dette ville økt muligheten for eventuell generalisering av funn. Det er likevel forsøkt å ha en universell innfallsvinkel ved studien om potensielle datakilder, som er knyttet til generelle kritiske ressurser for byggeplasser. Det er også forsøkt å presentere en generell kartleggingsmetodikk og en generell stegvis modell for å nyttegjøre seg av eksisterende data i et prosjekt. Dette kunne også blitt foretatt intervjuer av kompetente nøkkelpersoner innen nyere teknologi av sanntidsmålinger i byggeprosjekter. Det ble vurdert som tilstrekkelig med en litteraturstudie om emnet.

## 2.3 Vurdering av valgt metode

Starten av studien kjennetegnes av lav kunnskap og manglende erfaring i byggebransjen, og med et ønske om å søke en helhetlig forståelse og dermed identifisere forbedringspotensialer i et byggeprosjekt. Dermed ble den valgte kvalitative metodikken viktig i denne studien. Det eksplorative designet legger opp til ustrukturerte observasjoner og forskerens erfaring, kunnskap, kreativitet og innsikt innenfor forskningsområdet vil være avgjørende for resultatet. Den kvantitative delen ble fokus etter hvert for å strukturere og systematisere informasjon, som videre kunne danne grunnlaget for å besvare forskningsspørsmålene.

Det er identifisert utfordringer med valget av en kvalitativ metode i casestudien. Intervju og observasjon som metoder er svært avhengig av øye som ser og øret som hører. Siden majoriteten av data innsamlet var fra subjektive kilder, vil påliteligheten kunne variere. Det kan innebære at enkeltpersoner har ulike agendaer, eller har

oppfattet spørsmålene ulikt. Informasjon kan også ha blitt misoppfattet av oss. Imidlertid har vår økende kunnskap innenfor betongstøping bidratt til at forfatterne og intervjuobjektene i høyere grad snakker samme språk, og dermed lettere forstår og blir forstått av hverandre. Intervjusettingen kan oppleves som stressende, selv om lydopptak ikke ble gjort. Siden forfatterne kjenner intervjuobjektene og har etablert en viss tillit, kan dette også ha ført til en mer avslappet og uhytidelig atmosfære. Den aktive observasjonen underveis har vært verdifull da intervjuobjekter ofte ikke er bevisste selv på hva tiden deres går til og utfordringer i arbeidshverdagen. Det er imidlertid observert at det stadig dukker opp nye funn under den ukentlige aktive observasjonen og observasjonsperioden kunne dermed gjerne gått over en lengre tid. Kontraktsmessige forhold kan også ha svekket påliteligheten i svarene fra underleverandørene.

Det er ventet at noen enkeltmeninger har kommet sterkt frem og at dette har påvirket helhetsforståelsen. På samme tid har jevnlig, aktiv observasjon bidratt til et mer realistisk bilde av prosessen. Intervjuene ble utført av én forfatter som fanget opp ulike observasjoner og oppfatninger underveis. Hadde begge forfatterne vært tilstede kunne reliabiliteten blitt styrket ved at svar ble tolket av mer enn én. Intervjuene ble gjennomført på ulike steder og i en svært uformell og ustrukturert setting, selv om intervjuguiden viser en universell oppbygning av intervjuene. Hovedfokuset var å få svar på spørsmålene uavhengig av rekkefølge. Dette kan ha gjort det mer utfordrende å sammenligne svarene. Imidlertid ble ikke sammenligninger ansett som viktigst i intervjuprosessen, da den helhetlige forståelsen fortsatt ble ivaretatt. Likevel kan intervjueren være med å betone svar fra intervjuobjektet hvis spørsmålene blir for konkrete. Det ble dermed et fokus på å stille åpne spørsmål, og eventuelt stille oppfølgingsspørsmål for utfyllende informasjon. Det var utfordrende å hente relevant informasjon om rådatakilder, da intervjuobjektene hadde lavere innsikt i sanntidsdata, og dette ble dermed nedprioritert på intervjuet.

Dokumentasjonsgjennomganger ga forfatterne informasjon format og praksis rundt bestillinger, planlegginger, fakturahåndtering og kommunikasjon mellom Bundebygg og andre aktører på byggeplassen. Disse dokumentene ble ansett som høyt gjeldende og ga oss kvantitative opplysninger om prosessen som videre styrket reliabiliteten av datainnhenting. Det vurderes som en styrke å ha vært tilstede på jevnlig basis for å observere den dagligdagse dynamikken internt og på tvers av aktørene. Det har gjennom disse observasjonene blitt identifisert flere utfordringer og tidstyver i forbindelse med betongstøping.

For å lete etter rådatakilder på byggeplass som kan effektivisere deler av en betongstøpingprosess, kreves det kreativitet og teknisk forståelse. Litteraturstudien om datafangst muliggjorde letingen og bidro til å finne potensielle kilder. Kartleggingsmetodene avslørte også potensialet for forbedring, samt at datakilder også her ble

identifisert. Imidlertid er forfatterenes teknisk kompetanse innenfor datainnsamling og dataprosessering ikke tilstrekkelig til å komme med presise datatekniske løsninger. Likevel ble det fokusert på å dekke et datateknisk perspektiv, for en eventuell fremtidig bruk av studiens resultater. Med dette som grunnlag, og at funnene bygger på én casestudie, er funnene ikke representative for byggeprosjekter. Likevel ønsker forfatterne at det skal være et bidrag innenfor utnyttelse av data i byggeprosjekter, samt at det skal fremheve verdien av at det er en verdi av å distribuere noe type informasjon i sanntid.

### 2.3.1 Reliabilitet og validitet

En viktig del ved vurdering av datainnsamling, er påliteligheten av informasjonen. Pålitelighet omtales gjerne som reliabilitet, og grad av reliabiliteten avdekker om forskningsspørsmålene blir besvart på riktig grunnlag og om de har høy etterprøvbarehet. I følge Olsson er etterprøvbarehet utfordrende i kvalitative studier og enklere å få til i kvantitative studier[55].

Et annet krav til data som er innsamlet er at de har tilstrekkelig validitet; at de riktige tingene blir målt[26]. Det koker ned til at forskningsspørsmålene alltid må være i bakhodet ved innsamling av informasjon. Intervjuobjekter som kan gi oss relevant informasjon må velges, og riktige spørsmål må bli stilt[26]. Ved å benytte flere måleparametre kan det sammen gi en god indikasjon på det man ønsker å måle og styrke valideringen[26]. Dette kan gjøres ved en triangulering av metoder. Dette innebærer at en leter etter samme type informasjon gjennom for eksempel intervju, observasjon og dokumentasjonsgjennomgang. Metodetriangulering bidrar dermed til å kompensere med svakhetene for hver metode alene[55].

Denne studien bygger på en triangulering ved at forskningslitteratur og egne funn gjennom intervju, observasjon og dokumentasjonsgjennomgang drøftes mot hverandre. Det benyttes kvalitativ forståelse fra observasjon til å tolke kvantitative data fra forskningsrapporter og dokumentasjon i valgt casestudie. Validiteten styrkes ved at informasjon ble hentet gjennom mange intervjuobjekter spredd over hele prosjektorganisasjonen innen produksjon. Det har vært et fokus å sikre reliabilitet i datainnsamling om den daglige betongproduksjonen, samt utfordringer knyttet til dette. Den kvantitative delen av studien er ansett som å ha høy pålitelighet. På samme tid er en casestudie avhengig av tid og sted, og det vil være en utfordring å sikre etterprøvbarehet.

Som nevnt i Kapittel 2.2.1 ble det også benyttet kartleggingsmetoder for å forstå prosessen og fremheve forbedringspotensialer. En kort refleksjon av disse er presentert i Kapittel 7.8.



# Kapittel 3

## Sanntidsdatafangst

Dette kapitlet vil presentere muligheter med datafangst for å oppnå en effektiv drift.

### 3.1 Hvorfor datafangst?

I Kapittel 1.1 ble datafangst definert som innsamling av data som allerede eksisterer. Sørensen et al mener at hovedgrunnen til å gjøre slik datafangst er å utlede informasjon fra data, kunnskap fra informasjon, og visdom fra kunnskap[71]. Dataanalyse av relevant informasjon kan avdekke styrker og svakheter ved egen byggeprosess, og videre brukes til å styrke gjennomføringen av fremtidige prosjekter[74]. Dermed vil en utnyttelse av data tilrettelegge for å ta avgjørelser bygget på bevis fremfor intuisjon[49]. Slik informasjonen fra datakilder kan i noen tilfeller karakteriseres som Big Data, som er kvantifiserbare fakta av ulike typer format. McAfee og Brynjolfsson[49] foretok en kartlegging av 330 bedrifter i Nord-Amerika, med mål om å kartlegge om systematisk utnyttelse av datafangst (eller Big Data) faktisk har et konkurransefortrinn i industrien. Resultatene viste at jo høyere grad bedrifter karakteriserte dem selv som datadrevne, desto bedre presterte de i objektive mål av finansielle og produksjonsmessige resultater. Konseptet med Big Data er i store trekk å gjøre datafangst langs hele verdikjeden og livsløpet for et produkt eller et system, slik at dataene kan komme til nytte for andre[19]. Denne informasjonen kan tidligere ha vært av kvalitativ art, mens Big Data muliggjør en kvantitativ tolkning[56]. Ved å tilgjengeliggjøre slik informasjon i sanntid til ulike interessenter vil det kunne bidra til kontinuerlig læring gjennom hele prosjektets levetid. Dette vil igjen føre til økt kunnskap om produkt og prosess som kan benyttes til å utvikle virksomheten[19]. Denne nye måten å samle inn forretningskritisk informasjon kan gjøres parallelt med en produksjon, uten eller med få produksjonsstanser, i tillegg til at de da muliggjør en tilstandsmåling i sanntid.

Big Data skiller seg ut fra tradisjonell statistikk og analyse med tre karakteriserende nøkkelord:

*Velocity, Volume, Variety*

Big Data kjennetegnes først og fremst av de store datastrømmene som må håndteres og utnyttes. I følge Olsson et al.[56] skjer det en voldsom vekst i mengde tilgjengelig data, som igjen skaper en Big Data-trend. Det har skjedd en eksplosjon av datagenerering på verdensbasis de siste årene og datamengder som skapes er ventet å dobles hver 40.måned[49]. Det er imidlertid hastigheten på dataene som genereres som er viktigst for noen anvendelser. Sanntidsinformasjon ved hjelp av høy hastighet på data vil gjøre det mulig for bedrifter å være mer agil[49]. I tillegg opptrer datastrømmer i veldig varierende form, for eksempel som meldinger, bilder, GPS-signaler eller sensordata. Særlig kan industrier som IT, logistikk og salg trekke frem gode eksempler på suksessfull anvendelse av Big Data[56].

George et al.[29] legger frem at nytten av store data er liten og at det burde foretas smart datafangst. For byggebransjen kan derfor metodikken fra Big Data benyttes på mindre datasett, datasett som enten er nye data eller eksisterende ubrukte data[71]. Disse dataene kan ha høyt detaljnivå, og innebære mål på lokasjon, tid og metadata[71].

Avhengig av hvordan data blir prosessert, kan informasjonen brukes til daglig drift og koordinering, eller til taktiske og strategiske beslutninger[74]. Derfor vil datakilder, innsamling og visualisering av denne presenteres i de neste avsnittene. Aller først er det ønskelig å avdekke hvordan datafangst praktiseres i byggeprosjekter i dag, slik at realistiske forslag etter hvert kan utarbeides.

### 3.1.1 Datafangst i byggeprosjekter

Datafangst praktiseres i dag grunnet høye dokumentasjonskrav, men med varierende utnyttelsesgrad. Som følge av disse høye dokumentasjonskravene, samt ønske om økt styring og kontroll, har digitale informasjonssystemer blitt implementert i prosjekter. Felles lagringsportaler eller informasjonssystemer er vanlige i bedrifter, og informasjonsdeling har de siste årene blitt attraktivt for å opplyse og motivere ansatte, samt bevare et oversiktsbilde for en prosjektledelse. Det har de siste årene vært en økende forskning på hvordan man best mulig kan foreta en innsamling av informasjon automatisk i byggebransjen[74]. Dette fokuset retter seg mot bruk av ulike type sensorer i industrien, samt verktøy for å lette de utførerens arbeidsoppgaver ved innsamling og gjenbruk av informasjon[74]. I følge Omar og Nehdi[57] vil informasjon hentet fra en byggeplass kunne gi tilbakemelding om fremdrift, materialsporing og sikkerhetsplanlegging. Blant annet genereres det data når moderne bygg-og anleggsutstyr er i bruk.



Imidlertid kan det være utfordrende å hente ut slik informasjon grunnet høy variasjon, uforutsigbarhet og en lavere grad av repeterende aktiviteter[71]. Til tross for moderne utstyr som kan gi ut harde mål, vil ansatte likevel kunne være prosjektlederens beste informasjonskilder[36]. Dagens byggeprosjekter kjennetegnes av stadige endringer og dermed en dynamikk som krever at samtlige parter burde holdes oppdatert på aspekter som kan påvirke tid, kostnad og kvalitet av et arbeid[31]. Imidlertid gjør dagens papirbaserte praksis det utfordrende å få en rask respons mellom kontoret til byggeprosa og vice versa[31]. Flere rapporter avslører at bygg- og anleggsbransjen henger etter i produktivitet sammenlignet med andre industrier. Dette begrunnes videre i utfordringer med planlegging, koordinering og kommunikasjon[71].

## 3.2 Forutsetninger for utnyttelse av datafangst i en bedrift

Det er identifisert flere forutsetninger for å nyttegjøre seg av informasjon som eksisterer i et byggeprosjekt. Blant annet vil ledelse, fagkyndig IT-personell, teknologi og bedriftskulturen innvirke på hele prosessen fra datainnsamling til utnyttelse av datafangst.

### 3.2.1 Ledelse og fagkyndige

McAfee og Brynjolfsson[49] mener at datafangst ikke kan løse utfordringer alene. Bedrifter lykkes fordi de har ledelse som setter klare mål, definerer hvordan suksess ser ut og stiller de riktige spørsmålene. Dermed vil ikke utnyttelse av datafangst redusere behovet for menneskelig innsikt og forståelse.

Datainnsamling gjennom bedrifters IT-systemer i dag økende, men det er imidlertid varierende grad av utnyttelse. For å gjøre denne informasjonen til et konkurransefortrinn trengs kunnskap og en ledelse som kan bidra til å realisere dette[49]. I følge McAfee og Brynjolfsson[49] er kulturen for beslutningstaking basert på intuisjon og at denne bør endres ved å se potensialet i slike informasjonskilder og stole på informasjonen som data kan gi. Først når ledelsen er med på denne tankegangen, vil det være nyttig å samle inn og tolke datastrømmer.

Utnyttelse av datafangst vil også forutsette dyktige personer som kan se mønstre i datastrømmene og oversette de til nyttig prosessrelevant informasjon[49]. For å identifisere relevante datakilder, gjøre datainnsamlinger, analysere og dermed forstå mulighetene vil det også forutsette en viss IT-kompetanse[56]. Ofte kan det være enklere som utenforstående å identifisere nye datakilder. De beste vil være de som evner å snakke samme språk som bedriften og som i tillegg kan se hvordan disse behovene kan bli møtt med tilgjengelige datastrømmer. Slike personligheter med nevnte kvalifikasjoner kan imidlertid være vanskelig å finne[49]. Rent datateknisk

er det et behov for personell som kan jobbe med større datasett, og som videre kan rydde og systematisere disse til at de gir mening.

Ledelse av en bedrift vil innebære å sikre informasjonsflyt i organisasjonsstrukturen. Bedrifter er i dag avhengige av datamaskiner, kommunikasjonsenheter og tjenester som fremmer denne informasjonsflyten[66]. Siden informasjonsflyt kan skje gjennom IT-systemer, vil også ledelsen ha ansvar for at løsningene fremmer informasjonsflyt i organisasjonsstrukturer. Dette stiller krav til at lederne har oversikt over hvordan IT-systemer tjener ansatte og prosessen som enhet, samt i hvilken retning den bør utvikle seg i. Utvikling vil imidlertid ikke skje av seg selv og vil i tillegg påvirkes av involverte parter. I følge Blayse and Manley[14] vil innovasjon i byggeprosjekter være influert av 6 ulike grupperinger: 1) klienter og produsenter, 2) strukturen av produksjonen, 3) forhold mellom individer og firmaer samt eksterne parter, 4) innkjøpssystemer, 5) standarder og reguleringer, samt 6) naturen og kvaliteten av prosjektorganisasjonens ressurser. Datafangst vil særlig bli påvirket av produsenter og forholdet med eksterne parter, samt natur og kvalitet av ressursene som er tilstede. Siden datakilder vil kunne være utenfor bedriftens eget eierskap vil derfor en involvering av disse partene være aktuell. I tillegg vil en informasjonsflyt foregå på tvers av aktører som kan stille ytterligere krav til eksterne aktører.

### 3.2.2 Bedriftskultur

Det er gjerne slik at ledelse på høyere nivå ser endringer som en mulighet til å styrke bedriften. De ønsker produksjonen skal tilknyttes overordnede strategier og de ønsker å ta risikoer for å oppnå økt konkurransefortrinn[69]. Det er dermed essensielt at ansatte er delaktig og villige til å følge de tiltak som er foreslått.

For mange ansatte, som også kan inkludere mellomledelsen, hevder Strebel[69] at forandringer ikke vil være like lysbetont. Endringer kan sees på som forstyrrende og påtrengende. Det forstyrrer balansen i en produksjon[69]

Mer konkret kan dette ha flere årsaker. Motstand til endring kan være knyttet til ansattes holdninger og vaner som er sterkt tilknyttet dagens praksis. Nye rutiner kan også mottas dårlig hvis de ansatte er fornøyde med dagens praksis. I tillegg kan ansatte føle på en jobbusikkerhet, ved at de er redd for at endringer kan medføre at deres arbeid er overflødig i bedriften. Videre kan en sterk organisasjonskultur påvirke villighet til endringer. Dagens praksis er noe ansatte er stolte og dermed kan de være skeptiske til endringer. Dersom tiltakene er initiert av personer som ikke har tillit blant ansatte kan det utgjøre et hinder for endring. Tilleggsvis vil dermed være avgjørende å kommunisere behovet for endringer til de ansatte slik at de ansatte får forståelse for endringen.

### 3.2.3 Teknologi

For å utnytte seg av datafangst i sanntid forutsettes det en teknologisk løsning som kan takle datamengdene, hastigheten og variasjonen i datasettene[49]. En slik mulighet for å samle inn data, konvertere den til kunnskap, for deretter å gi den til riktig person til riktig tid, omtales som Business Intelligence[9]. BI refererer til et sett med verktøy og metoder som er dedikert til å samle inn, strukturere og representere data for å støtte beslutningsprosesser i en bedrift[9]. Dette er også den generelle beskrivelsen til et informasjonssystem[16].

Selv om det finnes store mengder data strever byggebransjen med at det er lav samhandling mellom ulike type elektroniske data og det derfor kan være utfordrende å utnytte datafangst på en smidig måte[57]. Et system må både kunne behandle informasjonen og videre distribuere den til flere sluttbrukere på forskjellige steder både i byggeprosessen og etter prosjektslutt[74]. Neste steg på veien er å sortere data gjennom digitale systemer. Det finnes mange måter å gjøre det på. En bedrift kan ta i bruk eksisterende programvare, utvikle egne programvarer, eller gjøre en mellomting.

### 3.3 Hvilke data kan fanges opp?

Mobiltelefoner, elektronisk kommunikasjon, GPS og avansert utstyr produserer data som et biprodukt av ordinære operasjoner. McAfee og Brynjolfsson[49] formulerer mulighetene slik:

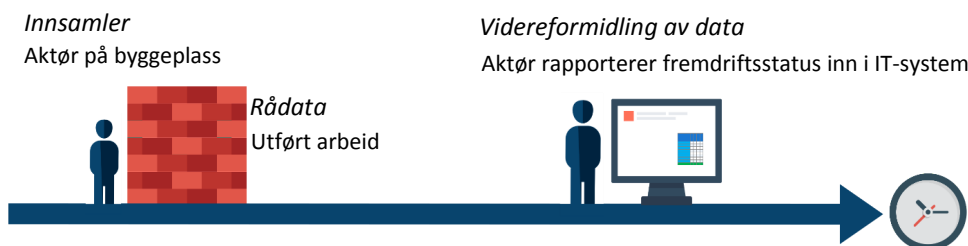
*Hver av oss er nå en vandrende datagenerator.*[49]

Byggeprosjekter er komplekse og dynamiske av natur. Evnen til å identifisere nøkkelaktiviteter utført på byggeplass ved hjelp av utstyr og ansatte, kan forbedre kvalitet og pålitelighet av beslutningstaking og ledelse i prosjektet[5]. Verdikjeden viser at en sentral forretningsprosess er leveranser til byggeplass og produksjon på byggeplass. Dermed vil aktivitet på byggeplass være et relevant mål. Det er antatt at aktivitet på byggeplass er mulig å kvantifisere, for eksempel ulike varianter av produktivitet. Slike harde mål vil være enklere og mindre kostbar å få tak i enn myke mål[7]. Disse er knyttet til tre kritiske ressurser[21]:

1. Arbeidskraft
2. Utstyr
3. Materialer

Ved mer teknologi i både maskiner og større bruk av IT-baserte verktøy blir mengder med data logget[57]. I følge Sørensen et al. [71] er en stor andel av Big Data lokasjonsdata, som genereres fra mobiler og RFID-sensorer. På samme tid anses medlemmer av prosjektteamet som prosjektets beste informasjonskilde [36], som dermed gjør mennesket til en essensiell informasjonsbærer.

For å eksemplifisere vil utstyr på en byggeplass kunne være en kran. Dermed vil data om kranaktivitet være mulig å logge. Annen aktivitet vil være arbeidskraft og da kan for eksempel denne aktiviteten kunne logges ved hjelp av en innsamler, se figur 3.1 Ulike innsamlere ses på i neste avsnitt.



Figur 3.1: Hva menes med begrepene rådata, innsamler og videreformidler?

### 3.4 Hvordan kan dataen fanges opp?

Datainnsamling er definert som å utnytte ulike innsamlingsteknikker til å skaffe rådata fra ulike kilder[20]. Presis datainnsamling vil være det første steget og den mest kritiske aktiviteten mot effektiv datafokustert ledelse[34]. Verktøy som er i bruk for identifisering er blant annet strekkode, RFID, optisk bokstavgjenkjenning og ”touch probe”[6].

Datainnsamling er definert som å utnytte ulike innsamlingsteknikker til å skaffe rådata fra ulike kilder[20]. Sørensen et al.[71] foreslår en tredelt kategorisering av innsamlere av data:

1. Nytt byggeutstyr (generere, dele og lagre data om bruk)
2. Mennesker (genererer en stadig økende mengde informasjon)
3. Data fra interne IT-system (planlegging, anskaffelser, BIM etc)

Dette kan være datakilder som kan formidle eller generere informasjon i byggeprosjekter. Videre kan denne innsamlingen skje ved automatisk eller ved manuell rapportering.

Andersen foreslår at data kan samles inn fra eksisterende digitale eller analoge lagringsportaler, måle tid eller volum fysisk eller sette opp en ny mekanisme for å fange data elektronisk[7]. Noen aspekter som burde adresseres ved en slik datainnsamling er tilgjengelighet, presisjon av data og målemetodikken bak[7]. Faglitteraturen de siste årene fokuserer i stor grad på tilgjengeligheten av store data eller "Big Data". Data som er lagret elektronisk og oppdatert jevnlig er den beste prestasjonsdataen å bruke i et prestasjonsmålingssystem[7]. Andre indikatorer kan være av en mykere art som beskrives som mål som ikke er enhetsbaserte men en skjønsmessig vurdering[7]. Disse kan likevel være minst like viktige å samle inn som faktabaserte harde mål[7].

### 3.4.1 Utstyr på byggeplass

Mange eksisterende objekter for innsamling av data er allerede identifisert i faglitteraturen. Noen av disse vil bli presentert under.

#### Strekkode

Ved innsamling av data i sanntid er strekkode-teknologi anbefalt for sporing av materialer, lagerhåndtering, fremdriftsmåling og ressurs håndtering[52]. Strekkode er en av de eldste metodene for datafangst i prosjekter, og er fortsatt mye brukt, først og fremst for sin lave kostnader[57]. Teknologien har høy kapasitet på datainnhold, gir høy pålitelighet og kan lett identifiseres av smarttelefoner og nettbrett[46].

#### Radio Frekvens Identifikasjon (RFID)

er en teknologi som muliggjør sporing av materialer og maskiner på en byggeplass[68]. En RFID-brikke vil ha et unikt ID-nummer og vil kunne fanges opp automatisk av en RFID-leser tilknyttet GPS[68]. Dette kan gjøres av ansatte og maskiner og utstyr som frakter objektet som bærer RDIF-brikken[68]. Opp til flere forskere har forsøkt å bruke RFID til automatisk innsamling av data[57]. Ghanem og AbdelRazig har eksempelvis utarbeidet et trådløst RFID-system å få informasjon om fremdriftsstatus om bygninger i sanntid[31]

#### Ultra-wide band (UWB)

En annen type radioteknologi som kan brukes som gjøre datainnsamling innen kort rekkevidde er UWB[57]. Brikken sender radio impulser som muliggjør at systemet finner egen geografiske posisjon[23]. Et UWB-systemet består av et nettverk av mottakere og koder som kommuniserer med hverandre over en stor båndbredde

(> 500 MHz)[57]. I følge Shahi et al.[65] er UWB blitt sett på som en effektiv ressursprospingsteknologi for å fremskaffe datafangst i sann tid, dette også gjennom harde forhold i byggegropa[22].

### **Geografisk informasjonssystem(GIS)**

Et geografisk informasjonssystem bruker til å samle inn og prosessere store data, for å videre presentere informasjonen grafisk[58]. Systemet kan både gjøre datafangst av en romlig art(3D bilde, CAD) og kombinere dette med annen type data[57]. Den økende bruken av BIM og 3D-modeller i BA-næringen har ført til at forskere har fått større spillerom å har nå kominere 3D-modeller med tidsplaner, som har ført til utviklingen av 4D-modeller[57]. GIS viser seg å ha et potensial til å gjøre innsamling og prosessering av data nær sanntid[58].

### **Globalt posisjoneringssystem(GPS)**

GPS er en annen teknologi som baserer seg på romlig informasjon[3]. Teknologien er satelittbasert og mye brukt for å finne nøyaktige posisjon og for navigering i byggeprosjekter[3]. GPS gjør datainnsamling i sanntid og informasjon blir videre oppdatert til bruker i sanntid[57].

### **Loggfiler**

Loggfiler er en utbredt metode for datainnsamling og finnes i om lag alle digitale enheter[20]. Loggfiler genereres automatisk av et datakildesystem, og registrerer aktiviteter i ulike formater[20].

### **Sensorer**

En vanlig innsamlingsmetode i dagliglivet er ved hjelp av sensorer[20]. Sensorer kan måle fysiske størrelser og konverterer dem til digitale signaler for behandling og lagring[20]. Eksempler på aktuelle råkilder for sensorer er tale, lydbølge, vibrasjon, vær, trykk, temperatur etc[20]. Informasjon fra slike sensorer kan anvendes i video- og overvåkningssystem og kan gi relevant informasjon[20]. Mange maskiner i dag er utstyrt med avanserte sensorer, digitale nettverk med ulike harde mål. Det meste av materialflyt som foregår på byggeplass gjøres med maskiner/kraner, og kan derfor måles her. En utfordringen i dag er at informasjonen i liten grad lagres eller overføres til et formål. Tilgjengelige data kan være ledetid, reisetid med og uten last, tømmetid, dødtid[21]. Kran kan også gi ut nøyaktige data om vekt og posisjon[51].

Det er identifisert ulike alternativer for å måle indirekte parametre og konvertere de til noe av høyere relevans for fremdrift. En av disse er lokasjon av arbeidere, som kan benyttes som en indirekte parameter for å måle arbeidsproduktivitet[51]. I følge Navon har det blitt foretatt eksperimenterer som konverterer lokasjon til produktivitet

på byggeplass med høyt presisjonsnivå[51]. Det ble gjennomført manuelle målinger parallelt i eksperimentet, for å avdekke om målingene samsvarte med fysisk utførte aktiviteter. Resultatene viste av flesteparten av aktivitetene målt gjennom modellen og manuelt hadde et avvik på mindre enn +-12prosent. Samme prinsipp har blitt testet for gravemaskiner med et avvik på -2.2 til 4.4 prosent[51].

Cheng og Teizer har presentert tre casestudier relatert til datamåling og visualisering av aktiviteter på byggeplass[21]. En generell metodikk var å benytte seg av kommersielt tilgjengelige sporingssensorer. Disse var plassert på maskiner, kraner og arbeidere på byggeplass. I følge[51] vil nesten alle komponenter på byggeplass bli transportert via maskiner eller kraner. I Cheng og Teizers casestudier var den foretrukne teknologien sensorer med liten størrelse, som kunne festes på arbeiderne[21]. Sporingsenhetene, som var identifisert med hver sitt sporingnummer, var også robuste til å takle harde forhold som kan forekomme på byggeplass. I tillegg hadde de en nøyaktighet som klarte å skille ut aktiviteter som materialhåndtering.

### Smarttelefon og nettbrett

I dag tilbyr en håndholdt data mange funksjonaliteter som kan være av interesse for innsamling av data i sanntid[47]. Moderne kommunikasjonsteknologi går raskt å bidrar til at smarttelefoner og nettbrett stadig mer populært i BA-bransjen[57]. Mobiltelefoner kan spore geografisk lokasjon gjennom posisjoneringssystemer, ta opp lyd med mikrofonen, fotografere, filme, måle gravitasjon, registrere strekkoder og registrere annen multimedieinformasjon[20]. Resultater fra en casestudie viste at ved å bruke smarttelefonens innebygde sensorer, ville det gi en presisjon på over 98 prosent i gjenkjennelse om en motor var av, gikk på tomgang eller var i drift[5].

Smarttelefon og nettbrett er velegnet for sanntidsdatafangst da det har liten størrelse, lett kan integreres med andre teknologier som foretar datafangst og er mobil i bruk[57].

### 3.4.2 Mennesker

Menneskene som oppholder seg jevnlig på byggeplass er personene har gode forutsetninger for tolkning av hvilke aktiviteter som er utført. Mennesker som datakilder kan foreta visuelle mål og kalkulerte målinger av mange ulike forhold på byggeplass. Dette kan for eksempel være statusoppdateringer om påbegynte eller fullførte aktiviteter. Hvis målingen må gjøres manuelt, enten med å fysisk utføre målinga eller gjøre prosesseringsarbeid i ettertid kan imidlertid måling bli for ressurskrevende for å gjennomføre[7]. Medlemmer av prosjektteamet er likevel ansett som prosjektlederens beste informasjonskilder[36], og det er viktig med rutiner for rapportering og kommunikasjon i prosjekter på tvers av alle aktører[62]. Til tross for å være ansett som en

god informasjonskilde, vil imidlertid pålitelighet av målinger svekkes av menneskelig bearbeiding[51].

### 3.4.3 Data fra interne IT-system

Det finnes rekke rekke programvarer som har spesialisert seg for bygg-og anleggsbransjen. Programmene tar for seg byggebransjens utfordringer og prøver å samle inn og systematisere informasjon som eksistere i prosjektet. Programmene er svært ulike i natur, der de tar for seg ulike fagfelt en bedrift eller et prosjekt finner nødvendig. For å kunne utnytte IT-system til sanntidsdatafangst er data eller informasjon nødt til å tas opp i systemet i det informasjonen oppstår, og videre sendes ut i samme hastighet som den ankommer[63]. Digitale hjelpemiddel i byggebransjen har hatt økt fokus på å rask viderefremming av informasjon, og da også datafangst i sanntid. Siden IT-system både samler inn data og viderefremmer den, vil ulike digitale verktøy bli presentert i avsnittet under.

## 3.5 Kvalitetsvurdering av datakilder

Hvis informasjon fra datakilder skal kunne ha nytteverdi forutsetter det at informasjonen er relevant, pålitelig og tilgjengelig. Tilgjengelighet kan påvirkes av eierskap til data. I tillegg vil hyppighet av informasjonsformidling være tilfredsstillende ettersom det er ønskelig å følge fremdriften av en betongproduksjon og fange opp viktig informasjon etter hvert som den oppstår. I den grad målingene er generaliserbare for flere prosjekter og ulik produksjonsform vil også avgjøre om datakilden er nyttig for flere og dermed universell. Overordnet kan disse aspektene utgjøre kvaliteten av datakildene.

### 3.5.1 Universelle mål

Ved utvikling av en prestasjonsmåling må det tas hensyn til at er hvert prosjekt er unikt[45]. Det bør derfor vurderes hvilke dimensjoner av et prosjekt som er universelle hvis det er ønskelig å utvikle målinger som kan brukes på flere prosjekter[45].

### 3.5.2 Relevans og pålitelighet

Pålitelighet av målinger kan antas å øke hvis det gjennomføres med mindre avhengighet av menneskelig bearbeiding[51]. Noen ganger kan det likevel være utfordrende å finne en erstatning for menneskelige målinger. Andersen legger frem at formålet med målingen vil avgjøre om presisjonen er god nok eller ikke[7]. For å sikre relevans og pålitelighet ved bruk av ulike Big Data-kilder bør datakilder kvalitetssikres mot andre mer tradisjonelle datakilder[18]. Dette kan for eksempel være fremdriftsmålinger utført av entreprenør eller byggleidelsen.



### Hyppighet og måleperiode

Målingshyppighet er definert som hvor ofte en måling utføres[7]. Det er generelt ønskelig med høy hyppighet med korte måleperioder for å avdekke avvik fra daglig drift og for å gjøre raske endringer. Målinger over en lengre periode vil imidlertid kunne avdekke trender. Nødvendig hyppighet av måling vil imidlertid variere med hvor mye en prestasjon varierer over tid[7]. Imidlertid vil manuelle målinger være tidkrevende og hyppige målinger kan derfor være urealistisk å gjennomføre[7]. Hvis hyppige målinger er viktig kan dermed automatiske målinger vurderes.

#### 3.5.3 Tilgjengelighet

I følge Olsson og Bull-Berg påvirkes tilgjengeligheten av data av ulike forhold[18]. Tilgjengelighet påvirkes blant annet av hvem som er eieren av rådataen og dermed om den kan og vil utleveres. Eiendomsrett defineres som hvem som faktisk sitter på rettighetene til informasjonen som blir samlet inn[18]. Dette kan være ulike aktører i et prosjekt, eller aktører utenfor prosjektet. I tillegg kan personvern også influere tilgjengeligheten av data[49]. Olsson og Bull-Berg[18] skiller på eierskap av rådata og eierskap av aggregerte data, og at innsamler av rådata vil være eier av denne, mens den som utfører aggregering av rådata vil være eier av den aggregerte versjonen. Data kan også være tilgjengelige, men ikke tatt i bruk fordi man ikke har sett potensiale for anvendelse. Disse må derfor etterspørres.

### 3.6 Hvordan kan data samles og videreformidles?

Mange av teknologiene beskrevet i 3.4.1 kan integreres i ulike digitale systemer[57]. Det som er felles for alle systemer er at det tar inn data og transformerer det til nyttig informasjon som involverte i prosjekter kan nytte seg av. Integrering av flere innsamlingsmetoder i et system vil redusere begrensningene hver enkelt innsamlingsobjekt vil gjøre hver for seg, og både datafangst fra *utstyr på byggeplass* og datafangst fra *mennesker* kan bidra til å ivareta og videreformidle informasjon i sanntid[57].

Allerede i 1985 ser Porter og Millar[60] muligheten for å få et konkurransemessig fortrinn ved bruk av informasjonsteknologi. Industrien kan endres ved at informasjonsteknologien effektiviserer prosessering og transformasjon av informasjon, videre muliggjør effektivt samarbeid innad og på tvers i organisasjoner[60]. Informasjons- og kommunikasjonsteknologi omfatter maskinvare, programvare og kommunikasjonsenheter som tilater deling og tilgang til informasjon enkelt, både lokalt og globalt[70]. Applikasjoner innen prosjektledelser kan være nettbaserte systemer som skal muliggjøre arbeid og samarbeid i sanntid i prosjekter. Disse arbeidsplattformene lar medlemmer og involverte aktører holde et øye med detaljinformasjon i produksjonen[27].

De muliggjør gjerne en presentasjon av informasjon på ulike detaljnivå. Eksempelvis kan fremdriftsmålninger og økonomi over én måned bli presentert, eller detaljert aktivitet fra time til time på byggeplassen. Slike systemer bør imidlertid være skreddersydd til hvert enkelt prosjekt, i tillegg til at vedlikehold av et slikt system vil være pågående arbeid gjennom hele prosjektet[27].

I dag må alle bedrifter som styrer eller deltar i byggeprosjekter ha et foretakssystem, også kalt *kvalitetssystem eller styringssystem*. Dette er et system som skal sikre at arbeidsoppdrag blir utført etter bestemmelser som er fastsatt iht. plan – og bygningslovgivningen[2]. Dette opptrer i flere ulike former avhengig av systemets formål. For å kartlegge hvilke forskjeller som finnes har forfatterne tatt for seg noen programvarer å sett på de unike egenskapene ved disse. Figur 3.1 viser en rekke fagfelt i byggeprosjekter som kan være relevant å inkludere i en programvare.

Tabell 3.1: Fagfelt for IT-system i BA-næringen

Fagområde
Ledelse
Kvalitet
Helse, miljø og sikkerhet
Internkontroll
Økonomi
Planlegging
Personell
Forvaltning, drift og vedlikehold(FDV)
Logistikk
Innkjøp
Service
Utstyrshåndtering
Bygningsteknisk konstruksjon
Fremdrift
Verdikjedestyring

### 3.6.1 Konseptuelle løsninger

#### E-post

E-post er mye brukt til kommunikasjon og datainnsamling i byggeprosjekter[57]. En studie foretatt av Elamin et al.[28] har studert bruk av e-post og vurderer som en effektiv teknikk for å spore, lagre og hente opp relevant data i prosjekter. En ulempe med e-post for sanntidsfangst er at en bruker ikke alltid har tilgang til internett og dermed ikke får formidlet informasjon i sanntid. Det kan også være utfordrende å svare på e-post via en mobiltelefon på grunn av størrelse på skjerm, og begrenset tastatur[57].

#### Bygningsinformasjonsmodell

En bygningsinforamsjonsmodell (BIM) er definert av internasjonale standarder som en felles digital presentasjon av fysiske og funksjonelle egenskaper i alle objekter som skal produseres, og som lager et pålitelig grunnlag for beslutninger[75].

En BIM kan brukes til å informere og kommunisere ved prosjektbeslutninger, i tillegg til den foreta store mengder datafangst som kan resultere i rapporter, der man kan integrere notater og bilder[57]. Selv om modellen samler store mengder med data, må objekter som er tegnet bli kontrollert før de kan tas i bruk, og systemet kan i liten grad brukes til å få informasjon i sanntid.

### Fremdriftssystem

Et annet verktøy som er utbredt i bygg og anlegg er *planleggingsverktøy*. Primavera Project Planner (Primavera 2014) og Microsoft Project (MS Project 2014) er eksempler på dette[57]. Programmene foretar en datafangst før prosjektet blir utført ved å manuelt utforme en framdriftsplan. Ved gjennomføringen i prosjektet vil programvarene gjøre datafangst ved å fysisk merke ut fremdriftsstatus i sanntid, og ved eventuelt å gjøre endringer med hensyn på faktisk status i prosjektet[57].

### Samhandlingstjenester

Begrepet samhandlingstjeneste har en rekke betydninger. Det er ikke en satt, veldefinert type verktøy, men snarere en bred kategori av programmer og tjenester[27]. Programmene retter sitt hovedfokus mot å effektivisere kommunikasjon ved få foreta en datafangst av informasjonen en enkeltperson sitter på til riktige personer i sanntid[27]. Eksempler på slike programmer er Yammer, Slack, Basecamp 3, Socialcast og Chatter[54]. Programmene er laget for både bedrifter og prosjekter for å spre informasjon i sanntid og for å ha kontroll på hva andre i bedriften arbeider med[54]. Mange av tjenestene kan integreres med andre nyttige verktøy på markedet. Fil-delning, koordinering og fakturering som eksempler.

Samhandlingstjenester kan deles inn i ulike hovedkategorier av verktøy, som presentert under[27]:

- Kommunikasjon
- Oppgavehåndtering og arbeidsflyt
- Alt-i-ett

Programvarer som fokuserer på å samle inn informasjon og videreformidle det i sanntid ved hjelp av kommunikasjon i en chattefunksjon kan omtales som et *kommunikasjonsverktøy*[27]. To eksempler på dette er Slack og HipChat. Disse er sanntidsverktøy hvor kollegarer kan sende tekstmeldinger til hverandre i sanntid, og informasjon fra enkeltpersoner blir videreformidlet i sanntid. Enkelte av verktøyene vil også sende varsling for å få relevant informasjon til mottaker i tide.

Samhandlingstjenester som har sitt fokus på *oppgavehåndtering og arbeidsflyt*, er verktøy som er rettet mot prosjektstyring og koordinering av arbeidsflyt[27]. Asana og verktøy som har bruker en kanban-metodikk(Vollerro og LeanKit) er slike

samhandlings-tjenester[27][8]. Ved bruk av disse verktøyene kan prosjektledere og kollegaer få oppdatering i sanntid om hvilke oppgaver som er utført.

*Alt-i-ett tjenester* er en kombinasjon av disse, og har hensikt å samle inn å samle data på ett og samme sted[27]. Igloo er et eksempel på dette, som har en sanntidschat i tillegg til kalendere og maler for spesifikke typer arbeid[67]. Podio er et enda mer komplekst verktøy, og Workfront er egnet for store bedrifter som er nødt til grundig definere de ulike kundenes rolle, og hvilken informasjon de har behov for å ikke[27].

Oppsummerende er det viktig å få frem at uansett hvilket digitalt system som brukes i en bedrift, må det stå i stil med kulturen i en bedrift. Alle nøkkelpillerene er nødt til å ha tro på systemet, og de må bli integrert som en del av bedriftskulturen[27].

## Lagringsplattform

Data fra en smarttelefon og annet utstyr karakteriseres av å være ustrukturert, inkludere mengder med støy og kan fremstå som uhåndterlig. Ettersom en smarttelefon er relativt ny er datamengdene en smarttelefon genererer også av nyere format. Dette stiller nye krav til lagringsplattformer, eller *databaser*, for slike data som eksisterende lagringsystemer i bedrifter ikke nødvendig klarer å oppfylle[49]. På samme tid er kostnadene relatert til slike lagringsdatabaser jevnt synkende (dette innebærer databehandling, prosessering, lagring med mer)[49]. I tillegg digitaliseres bedrifter i økende grad og data er dermed tilgjengelig for utnyttelse.

En database brukes ofte som en del av et informasjonssystem[43]. Den innhenter informasjon ved hjelp av en applikasjon, som er et program som er utviklet for en bestemt anvendelse[43]. Dette kan være innrapportering eller automatisk registrering av ønskede data. Et alternativ til lagringsdatabaser er å nyttegjøre seg av ferdige programsystem som lagrer data 'internt' i eksisterende programvarer i bedriften[48]. Dette vil kunne være gjeldende for fremdriftssystem (Kapittel 3.6.1) og samhandlingstjenester (Kapittel 3.6.1). En fordel med å ta i bruk en eksisterende dataverktøy er at en bedrift ikke trenger å kjøre et frittstående databaseprogram, i tillegg til at arkitekturen i databasen er spesialtilpasset til det unike formålet[48].

Bakdelen med en eksisterende programvare er at en bedrift mister friheten et frittstående databasesystem vil gi[48]. En bedrift vil aldri være helt lik en annen, som gjør at hver enkelt bedrift vil ha behov for en unik samling av data. Dette fører til at et eksisterende program neppe vil gi en fullkommen bruk av en database, om den er skapt for ett type behov[48]. Ut fra et databasesynspunkt vil det være en fordel å samle alle dataene i en felles database. Dette vil være bedre enn å spre data rundt på ulike systemer som kan ha utfordringer med å utveksle data seg i mellom[48].

### 3.6.2 Synliggjøring av prosesser

Visualiseringsverktøy er av høy verdi [49], og dersom kommunikasjon fremstår transparent, kan det muliggjøre en umiddelbar tilbakemelding på nåværende status og gjøre det lettere å se avhengigheter, som igjen kan bidra til å ta bedre beslutninger[11]. Som nevnt i Kapittel 3.1 vil utnyttelse av data muliggjøre avgjørelser bygget på bevis fremfor intuisjon. Veien fra rådata til dette vil imidlertid bestå av innsamling av data og videreformidling i ønskelig format. Som presentert i Kapittel 4.2.2 har flytskjema en sterk formidlingsevne til å gi en intuitiv tolkning av prosessen som beskrives, og vil ha potensiale til å forbedre transparens. En slik transparent versjon av prosessen kan også benyttes underveis i en produksjon, ved at nødvendig informasjon oppdateres og visualiseres gjennom intuitive skjema som er transparente for prosessen[38]. Dermed kan alle se og forstå de nødvendige aspektene og statusen av en produksjon til enhver tid. Dette vil videre gi involverte aktører en klar forståelse av aspekter av dagens produksjon på detaljnivå, som kan gi muligheter til å se gjensidige avhengigheter og bidra til forbedringer[38]. Imidlertid poengterer Klotz et al.[38] at det ikke er funnet en kvantifiserbar gevinst på kartleggingen av prosesser i form av transparente systemer.

Gjennom en litteraturstudie foretatt av Klotz og Horman[37] avdekkes imidlertid muligheter med transparente systemer. Interessenter kan forstå prosessen, identifisere fokusområder og forstå egen rolle i prosessen. I tillegg kan transparens muliggjøre en evaluering av effektivitet, hvorvidt tiltak i praksis gir effekt, effektiv kommunikasjon og en identifikasjon av sløsing. Avslutningsvis kan en helhetlig prosessforståelse bidra til bedre avgjørelser i fremtiden.

I dette kapitlet har dermed mulighetene med sanntidsdatafangst blitt kartlagt. For å anvende disse må det første foretas en kartlegging av prosessen. Disse kartleggingsmetodene vil bli presentert i neste kapittel.



# Kapittel 4

## Kartleggingsmetoder

Det er observert en generell mangel på et suksessfullt rammeverk for å kartlegge og modellere prosesser[4]. Det er imidlertid viktig å identifisere bruksområdet og formålet en har før en velger teknikk for kartlegging[4]. Studien fokuserer på å nyttegjøre seg av sanntidsdatafangst med formål om å effektivisere en produksjon. Dermed bør en kartlegging fremheve de delene av en prosess som kan påvirkes av bruk av sanntidsdatafangst og som også vil kunne effektivisere en produksjon. Derfor vil prinsipper for effektivisering presenteres, samt kartleggingsmetoder som belyser informasjonsflyten i en produksjon.

### 4.1 Verdiskapning

Effektivisering kan i følge Koskela skje på de verdiskapende aktivitetene eller flyten som knytter disse verdiskapende aktiviteter sammen[39]. Verdiskapende aktiviteter omtales gjerne som transformasjoner. I et byggeperspektiv vil verdiskapende aktiviteter omhandle selve byggingen. Aktivitetene som knytter verdiskapende aktiviteter sammen kan være inspisering, flytting og venting. Disse kalles gjerne flytaktiviteter og fokuserer på den relaterte material- og informasjonsflyten.

I følge Koskela[39] tilfører ikke flytaktivitetene verdi og burde derfor reduseres eller elimineres. Vrijhoef og Koskela[76] mener generelt at flytaktivitetene er grunnen til ineffektivitet på byggeplasser, og at dette bygger på dårlig ledelse, dårlig bruk av ansvarsfordeling og dårlig flyt mellom aktiviteter i verdikjeden. På samme tid vil noen ikke-verdiskapende aktiviteter være nødvendige for en produksjon, for eksempel planlegging, koordinering og oppfølging.

Produksjon defineres i følge Koskela (1992) som en flyt av materialer og informasjon fra starttilstand til sluttprodukt[39]. Koskela (1992) peker på at en produksjon består av transformasjoner og flytaktiviteter[39]. Transformasjonene står for verdiskapningen og flytaktiviteter er all aktivitet som foregår mellom transformasjonene[39]. Denne aktiviteten mellom transformasjonene kan for eksempel være koordinering,

inspisering, venting og flytting. Koskela fremhever viktigheten av å skille mellom disse aktivitetene, ved at selve transformasjonen av at materiale er den verdiskapende aktiviteten, mens resten enten kan kategoriseres som støtteaktivitet eller ikke-verdiskapende aktivitet. Mens støtteaktiviteter er nødvendige for at den verdiskapende aktiviteten skal skje, kan den ikke-verdiskapende delen, også kalt sløsing, omfatte ventetid, dobbeltarbeid og feilproduksjon.

Et generelt syn på byggeprosesser er et sett av verdiskapende aktiviteter som tar sikte på å oppnå en spesifikk output[39]. Likevel er det flere faktorer med byggeprosjekter, som gjør det vanskelig å oppnå flyt, fordi blabla. Flyt i konstruksjon kan i følge Koskela (1992) deles i designprosesser og konstruksjonsprosesser. Sistnevnte prosess inkluderer videre prosesser relatert til materialer og arbeidere. For å lede eller støtte disse prosessene finnes eksempelvis en prosjektledelse, som står for daglig planlegging og koordinering på byggeplassen.

#### 4.1.1 Effektivisering

Koskela[39] foreslår 11 veier for å oppnå effektive prosesser og god flyt:

1. Reduser andelen ikke-verdiskapende aktiviteter.
2. Øk produktets verdi gjennom systematisk gjennomgang av kundens krav
3. Reduser variabilitet
4. Reduser syklustid
5. Forenkle gjennom å minimere antall steg, deler og koblinger
6. Øk produktets fleksibilitet
7. Øk prosessers transparens
8. Fokuser kontroll på hele prosessen
9. Bygg kontinuerlige forbedringer inn i prosessen
10. Balanser forbedringer i flyt med forbedringer i transformasjoner
11. Benchmark

Majoriteten av prinsippene vil være sentrale for studien. Fokusområdet i studien er som nevnt informasjonsflyt, som er flytaktiviteter. Ettersom punkt 6 og punkt 10 kan kreve forbedringer av transformasjonene i prosessen vil disse imidlertid utgå.



Sanntidsdatafangst vil bli benyttet som verktøy for å oppnå en av disse effektene. Selv om listen tar for seg mange områder, er den fundamentale retningslinjen for effektivisering punkt nr.1. Koskela har identifisert tre rotårsaker til ikke-verdiskapende aktiviteter: design, ignorans og naturen en produksjon kjennetegnes av. Organisasjonsstruktur vil være en type design som kan innvirke. Hver gang en oppgave deles i to, vil dette resultere i ikke-verdiskapende aktiviteter: inspeksjon, venting og flytting. En produksjon vil bestå av materialflyter, samt ulykker og feil. I tillegg peker Koskela på løsninger som oppstår underveis, og som dermed ikke er gjennomtenkt, som ofte kan inneholde ikke-verdiskapende aktiviteter[39]. Disse vil ikke oppdages fordi involverte er ikke bevisste på at de eksisterer.

Verdi for kunden ligger i produktet. Produktet kan deles inn i aktiviteter som må utføres for å skape produktet. Siden aktivitetene har en avhengighet, kan dermed en aktivitet ha to typer kunder: de neste aktivitetene og den endelige kunden. For å tilfredsstille disse kundene foreslås dermed systematiske flyter hvor kundene og deres krav defineres på hver steg. I tillegg foreslås også transparente systemer. Transparens vil kunne være et verktøy mot kontinuerlig forbedring, samt en konvertering av ledelse "ovenfra og nedtil nedenfra og opp"[38]. Mangel på transparente løsninger kan i følge Koskela (1992) øke sjansen for å begå og overse feil, og kan redusere motivasjonen til forbedring av prestasjoner[39]. Dermed kan det være et mål å gjøre prosesser transparent og observerbare for å muliggjøre styring og kontroll. For å muliggjøre slike løsninger kan prosessinformasjon synliggjøres gjennom informasjonssystemer og på arbeidsområder.

Den mest naturlige måten å måle prosesser på vil ifølge Koskela være enheten *tid*. Den totale tida det tar for et materiale å reise gjennom en produksjonslinje kan defineres som syklusen i en produksjon[39]:

$$Syklus = Produksjonstid + inspeksjonstid + ventetid + flyttetid$$

Ved å fokusere på å redusere den totale syklusen vil man kunne tvinge ned tida som går til flytting, venting og inspisering. Reduksjon av variabilitet kan blant annet gjøres ved å standardisere aktiviteter i en produksjon. På samme tid som at variabilitet bør reduseres, bør produksjonen takle en viss fleksibilitet. Videre har det menneskelige sinn en begrenset evne til å takle kompleksitet. Én strategi for å forenkle en produksjon er gjennom å redusere og minimalisere antall steg eller antall deler i en produksjon. Dette kan eksempelvis være antall komponenter i et produkt eller antall steg i en material-eller informasjonsflyt. Organisatoriske endringer kan også bidra med forenkling av prosesser. For eksempel kan dette gjøres ved å redusere flyt mellom konsoliderende aktiviteter eller minimere mengde informasjon påkrevd for å utføre et arbeid[39].

I tillegg fremheves viktigheten av å fokusere på den totale prosessen, fremfor hver aktivitet hver for seg[39][78]. Tradisjonelt sett vil aktiviteter være tilknyttet ulike avdelinger og en overordnet ledelse for total prosess vil dermed være på tvers av avdelinger og nettverk som verdikjeden vil omfatte[24]. Slike produksjonsflyter som innebærer ulike fagdisipliner eller ulike leverandører, vil kunne dra fordel av å inngå tverrfaglige samarbeid for å identifisere behov i prosessen[39]. Dette vil gjelde delbehov, samt totale behov. I tillegg kan slike samarbeid være permanent, for å sikre kontinuerlig utvikling og forbedring av prosessen som helhet. Dette inkluderer også transformasjonene. Både for transformasjoner og flytaktiviteter bør produksjonen sammenlignes med prestasjonene til andre produksjoner gjennom benchmarking.

Variabilitet kan påvirke flyt i prosessen[42], og betegnes som en universell fiende[41]. I følge Koskela et al.[41] vil høy variabilitet gi høyere ledetid. For å redusere variabilitet foreslår Koskela et al.[41] blant annet at rotårsaker for feil bør elimineres, kvalitet av arbeid økes og kontinuerlig vedlikehold bør praktiseres. Denne variabiliteten kan være et resultat av ulike aktiviteter med ulike kritiske ressurser. Dersom variabilitet oppstår tidlig i aktivitetsforløpet vil dette kunne forplante seg i de neste og er ansett som å være mest forstyrrende for prosessen[42]

I tillegg belyser Kraemer et al.[42] viktigheten av variabilitet i forutsetningene for å starte en aktivitet. Det er identifisert 7 kategorier som bør være oppfylt for perfekt utførelse av en aktivitet. Disse kan oversettes slik[33]:

1. Forutgående arbeid: nødvendig for å kunne starte gjeldende arbeidsaktivitet
2. Plass: håndtering av plassbruk når flere opererer i samme område
3. Mannskap: dyr ressurs som må håndteres effektivt, unngå overkapasitet og venting
4. Utstyr: nødvendig for å gjennomføre arbeidet
5. Informasjon: nødvendig for å gjennomføre arbeidet (tegninger og planer)
6. Materialer: transformeres til et fysisk produkt
7. Eksterne forhold: værforhold og lignende

Det vil være en innebygd usikkerhet i hver av disse kategoriene som er ønskelig å minimere.

I en permanent produksjonslayout vil det være enklere å identifisere ineffektive aktiviteter (som venting) da disse ofte er tilstede over tid på samme lokasjon. I byggeprosjekter er situasjonen noe annerledes, da ineffektivitet (sløsing av ressurser) tenderer å være en rekke av individuelle og noe unike hendelser, i forskjellige produksjonsprosesser til ulike tider[15]. Koskela et al.[40] fremhever også i nyere tid at det er behov å få en tydeligere spesifisering av hva sløsing faktisk innebærer for byggeprosjekter.

## 4.2 Kartleggingsverktøy

Med utgangspunkt i å redusere andelen av ikke-verdiskapende aktiviteter, er det ønskelig å foreta en kartlegging av dagens aktiviteter i dagens produksjon. Phalp mener at strategien for en kartlegging vil være avhengig av om målet er å fange og forstå prosessen i grove trekk, eller om målet er å analysere prosessen. Disse retningslinjer kan presenteres som[59]:

- 1 *Fange og forstå prosess: Benytt pragmatiske tilnærminger*
- 2 *Analysere prosess: Benytt strengere paradigmer*

For å forstå en prosess anbefales det dermed metoder med høy fleksibilitet, lite struktur og det som virker praktisk nyttig. For analysen kan en problemløsning med klarere retningslinjer og større vitenskapelig aksept benyttes, som videre kan inkludere simuleringer eller eksperimenter med prosessscenarier[59]. Dermed kan prosesser beskrives på ulike detaljnivå avhengig av formålet[4]. Formålet må også ses i lys av hvem som skal tyde informasjonen. Det er eksempelvis et behov for å uttrykke prosesser gjennom diagrammer for å sikre forståelse og oversikt i systemutviklinger[59].

Kartlegging av prosesser er et visuelt virkemiddel for å vise arbeidsprosesser, og synliggjøre hvor potensiale for forbedring kan finnes[38]. En slik kartlegging kan vise hva som gjøres, hvem som skal gjøre det, når og hvor det skal gjøres og hvilke forutsetninger det har for å bli gjort. Denne metoden som dermed kartlegger ulike forhold mellom aktiviteter, mennesker, data og objekter involvert i en produksjon er kjent for å gi nyttige beskrivelser av en produksjon, som videre kan bidra mot å forbedre og rekonstruere produksjonsprosesser[12]. Den opprinnelige prosessen kan først kartlegges og et nytt forslag av prosessen kan benyttes til å identifisere muligheter for å forbedre opprinnelig prosess. Fordeler med slike kartlegginger er at det kan være lettere å vise en fremtidig tilstand av prosesskartet og dermed synliggjøre hvor det kan være et potensiale for forbedring[38]. Nye forslag kan anvendes og forhåpentligvis kunne forbedre den opprinnelige prosessen[38].

En slik kartlegging/modellering av en prosess vil være i stand til å presentere ulike perspektiver[12]. Curtis et al.[25] skiller mellom fire ulike perspektiv som må belyses i en prosessmodellering:

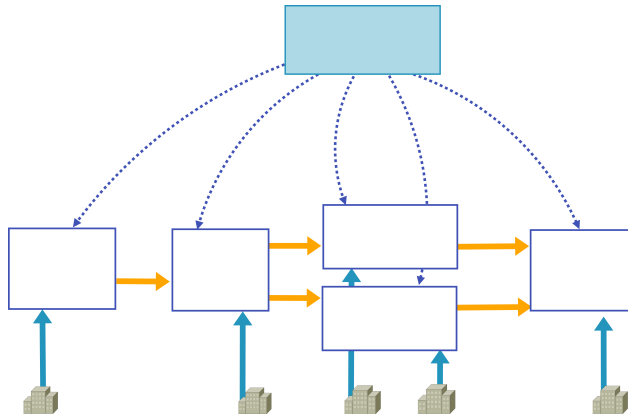
1. Det funksjonelle perspektivet: Med mål om å fremheve hva som gjøres og informasjonsflyten
2. Adferdsperspektivet: Med mål om å besvare når og hvordan aktiviteter skjer
3. Det organisatoriske perspektivet: Med mål om å besvare hvor og av hvem aktivitetene skjer
4. Informasjonssperspektivet: Med mål om å vise struktur og forhold mellom informasjonskilder.

#### **4.2.1 Brukeren**

En faktor som belyser samtlige perspektiver er brukerbehovet. Brukerbehov, eller den ansattes behov, kan enten vinkles som problemer som hindrer den ansatte i å oppnå deres mål eller som muligheter til å forbedre sannsynligheten for at de oppnår deres mål[44]. Brukere er ikke nødvendigvis bevisste på problemer eller muligheter for forbedring, slik at det burde foretas en grundigere analyse av jobbhverdagens positive og negative aspekter. Negative aspekter kan være tidkrevende og kompliserte oppgaver, oppgaver som fort går i glemmeboka eller oppgaver som løses med penn og papir[44]. Positive aspekter av jobbhverdagen er de som brukerne verdsetter og ikke ønsker å endre[44]. Forståelse og spesifisering av brukerkontekst kan danne grunnlaget for å definere brukerkravspesifikasjoner og organisatoriske spesifikasjoner til eventuelle endringer av systemer[44]. Brukerkontekst kan spesifiseres med brukere, oppgaver, utstyr, samt fysiske og sosiale omgivelser for når et system brukes[44].

### 4.2.2 Flytskjema

En metodikk som dekker det funksjonelle perspektivet er bruk av flytskjema. Et flytskjema er en grafisk, symbolsk fremstilling av arbeid som er eller skal bli gjennomført på et produkt mens det gjennomgår alle nødvendige prosesser frem til et ferdig produkt[13]. Bruk av flytskjema karakteriseres med høy grad av fleksibilitet[4]. Det vil si at hvordan flytskjema er satt sammen er mye opp til designeren. Likevel er flytskjema generelt enkle og har en sterk formidlingsevne til å gi en intuitiv tolkning av prosessen som beskrives[4]. De benyttes ofte som et ledd i prosessforbedringer[38], selv om flytskjema ofte kan bli store og komplekse, og dermed redusere evnen til å få et helhetlig bilde av prosessen[4]. Vanligvis er antall, avstand, type arbeid utført og utstyr brukt inkludert, i tillegg kan tidsbruk i prosessen inkluderes[13]. Symbol som gjerne er inkludert er operasjon, transport, inspeksjon, lagring, forsinkelser og kombinerte aktiviteter[13]. Imidlertid skiller det ikke på primær- og sekundæraktiviteter og det kan være en utfordring å koble organisatoriske funksjoner og ansvarlige sammen[4].



Figur 4.1: Illustrasjon av flytskjema







Operasjon	
Ledelse	
Informasjonsflyt	
Fysisk flyt	
Push flyt	
Leverandør	

I figur 4.1 vises et eksempel på hvordan et flytskjema kan se ut, og hvordan studien videre vil bruke et flytskjema. Figur 4.2 forklarer de ulike elementene i flytskjemaet.

En kartleggingsfunksjon Naslund et al.[50] trekker frem er kryssfunksjonelle prosessdiagram. Dette kan ved riktig bruk bidra til en forbedring av prosesser i organisasjoner. Til tross for at det finnes mange ulike grafiske vinklinger på slike flytskjema, vil essensen av dem i følge Weske være nogenlunde like[78].

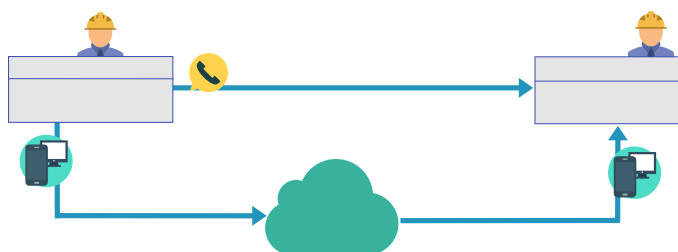
Figur 4.2: Figurbeskrivelse av flytskjema

### 4.2.3 Dataflyttdiagram

Aktør	
Avgjørelse	
Informasjonsflyt	
Kommunikasjons- -middel	
Digitale verktøy	
Samhandlings- -verktøy	

Figur 4.3: Figurbeskrivelse av dataflyt og figurbeskrivelse.

For å belyse det funksjonelle perspektivet, det organisatoriske, samt informasjonsperspektivet kan et dataflyttdiagram benyttes. Dataflyttdiagrammer er mye brukt i design av programvarer. Et slikt diagram har til hensikt å vise flyten av informasjon eller data fra et sted til en annen[4]. Dermed kan et dataflyttdiagram synliggjøre hovedkomponentene av informasjonsflyt, samt hvordan ulike prosesser henger sammen[77] og hvem som er involvert[4]. Den fokuserer på informasjonsflyt og ekskluderer dermed eksempelvis materialflyt. Et dataflyttdiagram kan også fremheve logikken i en overordnet prosess, ved å beskrive *hva* en prosess gjør, fremfor *hvordan* den gjøres. Den kan også vise hvilke aktiviteter som endrer informasjonen. I figur 4.3 og figur 4.4 vises et eksempel på dataflyt og dens figurbeskrivelse.



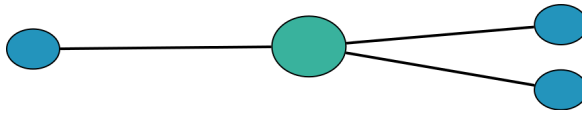
Figur 4.4: Illustrasjon av dataflyt

### 4.2.4 Sosial Nettverksanalyse

En måte å presentere dagens mønster av informasjonsflyter rundt en primærprosess er gjennom en sosial nettverksanalyse. Dette er i utgangspunktet et sett teknikker for å studere hvordan ressurser, eller nærmere bestemt informasjon, overføres mellom ulike grupper eller roller i et nettverk[32]. En slik presentasjon av dagens informasjonsnettverk kan muliggjøre en endring i dagens informasjonsflyt for å forbedre levering av informasjon[32]. En slik nettverksanalyse kan bidra med å identifisere, diagnostisere og modifisere informasjonsflyter som eksisterer[32]. Gjennom en analyse kan det avdekkes hvilken type informasjon som flyter gjennom ulike kanaler, hvem som kontrollerer informasjonen, samt hvor det mangler informasjonskoblinger. Blant annet fremheves viktigheten av å identifisere hvem som trenger å få informasjonen. En forutsetning for en slik analyse er at grupperinger har nogenlunde stabile mønster

av interaksjoner over tid[73]. En slik nettverksanalyse skiller i følge[32] seg ut fra andre analyseteknikker, ved at den fokuserer på mønstre av ressursutveksling[32].

Det finnes ulike måter å analysere et slikt nettverk på. To av de mest brukte fremstillingene er 'degree centrality' og 'betweenness centrality'. Degree centrality fremhever direkte koblinger en node har til andre noder (med andre ord: personer). Dette impliserer at en person med mange direkte koblinger til andre, har stor innflytelse på andre medlemmer av nettverket[61]. En alternativ fremstilling er betweenness centrality, som fremhever hvorvidt en node sørger for korteste kobling mellom to andre noder. Med andre ord vil en slik fremstilling vise hvilke noder som ofte er mellomledd og informasjonsbærere. Det er også mulig å måle effektivitet i en sosial nettverksanalyse. Effektivitet av et nettverk sier noe om gjennomsnittlig antall noder informasjon må flyte gjennom for at en node skal kobles til en annen node[30]. Færrest mulig noder øker effektiviteten i ett nettverk[30].



Figur 4.5: Illustrasjon av sosial nettverksanalyse

Optimalisering av informasjonsflyt kan oppnås ved å strømlinjeforme informasjon ved hjelp av teknologi for innsamling av informasjon[6]. Figur 4.5 illustrerer et sosialt nettverk med fire personer. Størrelsen på en node forteller i hvor stor grad en person videreformidler informasjon til andre. Illustrasjonsfiguren viser at den grønne noden formidler mest informasjon. Videre beskriver fargen på nodene ulike grupperinger av aktører i casestudien.

#### 4.2.5 Feltstudie: Lær av den ansatte

Kujala et al.[44] fremhever viktigheten av brukerinvolvering og foreslår et feltstudie som et passende metodevalg. Gjennom en feltstudie kan ansatte, deres oppgaver og generelle arbeidshverdag studeres i det faktiske kontekstuelle miljøet[79]. Som regel gjennomføres feltstudiet med få antall deltakende brukere som kan anses som representative for den allminnelige fremtidige brukeren. Ved å følge et lite utvalg av deltakende brukere vil en kunne få en dypere forståelse av deres behov og brukerkonteksten relatert til dette[44]. Det er likevel en utfordring å strukturere og analysere store mengder data som blir innsamlet gjennom observasjon og intervjuer. Selve innsamlingen av informasjon kan være å gjøre notater av sentrale utfordringer som er observert og kommentarer fra brukerne fremfor å produsere lange omfattende notater. Dette ble gjennomført i Bruseberg og McDonaghs feltstudier som videre klassifiserte lignende repeterende aktiviteter eller utfordringer i ulike kategorier. Hver gang en lignende utfordring ble observert eller nevnt ble dette registrert og

kategoriene ble dermed vektet[17]. Dermed ble de mest repeterende utfordringene i en arbeidshverdag fremhevet i deres analyse.

Kujala et al.[44] presenterer i sin artikkel et sammendrag av syv feltstudier blant industrielle partnere i Finland, som var basert på reelle produktutviklingsprosesser med fokus på brukerinvolvering. Målet var blant annet å avdekke hvordan brukerbehov kan bli representert og oversatt til brukerspesifikasjoner. Funn innenfor bruk av feltstudie viste at observasjoner og intervjuer burde logges mer formelt og strukturert, for å lettere nyttiggjøre seg av informasjonen senere. Brukerbehovstabeller ble utviklet for å beskrive behov i et format som ville være enkelt å transformere til Use Case og brukerkravspesifikasjoner, som var mer forståelig for utviklere[44]. I denne tabellen ble brukerbehov presentert som brukerproblemer og muligheter og videre koblet til et aktivitetsforløp[44]. En slik inndeling av problemer og muligheter kan benyttes for varierende brukerinformasjon. Problemer kan være hindringer som kommer fra brukerkarakteristikk, deres fysiske og sosiale miljø, samt den overordnede situasjonen. Muligheter kan representere brukernes implisitte behov og kan foreslå hvordan brukernes oppgaver kan støttes eller forbedres[44]. Metodikken ligner noe den analytiske prosessen som inngår i 'Business Analytics'. Dette er en stegvis loop består av en deskriptiv, diagnostisk, predikativ og preskriptiv tilnærming. Med andre ord fokuserer hver av fasene på henholdsvis[10]:

1. Hva skjedde? (observasjon)
2. Hvorfor skjedde det? (aktivitetsforløp og rotårsak)
3. Hvilke konsekvenser kan det gi? (problem)
4. Hva burde vi gjøre med det? (muligheter eller brukernes implisitte behov)

Siste punkt vil kunne inndeles i flere seksjoner i et systemutviklingsperspektiv. De identifiserte problemene i steg 3 burde korrigeres ved hjelp av muligheter som kan tilfredstille brukerbehovet. I tillegg bør aktivitetsforløpet strømlinjeformes, unødvendige steg elimineres og brukerspesifikasjoner identifiseres[44]. En alternativ metode for å identifisere brukerbehovet kan være gjennom rene brukertester. Fordeler med å foreta feltstudiet sammenlignet med rene brukertester, er at de ikke krever en forhåndslagde prototyper av forslag til nye løsninger[79]. Dette vil gi brukerne mulighet til å influere designet av systemet på et tidlig stadium. I tillegg kan feltstudier tilby måter å samle og analysere data av brukersituasjoner som det gjøres, slik at både funksjonalitet, følelse og utseende av et verktøy eller system kan være basert på faktiske brukerbehov og deres kunnskap[79].



### 4.3 Oppsummering

Oppsummert kan det gjennom en sosial nettverksanalyse avdekkes *hvem* som spiller innflytelsesrike og sentrale roller i et nettverk og *hvordan* informasjonen flyter på tvers av aktører og avdelinger. For å vise *hvilke aktiviteter* som skjer og *avhengigheter* mellom disse kan flytdiagram benyttes. For å knytte aktiviteter, *tidsperspektiv* og *informasjonsflyt* sammen, kan dataflytdiagram benyttes. Dataflytdiagram vil imidlertid ikke direkte knytte aktivitetene til en tidsakse, men likevel belyse hvor informasjon først genereres. For å forstå brukeren i den rette konteksten finnes metoder innenfor feltstudier. Samlet vil det utgjøre en oversikt over avhengigheter, flyter mellom aktører og roller i en produksjon, og sist men ikke minst *hvor relevant informasjon først genereres*. Sistnevnte aspekt vil identifisere potensiell datafangst og utgjør grunnlaget for utvikling av et forslag til effektiviserende tiltak. Samtlige kartleggingsmetoder vil bidra til å dekke relevante perspektiv i en prosess.

Oppsummert kan metodene belyse følgende perspektiver:

Tabell 4.1: Oppsummerende valg av kartleggingsmetoder

	Funksjonelt perspektiv	Adferds-perspektivet		Organisatorisk perspektiv		Informasjons-perspektiv
	Hva (aktivitet og informasjon)	Når	Hvordan	Hvor	Hvem	Struktur og forhold mellom informasjonskilder
Flyt-skjema						
Dataflyt		*Delvis				
Sosialt nettverk						
Feltstudie						

Dermed er forslag til veien fra kartlegging til brukerbehov presentert. I tillegg er Koskelas suksesskriterier for effektiv produksjon, som muliggjør en vurdering av hvorvidt fremtidige forslag vil effektivisere. Disse forslagene for effektivisering ved hjelp av datafangst forutsetter imidlertid at kilder for rådata er identifisert, samt hvordan disse kan innhentes og gjenbrukes. Dette vil introduseres i neste kapittel.



## Case: Samlokaliseringsprosjektet

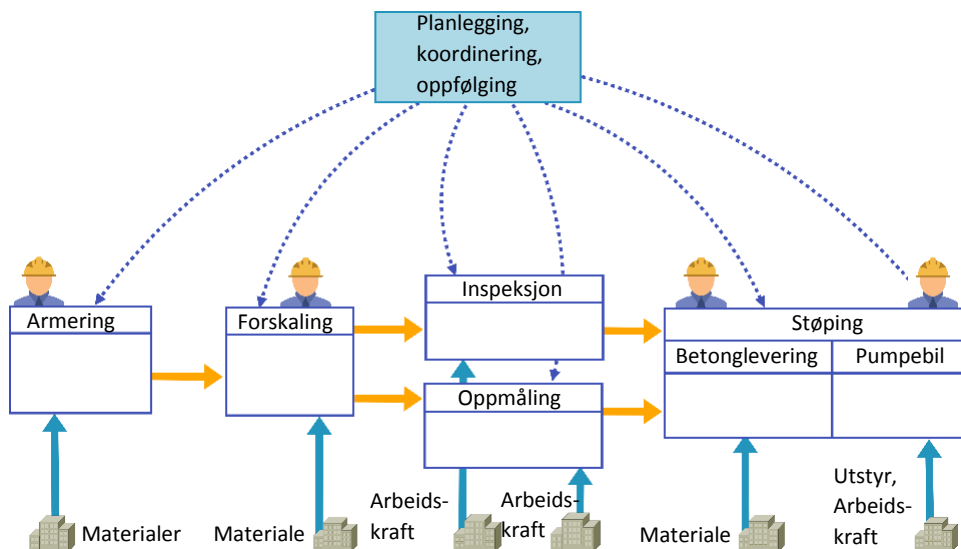
I dette kapitlet vil informasjonsflyten rundt betongproduksjonen kartlegges. Hensikten vil være å identifisere forbedringspotensialer i dagens produksjon som sanntids-datafangst kan løse. Derfor vil aspekter knyttet til aktiviteter, tid, sted, avhengigheter og informasjonsflyt belyses.



Figur 5.1: Samlokaliseringsprosjektet på NMBU

Entreprenørers byggeprosesser karakteriseres av leveranse av materialer, samt produksjonen av en bestilling fra en oppdragsgiver. Siden Bundebygg er hovedentreprenør av råbygg på Samlokaliseringsprosjektet på Campus Ås kan dermed en av deres byggeprosesser defineres som betongproduksjon. Betongproduksjonen består av et sett av aktiviteter som blir utført gjennom koordinering i et organisert og teknisk miljø med et mål om et komplett råbygg med riktig produserte gulv, vegger og tak.

Aktivitetene som er observert i betongproduksjon kan presenteres i flytskjemaet i Figur 5.2.



Figur 5.2: Flytskjema for en betongproduksjon

Ved å se nærmere på aktivitetene kan det skilles på transformasjoner og flytaktiviteter. Armeringsarbeid og støping er transformasjonene, aktivitetene som tilfører produktet en verdi. Resten kan defineres som støtteaktiviteter, *nødvendige* aktiviteter for at transformasjonene skal skje. Imidlertid er forskaling og oppmåling fysisk arbeid som gjøres i byggegropa og kan betraktes som verdiskapende aktiviteter. Aktivitetene utføres av ulike fagdisipliner hvor samtlige er innleid personell. Aktivitetene kan sies å være noe avhengige, da armering må være helt eller delvis fullført før forskaling settes opp. En sjekklister utføres av prosjektledelse og de blå pilene beskriver flyten av arbeidskraft, materialer og utstyr som er forutsetninger for å gjennomføre produksjonen. Disse må transporteres til støpeområdet. En annen støtteaktivitet i betongproduksjon er planlegging og koordinering. Dette utføres av prosjektledelsen og aktuell informasjon flyter mellom involverte aktører og prosjektledelse. Planlegging vil også innebære bestilling av arbeidskraft og materialer.

Flytskjemaet fremhever dermed avhengigheter og aktivitetsforløp, mens piler representerer ulike flyter i produksjonen. Som tidligere nevnt vil de bestå av generell prosjektledelse og dermed være daglig informasjonsflyt med innleid personell og ressurs- og materialleverandører. Siden denne informasjonsflyten skjer i tidsrommet fra bestilling til støping og foregår på produksjonsnivå, kvalifiserer denne flyten som

høyst aktuell for sanntidsdatafangst. Det er i den forbindelse ønskelig å kartlegge hvordan denne flyten foregår mellom de involverte aktørene. Det er ønskelig å avdekke hvilken type informasjon det er behov for, samt lokalisere hvor og hvilken informasjon som genereres og hvilke informasjonskanaler som benyttes. Formålet vil være å forstå prosessene i detalj, samt identifisere forbedringspotensialer og muligheter for sanntidsdatafangst. Et annet viktig aspekt er å identifisere repeterende aktiviteter og flyter.

## 5.1 Kartlegging av informasjonsflyt

Dette avsnittet vil presentere informasjonsflyten mellom prosjektledelse og operasjonsansvarlige gjennom dataflytdiagram. Flytskjema presentert i Figur 5.2 viser at det er totalt 6 operasjoner, som dermed utgjør 6 potensielle dataflytdiagram. Det er imidlertid registrert at armering og forskaling i høy grad gir samme resultat og et samlet dataflytdiagram er dermed presentert for disse to. Informasjonsflytene som blir presentert er dermed flyt mellom:

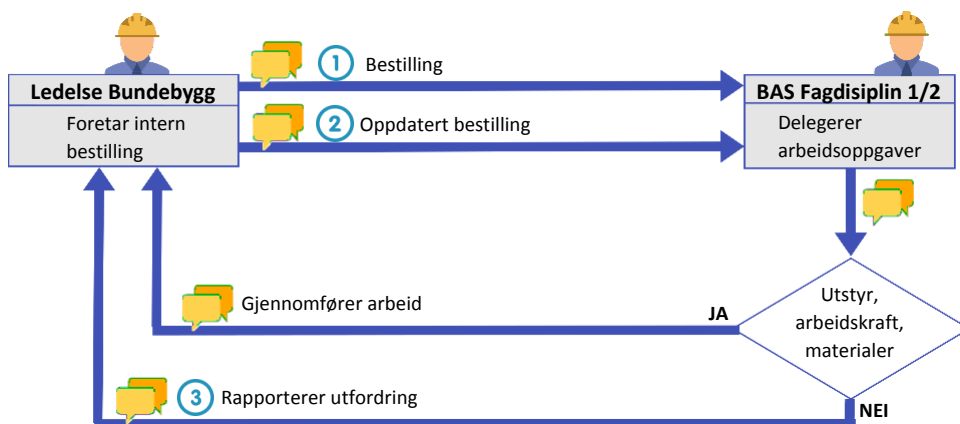
1. Prosjektledelse og armeringsbas
2. Prosjektledelse og forskalingsbas
3. Prosjektledelse og interne inspeksjonsansvarlige
4. Prosjektledelse og oppmålingsfirma
5. Prosjektledelse og pumpeleverandør
6. Prosjektledelse og betongleverandør

Dataflytdiagrammene som viser informasjonsflytene har en standardisert utforming. Ulike ansvarsområder internt i Bundebygg kategoriseres som Bundebyggs prosjektledelse. Forespørsler defineres som bestillinger til leverandør. Flytene er generelt meget forenklet, da det i den virkelige verden vil ha en tilnærmet kontinuerlig kommunikasjonsflyt. I grove trekk fremstilles likevel flyten i slike dataflytdiagram. Informasjonsflytene som fremheves nummereres og formatet av informasjonen beskrives kort. Ved å se på repeterende mønstre vil det være lettere å avdekke gjentakende informasjonsbehov, gjentakende aktiviteter som kan være overflødige og hvordan disse kan forbedres.

### 5.1.1 Flytnr 1./2. Prosjektledelse og armeringsbas/forskalingsbas

Når det gjelder informasjonsflyt mellom prosjektledelse og baser oppleves denne som kontinuerlig og ustrukturert. Det koker likevel ned til at prosjektledelsen planlegger

produksjon og videreformidler denne til armering- og forskalingsbas slik at de vet hvor de skal arbeide, se Figur 5.3. Selv om informasjonsflyten er intern kan den defineres som en bestilling fra prosjektledelsen. Den er nummerert som 1, foregår muntlig og gir informasjon om dato for ferdigstilling, bemanning, materialer og tegningsgrunnlag. Eventuell oppdatering av informasjon vil gå gjennom samme syklus. Tilgjengelig utstyr, arbeidskraft og materialer er forutsetninger for at aktivitetene skal igangsettes og dette må derfor avklares først. Tilgjengeliggjøring av slike ressurser kan også gjøres av formenn, men er for enkelthets skyld satt til å være bas. Dersom ressurser er tilgjengelig kan arbeid gjennomføres, og dersom den er utilgjengelig eller arbeidere møter hindringer og utfordringer, vil dette rapporteres til prosjektledelsen og videre igangsette en dialog for å løse disse.



Figur 5.3: Dataflyt 1/2 - Forskaling og armering

*Dato for ferdigstilling, bemanning, materialer, tegningsunderlag* ①

*Dato for ferdigstilling, bemanning, materialer, tegningsunderlag* ②

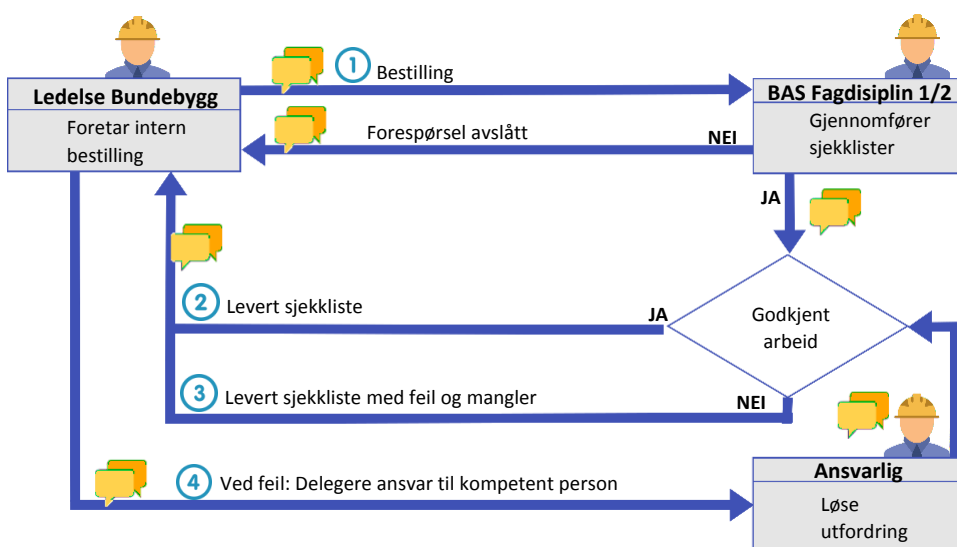
*Grunnlag for forsinkelse* ③

Figur 5.3 er ment å illustrere flyten relatert til én planlagt støp. Det er imidlertid observert at flyten gjentar seg over flere sykluser, som indikerer at produksjonen møter hindringer og utfordringer som kan gi konsekvenser for opprinnelig bestilling. Antall sykluser varierer i stor grad, og viser seg å avhenge av grad av nye byggetekniske løsninger, og generelt aspekter knyttet til tegningsunderlaget. Dette kan dermed variere fra flere ganger daglig til ingen avklaringer iløpet av en uke. Det oppleves sjeldnere at feil gjøres, men i disse tilfellene må disse avklares ved å

enten få godkjenning på arbeid utført utafør tegningsunderlaget eller å gjøre arbeidet på nytt.

### 5.1.2 Flyt nr 3. Prosjektledelse og interne inspeksjonsansvarlige

Bundebygg er pålagt å utføre inspeksjoner og dokumentere disse før betongstøpinger gjennomføres. Denne utføres som regel av formann eller bas, men er for enkelthets skyld illustrert i Figur 5.4. Den fysiske bestillingen av en slik inspeksjon skjer ikke praksis, da dette er internt rutinearbeid som baser eller formenn har ansvar for. Det er likevel relevant informasjon for basene når støping skal skje som også indikerer en siste frist for inspeksjonen. Det er ønskelig at inspeksjonen gjøres i god tid før en støp slik at det er rom for å rette eventuelle feil. Når sjekkliste er utført viderefremmes denne via e-post med en rekke mottakere, blant annet kvalitetsansvarlig, formann og byggeledere hos byggherren. Tidsrommet fra inspeksjonen utføres til denne viderefremmes varierer, men kan anta å ha en forsinkelse på inntil én arbeidsdag.



Figur 5.4: Dataflyt 3 - Inspeksjon av armering og forskaling

Tidspunkt for gjennomføring, type sjekkliste, hvilken støp	①
Lokasjon, arbeidstegninger, Godkjenning av utført arbeid	②
Lokasjon, arbeidstegninger, feil og mangler	③
Forslag til løsning	④

Sjekklisten inneholder data av utført arbeid i henhold til tegningene og uttrykkes i hovedsak gjennom billedokumentasjon. Hvis sjekkliste poengterer avvik, feil eller mangler, kan prosjektledelse eller bas selv komme med forslag til løsning. Dersom forslag godkjennes som løsning er prosessen i mål. Dersom den er utilstrekkelig delegeres den på ny til samme eller ny kompetent person og prosessen fortsetter slik til utfordringen er løst. Blir denne prosessen for lang og tidkrevende vil den være en flaskehals for betongstøping. Dette kan enten føre til at betongstøping må utsettes eller ekstra

ressurser må flyttes hit for å komme i mål til bestilt støp. I noen tilfeller oppdages ikke feil gjennom inspeksjon, men *etter* en støping er foretatt. Dette kan resultere i omarbeid eller arbeidet kan godkjennes til tross for et avvik. Uansett utfall vil avviket likevel kreve tid og ressurser i form av saksprosessering og dokumentasjon for arbeid utenfor tegningsunderlaget. Sjekklistene må til syvende og siste registreres i byggherrens IT-system, Interaxo.

### 5.1.3 Flyt nr 4. Prosjektledelse og oppmålingsfirma

Oppmålingsingeniører eller landmålere setter ut geografiske referansepunkt på byggeplassen. For eksempel må utsparringer merkes ut for å montere armering i henhold til plantegninger og kotehøyde for støping må settes ut før støp. Informasjonsflyten er enkel og muntlig, med sporadiske bekreftelser på utført arbeid. Etter hva forfatterne observerer er det ingen skriftlig dokumentasjon på oppmålerens utførte arbeid i byggeprosa.



Figur 5.5: Dataflyt 5 - Oppmåler

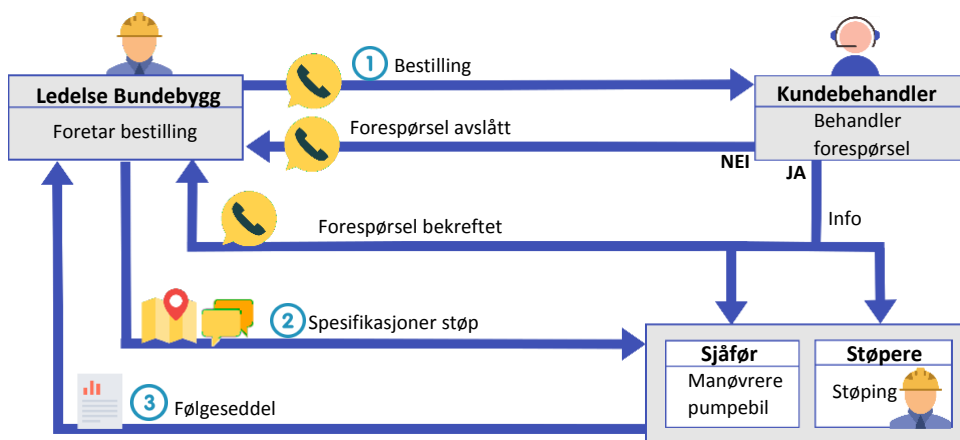
Dato, tidspunkt	①
Lokasjon, tidspunkt, spesifisert informasjon om oppmåling	②
Rapportering av gjennomført arbeid	③

Oppmerking av kotehøyde før støp er viktig for støpemanskap som ikke har tilgang til tegninger og er dermed å anse som en kritisk aktivitet. Bemanningsbehovet er som regel på størrelse med en enmannsjobb, men kan i hektiske perioder fordobles. Stikkeren blir bestilt hyppig av formenn i prosjektledelsen eller av basene. Det er registrert at oppmåling til tider har vært en flaskehals armering- og forskalingslagene og støpeprosessen. Det har oppstått grunnet en forglemmelse i koordineringsarbeidet eller mangelfulle avklaringer. I ferieavviklinger har det oppstått ytterligere komplikasjoner til gjennomføring og en mer omfattende oppfølging fra prosjektledelsens side.



### 5.1.4 Flyt nr 5. Prosjektledelse og pumpeleverandør

For støping av de fleste større horisontale flatene bestilles det ytterligere utstyr og tilhørende støpemannskap. Det er behov for en pumpe med et visst rekkevidde og ellers vil arealet som støpes avgjøre den eksterne bemanningen. Pumpeleverandøren må imidlertid bestilles god tid i forveien, gjerne minst én uke før, med støpespesifikasjoner om tid, betongmengde, støpeareal og ved behov minimum rekkevidde pumpe må ha. Forespørselen gjøres per telefon til leverandørens sentral og innvilges som regel, men med et betydelig antall avslag. Dette gjør at formannen må endre støpeplaner. Info som foregår internt hos pumpeleverandør er for Bundebygg irrelevant og betegnes i Figur 5.6 som 'info'. Dersom bestillinga blir godkjent supplerer Bundebygg med støpespesifikasjoner til pumpebilsjåfør og støpemannskap. Etter endt støp genereres en følgeseddel i papirform hvor dato, tidspunkt, varighet, kubikkmeter pumpet og annen kvalitetssikring av eksempelvis overdekningen av betong over armering.



Figur 5.6: Dataflyt 5 - Pumpeleverandør

Dato, tidspunkt, m3, m2, pumpens rekkevidde, støpebemanning ①

Støpe-spesifikasjoner, lokasjon, betongkvalitet ②

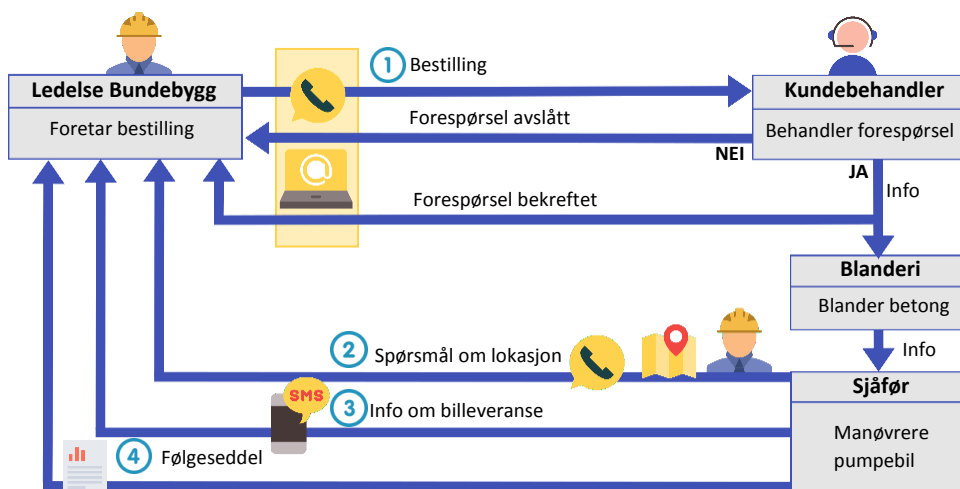
Dato, tidspunkt, varighet m3, m2, pumpens rekkevidde, støpebemanning, overdekning ③

Det er som regel det samme støpemannskapet som leverer tjenester til SLP. Dette er også ønskelig fra Bundebyggs side, da de kjenner byggeplassen, aktører og andre rutiner på prosjektet. Støpemannskapet opplever imidlertid ofte opphold i støping, enten som følge av sperrede adkomstveier, oppmåling som ikke er gjennomført eller som følge av lav frekvens mellom betongleveranser. De påpeker også at betongkvaliteten kan være veldig varierende. Hyppighet mellom betongbilene og varierende betongkvalitet anses dermed som repeterende problem i støpeprosesser. Det gjelder også at støpeområdet

generelt er klart for støp. Likevel konkluderer støpemannskapet med at disse forholdene er betraktelig bedre på SLP sammenlignet med andre prosjekter, og begrunner dette med at formannen 'alltid ordner opp'.

### 5.1.5 Flyt nr 6. Prosjektledelse og betongleverandør

Bundebygg benytter seg av én fast betongleverandør i SLP. Ved store mengder betong ønsker de bestilling (eller nærmere bestemt en reservasjon) inn én uke i forveien, mens for de minste mengdene holder det med 24 timer før støpetid. De fleste bestillingene for dekkstøp gjøres ca én uke i forveien, mens for veggstøp kan dette variere på mellom 3-7 dager i forveien. En bestilling genereres i en Microsoft Word-mal etter leverandørens ønske og sendes via e-post. En ordrebekreftelse av reservasjonen sendes tilbake hvis de har ledig kapasitet, som de som regel har én uke i forveien. Jo tettere bestillingen kommer støpedato, jo større sjans er det for at bestillingen avslås. Dette gjøres da via telefon, og eventuell ny støpedato avklares gjerne da i samme samtale. Når støpebestillingen er lagt inn i systemet for planlagte leveranser sendes ordrebekreftelse tilbake til Bundebygg.



Figur 5.7: Dataflyt 6 - Betongleverandør

I perioden mellom første bestilling og støpedato foregår armering- og forskalingsarbeid på støpeområdet. Etter hvert som det blir tydeligere hvor store flater med armering som er klare til støp, blir det tydeligere om en bestillingen må endres og eventuelt hvor mye den må endres. Det observeres hyppige endringer på slike horisontale støper. Noe av årsaken sier formenn er fordi de gjør ambisiøse mål for å legge tidspress på håndverkere, at tidspress er deres motivasjon. Totalt sett er det derfor bedre at de

risikerer å ikke nå målet, fremfor at de når målet i god tid før støp. I tillegg kan produksjonen møte uforutsette hindringer og barrierer relatert til tegningsgrunnlag, materialer og utstyr.

**1** Ansvarlig, dato, m<sup>3</sup>,  
tidspunkt, betongkvalitet,  
antall m<sup>3</sup>/per time

**2** Støpe-lokasjon, kjørerute

**3** Tidspunkt for hver  
betongleveranse

**4** For alle leveranser: Dato,  
ankomsttidspunkt, m<sup>3</sup>,  
ventetid, betongkvalitet

Etter en endring eventuelt er ringt inn til leverandøren, gjenstår det å åpne bestillingen. Dette gjøres også per telefon på dagen, enten av pumpeleverandøren, av eget personell eller kan gjøres av formann idet bestillingen gjøres. En slik fleksibilitet ses på som nødvendig. Grunnet betongens egenskaper og herdetid burde området være klar til støp idet betongbilene ankommer. Hyppigheten mellom betongbilene defineres i bestillingsdokumentet, i tillegg til tidspunkt, lokasjon, betongmengde med tilhørende kvalitet.

Idet en betongbil forlater blanderiet autogenereres en SMS til betongformann i Bundebygg. Informasjonen sier at betongbilene er på vei og kan ventes om 15 minutter. På støpedagen kan sjåføren av betongbilene oppleve forvirringer om hvor han skal kjøre. Byggeplassen opplever ofte parallelle støper av vegger og dekker, og det har i denne forbindelse hendt ved flere anledninger av betongbiler knyttet til en veggstøp kjører til en dekkstøp eller vice versa. Dette fører til rot i dokumentasjonen og påliteligheten av dokumentasjonen vil dermed reduseres. Betongbilsjåføren ringer til tider bestillingsansvarlig (som gjerne er betongformannen) i Bundebygg for kjøreanvisninger.

Som tidligere nevnt varierer hyppigheten og betongkvaliteten fra betongleverandøren. Varierende hyppighet kan føre til venting og opphold i støping, og en varierende betongkvalitet kan straffe seg ved senere anledninger. Det er derfor essensielt å ha dokumentasjon på samtlige betongleveranser. Betongleverandøren logger en del informasjon og noe av denne videreføres til Bundebygg. Etter endt leveranse mottar Bundebygg en følgeseddel og ved jevne mellomrom mottar prosjektledelsen en logg over levert betong på byggeområdet over en lengre tidsperiode.

## 5.2 Fra observasjoner til behov

Informasjonsflytene mellom aktører og prosjektledelsen er en forenklet illustrasjon av den gjentakende daglige kommunikasjonen på en byggeplass. For å nyansere informasjonsflyten ytterligere er en feltstudie gjennomført. Feltstudien som er foretatt på Samlokaliseringsprosjektet i Ås har som formål å avdekke gjentakende og felles utfordringer, også på tvers av avdelinger og aktører, med videre mål om å løse disse med universelle løsninger. Dette kan gjøres ved å finne rotårsaken til ulike utfordringer, og hvilke konsekvenser de kan gi som nevnt i Kapittel 4.2.5. Ved hjelp av rotårsak og konsekvens kan den ansattes og prosessens implisitte behov identifiseres. Med datafangst som verktøy vil det i Kapittel 7 foreslås hvilken type datafangst som kan løse de ulike problemene.



Figur 5.8: Feltstudie

Veien fra observasjoner til identifiserte behov er inspirert av den analytiske prosessen som inngår i 'Business Analytics' samt andre case-studier med systemutvikling som hovedtema (les mer om dette i Kapittel 4.2.5). Prosessen deles grovt opp i kategoriene: 1)Hva skjedde, 2)Hvorfor skjedde det, 3)Hvilke konsekvenser kan det gi og 4)Hva burde vi gjøre det med. I tillegg har forfatterne inkludert involverte aktører etter steg 1, samt utvidet steg 4 til å inkludere flere faktorer. Utvidelsen begrunnes i sanntidsdatafangst sine forutsetninger om digitale system og at en behovfokuset tilnærming derfor er nødvendig. Dette behovet viser seg som regel å bli system- og informasjonsbehov og disse er dermed blitt ytterligere detaljert. Dermed vil det i neste steg bli enklere å koble behov til datafangstbaserte løsninger. Avslutningsvis er det også valgt å sette prioriteter på de ulike behovene.

Oppsummert vil feltstudiens steg se ut som i figur 5.8

### 5.2.1 Observer arbeidshverdagen

Gjennom aktiv og deltakende observasjon, samt intervjuer av nøkkelpersoner, er observasjoner og utfordringer identifisert i caseprosjektet. Enkelte av observasjonene er ikke nødvendigvis definert som utfordringer, men noe forfatterne antyder kan være en tidstyv og har potensial til å løses ved hjelp av sanntidsdatafangst. Det er observert flere andre utfordringer i dagens betongproduksjon. Imidlertid har forfatterne fokusert på repeterende hendelser som kan forbedres, da gjenbruk av informasjon anses å ha største potensiale som effektiviserende tiltak. Noen observasjoner er tilnærmet sitater fra ansatte om hvordan de opplever aspekter av arbeidshverdagen deres. Datainnsamlingen er dermed noe ustrukturert, selv om datafangst og videre gjenbruk som potensiell løsning har influert datainnsamlingen.

### 5.2.2 Identifiser involverte aktører

Forfatterne har valgt å fremheve hvilke aktører som kan være involvert i de ulike observasjonene. Dette er gjort for å synliggjøre hvem som vil bli påvirket av dagens situasjon, konsekvenser som eventuelt oppstår og avslutningsvis hvem som vil kunne dra fordel av nye løsninger. Det er også essensielt at løsningene tilfredsstillende behovene til samtlige av de som berøres. Hvis en hendelse involverer formenn og underleverandører kan det indikere at en løsning vil innebære en forbedret informasjonsflyt mellom disse.

### 5.2.3 Identifiser årsak

Årsaken til at hendelsen skjer kan være mange. I denne studien er den avgrenset mot informasjonsflyt, i den grad årsaken kan være mangel på pålitelighet, tilgjengelighet og effektive løsninger, samt andre aspekter som kan true en velfungerende informasjonsflyt. Et eksempel som kan trekkes frem er observasjonen som beskriver vanskeligheten med å bestemme støpetidspunkt da forarbeid tar varierende med tid. Her vil en mulig årsak til dette være at pålitelig informasjon om fremdrift er utilgjengelig. Det er som tidligere nevnt utallige andre potensielle årsaker tilknyttet hendelsen, men forfatterne fokuserer på mest nærliggende årsaker, altså hvilken informasjon som er tydelig at mangler. En underliggende årsak kan være at det er varierende antall håndverkere som arbeider og det dermed er varierende produktivitet på området.

### 5.2.4 Kartlegg konsekvens

I denne studien har forfatterne vurdert i hvilken grad hendelsene kan føre til ikke-verdiskapende prosesser. Dette kan tydeliggjøres med tidkrevende løsninger, misforståelser og endringer, og det er kun hendelser som mistenkes å kunne føre til ikke-verdiskapende prosesser som er inkludert i denne studien. Samlet vil de utvalgte

hendelsene presenteres i Tabell 5.1 og 5.2. Her er også tilknyttede aktører, årsaker og konsekvenser presentert.

Tabell 5.1: Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritet (1)

Observasjon	Identifiser involverte personer	Vurder hvorfor det oppstår	Vurder konsekvens	Prioritet
<p>a</p> <p>Beskrivelse - Hva skjer?</p> <p>Formann er fraværende og andre vet ikke hvilke ressurser som er bestilt.</p>	<p>Hvem er involvert</p> <p>- Formann - Underleverandører</p>	<p>Hvorfor skjer dette?</p> <p>Informasjon er utilgjengelig, fordi 1) Bestillinger gjøres per telefon som ikke lagrer informasjon, 2) Bekreftelsen er ikke tilgjengelig for andre, 3) Utfordrende å finne.</p>	<p>Hva kan det føre til?</p> <p>1) Prosessen blir avhengig av enkeltpersoner. 2) Enkeltpersoner må kontaktes/avbrute pågående arbeid. 2) Feilkoordinering kan føre til utsatte planer eller feil utført arbeid.</p>	3
<p>b</p> <p>Utfordrende å bestemme støpetidspunkt, da forarbeid tar varierende med tid.</p>	<p>- Formann armering - BAS armering - Formann forskalling</p>	<p>Pålitelig informasjon om fremdrift er utilgjengelig.</p>	<p>1) Endring av mange bestillinger relatert til støp. 2) Fører til merarbeid rundt videreformidling og koordinering til involverte aktører av ny informasjon.</p>	3
<p>h</p> <p>Mangel på oppdatert informasjon til involverte aktører etter at støpespesifikasjoner er endret.</p>	<p>- Formann Betong - Formann Armering - Øvrige aktører</p>	<p>Formenn kan glemme å videreformidle informasjon/ikke se nytten av at andre mottar oppdatert informasjon.</p>	<p>1) Mange telefonsamtaler til formenn som er tidkrevende og avbryter daglig arbeid, 2) Involverte aktører kan utføre feil fordi de er feilinformert.</p>	3
<p>i</p> <p>Formenn har ikke tid/er motvillige til å utføre inspeksjon før støp.</p>	<p>- Formenn - KS-ansvarlig</p>	<p>Verktøy for innsamling og deling av informasjon kan være tungvinte, formenn har hektisk hverdag.</p>	<p>1) Dårlig dokumentasjon, kan få store økonomiske konsekvenser. 2) Mister goodwill fra byggherre når dokumentasjonskrav ikke er tilfredsstillt.</p>	3

Tabell 5.2: Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritet (2)

Observasjon	Identifiser involverte personer	Vurder hvorfor det oppstår	Vurder konsekvens	Prioritet
<p>Beskrivelse - Hva skjer?</p> <p>l</p> <p>Støpehøyde er ikke oppmålt til støp skal gjennomføres.</p>	<p>Hvem er involvert</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppmålingsingeniør</li> <li>- Formann</li> <li>- Betongleverandør</li> <li>- Pumpeleverandør</li> </ul>	<p>Hvorfor skjer dette?</p> <p>Ulike årsaker, noen kan være 1) oppmåler har glemt det, 2) oppmåler har ikke fått beskjed om at oppmåling må gjennomføres. Det kan videre være mangelfulle rutiner rundt koordinering og dokumentasjon på utført arbeid.</p>	<p>Hva kan det føre til?</p> <p>Oppmåler må som regel kontaktes, avbryte det pågående arbeidet, kan føre til forsinkelser i støping.</p>	3
<p>m</p> <p>Betongmengde i bestillinger stemmer sjelden overens med faktisk leveransmengde</p>	<p>Hvem er involvert</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formann betong</li> <li>- Formann armering</li> </ul>	<p>Hvorfor skjer dette?</p> <p>Ulike årsaker, 1) lite tilfredstillende systemer for god beregning, 2) produktivitet i byggegrep stemmer ikke med estimert produktivitet, 3) endringer underveis, 4) det tas ikke hensyn til armeringsvolum ved beregning av betongmengde.</p>	<p>Hva kan det føre til?</p> <p>Feilberegning av mengde betong bestilt. kan føre til at 1. jobben tar mye lengre tid og misformøyd leverandør. Store leveranser kan enkelte ganger måtte øke med opptil 30% fra bestilling. 2) betong må dumpes</p>	2
<p>r</p> <p>Manglende oversikt over hva og hvor mye som er støpt</p>	<p>Hvem er involvert</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anleggsleder</li> <li>- Prosjektleder</li> <li>- Økonomiavdeling</li> <li>- Formenn</li> </ul>	<p>Hvorfor skjer dette?</p> <p>Mangellull logging fører til lite oversiktlig system over hvilke støper som er gjennomført.</p>	<p>Hva kan det føre til?</p> <p>Utfordrende å gjøre raske overslag over hvordan faktisk produksjon stemmer med planen. Ukorrekte rapporteringer til byggherre.</p>	3
<p>t</p> <p>Det er utfordrende å kommunisere med arbeidere i byggeropa</p>	<p>Hvem er involvert</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Byggeledelse</li> <li>- Formenn</li> <li>- Innleide håndverkere</li> </ul>	<p>Hvorfor skjer dette?</p> <p>Majoriteten av håndverkere har utenlandsk opprinnelse og er svak i både engelsk og norsk.</p>	<p>Hva kan det føre til?</p> <p>Dette kan føre til at budskapet ikke når frem og misforståelser på generell basis.</p>	3

Det er viktig å påpeke at disse observasjonene og påfølgende konsekvenser og behov er spisset mot et informasjonsperspektiv som datafangst potensielt sett kan løse. Disse observasjonene vil kunne gi andre konsekvenser enn de som er nevnt i denne studien. Det er likevel ansett som realistisk at valgte konsekvenser skjer ved en

viss frekvens. Andre konsekvenser som kan oppstå vil med høy sannsynlighet være utfordringer som sanntidsdatafangst ikke kan løse. Forfatterne opplever likevel et generelt behov for ytterligere kontroll på informasjonsflyt i formatene som er nevnt i tabellene ovenfor.

### 5.2.5 Generer løsninger

Etter konsekvens er identifisert fremheves det hva som ikke er ønskelig at skal skje. Dette kan gjøre det lettere å finne løsninger som vil gå inn for å unngå slike konsekvenser. Løsningene bærer preg av tidlig og tilstrekkelig informasjonsspredning og mer effektive løsninger.

### 5.2.6 Identifiser behovet (informasjon- eller systemrettet)

Valgte løsninger indikerer et behov for pålitelighet og tilgjengelighet. Dette retter seg gjerne mot et informasjonsbehov eller et overordnet systembehov. Dette er beskrevet i detalj for å muliggjøre en overgang fra behov til datateknisk løsning. Informasjon fra datakilder blir presentert i lignende form i Kapittel6.

### 5.2.7 Prioriter behovene

Avslutningsvis har det blitt valgt å prioritere de ulike behovene. Disse prioritene baserer seg på hvor repeterende en observasjon er, samt hvilke konsekvenser den gir. For å eksemplifisere kan to konsekvenser trekkes frem: 1) Det vil være tidkrevende å informere byggherrer og 2) Underleverandører kan utføre feil fordi de er feilinformert. Ressursbruk knyttet til sistnevnte konsekvens vil kunne være betydelig større enn til førstnevnte konsekvens, og derfor er det nærliggende å sette en høyere prioritet på å unngå konsekvens 1, fremfor konsekvens 2. I tillegg vil konsekvens 1 kunne anses som en uforutsett hendelse, som er lite ønskelige i effektive produksjoner. Derfor vil prioriteten øke ytterligere for denne hendelsen. Det er imidlertid utfordrende å vurdere dette i en større skala siden det ikke er tallfesta konsekvenser. Derfor blir skalaen tredelt etter:

1. Lav prioritet (vekting 1)
2. Middels prioritet (vekting 2)
3. Høy prioritet (vekting 3)

For eksempel sees det som viktig å ha kontroll på hvor mye som er produsert på en byggeplass og derfor får et behov for en fremdriftsmåling høyeste prioritet: 3. Språkutfordringer på byggeplass kan føre til misforståelser og dårlige avklaringer og en løsning på dette vil derfor også få en høy prioritet. Imidlertid vil tidkrevende betongbestillinger settes til prioritet 1, da konsekvensen er at det er tidkrevende



men det influerer ikke tilsynelatende andre kritiske prosesser. Prioritet, sammen med løsninger og definerte informasjon-og systembehov er dermed presentert i Tabell 5.3 og 5.4. Disse prioriteterne er nøye utarbeidet av forfatterne, samt kvalitetssikret av ansatte ved casebedriften.

Tabell 5.3: Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsformat (1)

Observasjon	Identifiser involverte personer	Vurder hvorfor det oppstår	Vurder konsekvens	Prioritet
Beskrivelse - Hva skjer?	Hvem er involvert	Hvorfor skjer dette?	Hva kan det føre til?	
l	Hvem er involvert	Hvorfor skjer dette?	Hva kan det føre til?	
Støpehøyde er ikke oppmålt til støp skal gjennomføres.	- Oppmålingsingeniør - Formann - Betongleverandør - Pumpeleverandør	Ulike årsaker, noen kan være 1) oppmåler har glemt det, 2) oppmåler har ikke fått beskjed om at oppmåling må gjennomføres. Det kan videre være mangelfulle rutiner rundt koordinering og dokumentasjon på utført arbeid.	Oppmåler må som regel kontaktes, avbryte det pågående arbeidet, kan føre til forsinkelser i støping.	3
m				
Betongmengde i bestillinger stemmer sjelden overens med faktisk leveransmengde	- Formann betong - Formann armering	Ulike årsaker, 1) lite tilfredstillende systemer for god beregning, 2) produktivet i byggepropp stemmer ikke med estimert produktivet, 3) endringer underveis, 4) det tas ikke hensyn til armeringsvolum ved beregning av betongmengde.	Feilberegning av mengde betong bestilt kan føre til at 1, jobben tar mye lengre tid og misforhold leverandør. Store leveranser kan enkelte ganger måtte øke med opptil 30% fra bestilling. 2) betong må dumpes	2
r				
Manglende oversikt over hva og hvor mye som er støpt	- Anleggsleder - Prosjektleder - Økonomiavdeling - Formann	Mangelfull logging fører til lite oversiktelig system over hvilke støper som er gjennomført.	Utfordrende å gjøre raske overslag over hvordan faktisk produksjon stemmer med planen. Ukorrekte rapporteringer til byggherre.	3
t				
Det er utfordrende å kommunisere med arbeidere i byggepropa	-Byggeledelse -Formann -Innleide håndverkere	Majoriteten av håndverkere har utenlandsk opprinnelse og er svak i både engelsk og norsk.	Dette kan føre til at budskapet ikke når frem og misforståelser på generell basis.	3
Generell				

Tabell 5.4: Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsformat (2)

Observasjon		Identifiser generell løsning	Identifiser behovet	Informasjonsformat	Innsamling og videreformidling
a	Beskrivelse	Hva burde vi gjøre?	Hva er behovet?	Informasjonsbehov:	Systembehov
	Formann er fraværende og andre vet ikke hvilke ressurser som er bestilt.	1) Dagens praksis: sørge for at formann alltid er tilgjengelig på telefon. 2) Ny løsning: Tilgjengeliggjøre informasjon for hva som er bestilt, digitalt eller manuelt.	Tilgjengelig oppdatert informasjon om bestilte ressurser	Tid, lokasjon, ansvartilrig, <i>Betong/leverandør</i> : betongkvalitet, hyppigget av leveranse, <i>Pumpe/leverandør</i> : rekkevidde pumpe, støpemanskap, støpekvalitet	System som videreformidler informasjon fra bestillinger.
b	Utfordrende å bestemme støpetidspunkt, da forarbeid tar varierende med tid.	1) Dagens praksis: Erfaringsbaserte estimat på fremdrift (arbeidskraft/m3). Visuell fremdriftsmåling daglig, endring i mengde eller støpetidspunkt hvis de ikke klarer målet. 2) Ny løsning: Skaff pålitelige estimat eller fremdriftsmålinger av faktisk utført arbeid	Tilgjengelig informasjon om pålitelige fremdriftsmålinger	ansatt/m2, fremdrift, produktivitet, materialer brukt, aktivitet gjennomført,	System som videreformidler informasjon om fremdrift.
	Mangel på oppdatert informasjon til involverte aktører etter at støpespesifikasjoner er endret.	1. Dagens praksis: De som er mest involvert i en endring får informasjon, resten får beskjed om de aktivt oppsøker informasjon. 2. Ny løsning: Alle involverte får oppdatert informasjon når dette oppstår.	Behov for rutiner ved videreformidling av informasjon for involverte i støppeprosessen.	Lokasjon, tidspunkt, aktuell endring.	System som videreformidler informasjon til alle som har interesse av det i en støppeprosess.
i	Formenn har ikke tid/er motvillige til å utføre sjekklister	1. Dagens praksis: Sjekklisterne utføres regelmessig og sendes via mail, men det er ikke 100% kontroll. Satses på at det er godt nok. 2. Ny løsning: Verktøy for innsamling av informasjon (utførelse av sjekklister) bør utbedres.	Verktøy som fanger opp data om kvalitetssjekk enkelt		Tidsbesparende system for registrering av sjekklister.
	Forberedelse				

Veien videre vil fokusere på å tilfredsstill disse identifiserte behovene ved hjelp av sanntidsdatafangst. Mange av disse behovene kan ha intuitive løsninger. Det er imidlertid et ønske å gjøre et mulighetssøk av tilgjengelige datakilder i betongproduksjonen på SLP. Ved å vurdere kvaliteten av disse datakildene kan dermed studien presentere forslag som er basert på høykvalitets datakilder og løsninger som dekker behovene i produksjonen. Dette mulighetssøket av tilgjengelige datakilder vil presenteres i neste kapittel.



# Kapittel 6

## Sanntidsdatafangst i casebedrift

Forrige kapittel avsluttet med en identifikasjon av behov, samt viktigheten av disse. I dette kapittelet vil en potensielle datakilder relatert til betongproduksjon på Samlokaliseringsprosjektet presenteres. Formålet er å finne datakilder og IT-løsninger som kan møte behovene.

### 6.1 Datafangst hos Bundebygg i dag

Bundebygg benytter i dag tre ulike styringssystem: MyMetier, Viscenario og CRM. Av disse tre benyttes Viscenario, som er en samhandlingstjeneste, hyppigst på daglig basis på produksjonsnivå, hovedsaklig innenfor helse, miljø og sikkerhet. Generelt baserer Bundebygg i SLP seg på bruk av byggherres styringssystem, Interaxo, samt kommunikasjon gjennom e-post, telefon og møtevirksomhet. Det observeres at mye dokumentasjon første gang fremkommer i papirform, for eksempel 2-ukers støpeplaner og sjekklister fra underleverandører. Disse kan skannes og videresendes på e-post ved forespørsel. Langs hele verdikjeden, også fra underleverandører, er imidlertid også mye dokumentasjon gjort i digitale regneark, som også viderformidles gjennom e-post. E-post benyttes også for å kommunisere avvik, bestille materialer og mannskap og andre generelle saker. Dermed utgjør e-post hovedkanalen for kommunikasjon. Når det gjelder lagringsportaler benyttes ulike mappesystem, men struktur og inndeling lages underveis av forskjellige involverte. En stor del av dokumentasjonen er bilde-dokumentasjon, mens andre gjengående formater er tekstfiler og pdf-filer. Det vil si at dagens praksis er tilrettelagt for å foreta en utskrift av og jobbe med analogt, fremfor digitalt.

I likhet med e-post er også telefonsamtaler hyppig praktisert, særlig med koordinering og avklaringer med underleverandører, og gjerne underveis i produksjonen. Både e-post og taleanrop har høy fleksibilitet ved at de kan benyttes til enhver tid på vilkårlige saker. Bedriftskulturen preges av vanene knyttet til taleanrop og e-post og en skepsis til nye informasjonssystemer. Dette begrunnes av informanter med dårlige

erfaringer med tidligere forsøkte implementerte systemer, ved at de er tungvinte og krever for mange klikk. Informasjonsflyten ellers kjennetegnes av egne systemer for hver avdeling (økonomi, kvalitetssikring, helse, miljø og sikkerhet etc). Disse kommuniserer ikke sammen.

Bundebygg har de siste årene fokusert mye på gjenbruk av informasjon, særlig for å effektivisere behandling av kunderelaterte saker etter bygningsovertakelse. Det er gjort ved å systematisere befaringsdokumentasjon underveis i produksjonen og tilgjengeliggjøre den for ettertiden. Andre eksempler på tilgjengeliggjøring av informasjon er en digitalisering av prosjektets portefølje. Dette gjør det effektivt for produksjonen ved eventuelle besøk av Arbeidstilsynet. Dette er noe av formålet til deres styringssystem MyMetier. Likevel vil forutsetningene innenfor teknologi, bedriftskultur og ledelse på SLP kunne eliminere enkelte foreslåtte teoretiske funn om sanntidsdatafangst. Dette er fordi noe av datastrømmene kan være store og vanskeligere og håndtere, samt at de vil være sanntidsbaserte. Det er observert et behov for å avgrense funnene til mer nærliggende teknologi som kan oppfattes som mest realiserbar.

## 6.2 Hvilke data kan fanges opp?

Med mål om å finne kjappere løsninger å gjennomføre en betongproduksjon på gjennom sanntidsdatafangst, må potensielle datakilder identifiseres. Disse er antatt å variere fra prosjekt til prosjekt, men valgt strategi avgrenses av de tre kanalene nevnt i Kapittel 3.3, som kan generere informasjon på byggeplassen:

1. Arbeidskraft
2. Utstyr
3. Materialer

Videre er det avgrenset til åpenbare ressurser som er tilknyttet betongproduksjon, selv om andre ressurser også vil kunne gi nyttig informasjon. Informasjonskilder som inneholder planlagt eller status på planlagt arbeid før eller under betongstøping er ansett som potensielle. Det er i seksjon (flyskjema) identifisert nøkkelaktiviteter på byggeplassen. Her fremheves også de mest sentrale forutsetningene for produksjon innen materialer, arbeidskraft og utstyr. Ved å identifisere disse ressursene knyttet til nøkkelaktivitetene kan det videre vurderes i hvilken grad de kan gi fornuftig informasjon ut. Innenfor disse rammene har forfatterne observert potensielle kilder som kan utnyttes i høyere grad enn de gjøres i dag.

Det er presentert forslag til hvilke data som kan fanges opp gjennom arbeidskraft, utstyr og materialer i Tabell 6.1. Disse funnene bygger på dagens gjennomføring av støping og dermed bevegelse, vekt og lokasjon i henhold til det. Mennesket kan betraktes som en visuell sanntidsmåler, så fremst informasjonen blir delt umiddelbart, men som vist i tabellen kan arbeidskraft måles på alternative måter og indikere en mer faktabasert måling. En persons aktivitetsnivå og lokasjon kan gi en indirekte måling på status på en oppgave.

Tabell 6.1: Datakilder i ulike format

Type data	Eksempel på hvor slik data kan oppstå	Eksempel på innsamler av data
<i>Arbeidskraft</i>		
Bevegelse	Stillestående kan indikere venting	GPS som er tilknyttet handverker
Lokasjon	Antall mennesker i støpeområdet kan indikere status	GPS kan sende informasjon om lokasjon
Aktivitet i digitale systemer	SMS fra Unicon varsler at betongbil er på vei til byggeplass. Mail fra baser varsler at sjekklister før støp er utført.	Ordrebekreftelse fra betongleverandør
Tid	Arbeidstimer kan indikere hvor mye armering som er fullført.	Innstemplingssystem registrer timer.
Gravitasjon	Gi informasjon om en kran er bemannet og klar for bruk.	Smarttelefon knyttet til kranfører
<i>Materialer</i>		
Vekt	Vekt av betong støpt	En vekt ved adgang man måle dette
Tilstand	Temperatur på betong	Temperaturmåler i støpemasse
Lokasjon	Lokasjon på forskalingsselementer	RFID brikke plasser på forskalingsselement
Bevegelse	Flytting av armering	Sensor på kran registrer hva som flyttes
Tid	Ventetid per betongbil på byggeområde	Adgangskontroll loggfører inn- og utkjøring
<i>Utstyr</i>		
Alle nevnte faktorer ovenfor	Stillestående kran kan indikere venting	Truck, kran eller betongbil kan måle vekt og lokasjon.
Koding av enhet	Smarttelefon kan gjenkjenne ulike enheter	Smarttelfon kan loggføre når pumpebil gir ut betong
Vibrasjon	Måle om en type utstyr er i bruk eller ikke.	Funksjon i smarttelefon kan loggføre om en kran kjører eller ikke.
Lydsignal	Måle om en type utstyr er i bruk eller ikke.	Smarttelfon kan loggføre når pumpebil gir ut betong

Felles for de foreslåtte datakildene er at de er ment å formidle informasjon i samme øyeblikk eller kort tid etter selve målingen skjer, med andre ord formidles mer eller mindre i sanntid.

### 6.3 Hvordan kan disse dataene fanges opp?

Når rådatakilden er identifisert, kan ulike innsamlingsteknikker benyttes. De eksisterende innsamlerne av betongrelatert data består i dag av personell på byggeplassen. Verken utstyr på byggeplassen eller IT-systemer brukes aktivt for å tolke status av betongstøping, men begge kategoriene besitter informasjon som er av høy relevans.

#### 6.3.1 Personell

Arbeidspersonellet som oppholder seg jevnlig på byggeplass er personene som har størst grunnlag for å tolke status ute på byggeplassen. Det er også personell som gjør erfaringsbaserte estimater ved bestillinger av materialer og arbeidskraft. Kvalitetssjekker før og etter støp blir også gjennomført og dokumentert og videresendt til andre i prosjektet etter forespørsel fra byggherre. Registrering av avvik tilknyttet helse, miljø og sikkerhet på Campus Ås skjer gjennom samhandlingstjenesten Viscenario. Disse avvikene registreres underveis i en befaring på byggeplass via en digital enhet som synkroniserer informasjonen til nettbaserte Viscenario, som kan nås uavhengig av tid og sted. Formidling av informasjon skjer i sanntid når observasjonene skjer. I praksis benyttes dette systemet til sikkerhetsrelatert arbeid, selv om det er ment for utførelse av sjekklister relatert til støp. Som tidligere nevnt kan personell betraktes som en visuell sanntidsmåler, så fremst informasjonen blir delt umiddelbart. Dette er det muligheter for gjennom eksempelvis styringssystemet Viscenario eller e-post.

Tabell 6.2: Mennesket som datakilde

Hvordan kan data innsamles og videreformidles	Tilgjengelig i prosjektet nå	Mengdeenhet
Økonomisystem	X Bygg Office	Kostnad per enhet/aktivitet/ mengde
Styringssystem (Kvalitet og HMS)	X Viscenario	HMS og KS relatert informasjon
E-post	X Outlook	Informasjon fra innhold i e-post
Fremdriftssystem (overordnet)	X MS Project	Fremdrift
Fremdriftssystem 5-ukers plan	Papirbasert (Excel)	Fremdrift
Fremdriftssystem 2-ukers plan	Papirbasert	Fremdrift
Samhandlingstjenester (Oppgavehåndtering og arbeidsflyt)	Papirbasert	All informasjon
Samhandlingstjenester (kommunikasjon)	x Telefon, E-post	All informasjon
Bestillingssystem	X E-post	Støpespesifikk informasjon
BIM	X Solibri	Menge materialer
Prosjekthotell/lagingsplattform (plantegninger)	X Interaxo	Antall krav, varsler, teknisk avklaring.
Lagingsplattform(internt)	X Citrix	All dokumentasjon



Mennesker som datakilder kan foreta visuelle mål og kalkulerte målinger av mange ulike forhold på byggeplass. Det arbeidspersonellet som er presentert i tabellen er arbeidskraft som utfører arbeidet eller som er involvert i en eller flere aspekter av betongproduksjonen. Noen av disse kan betraktes som viktige distributører av informasjon, mens andre vil i høyere grad være mottakere av informasjon. Selv om ikke alle disse har direkte påvirkning på betongstøping, vil de ha ulik grad av innflytelse og et bilde av ytre omgivelser og ytre påvirkninger.

### 6.3.2 Byggeutstyr

Store deler av materialer på Campus Ås flyter gjennom forskjellige typer utstyr på byggeplassen. I tillegg kan utstyr også registrere og måle materialflyt og aktiviteter på byggeplass. Det er imidlertid begrenset hvor mye utstyr som foreslås i litteraturstudien som byggeprosjektet innehar.

Utstyr ser likevel ut til å kunne måle relevante nøkkelaktiviteter og materialflyter relatert til aktivitetene. Mer spesifikt kan vekt og lokasjon av materialer veies gjennom lastebiler og kraner, og lokasjon av ansatte kan spores med GPSer. Visuelle målinger kan videreformidles videre gjennom smarttelefon eller nettbrett.

Tabell 6.3: Utstyr som datakilde

Hvordan kan data fanges opp?	Tilgjengelig?	Mengdeenhet
Adgangskontroll	X	Antall personer på byggeplass
Betongbil	X	m <sup>3</sup> , tid, betongkvalitet(tilstand)
Fotokamera	X	Lokasjon
GPS		Lokasjon
Kran	X	Tid, vekt
RFID		Lokasjon
Smarttelefon	X	Lokasjon, lydsignal, koding av enhet, gravitasjon, vibrasjon
Timeregistrering	x	Arbeidtimer per fagdisiplin

Byggherren har installert to fotokamera som jevnlig tar bilder av byggeplass som kan identifisere hvilke områder som er støpt. I tillegg fotodokumenteres armering og forskaling knyttet til støping med smarttelefoner. Leverandøren av betong logger materialleveransen i egne systemer..

Tabell 6.4: IT-system som innsamler og videreformidler

Hvordan kan data fanges opp?	Tilgjengelig i prosjektet nå	Mengdeenhet
<i>Mennesker</i>		
Betongleverandør sentral	X	Informasjon som sanseinntrykk kan gi. I tillegg til dette kan mennesker videreformidle informasjon fra utstyr/IT-system/materialer.
Betongbil	X	
Pumpeleverandør	X	
Innleid oppmålingsfirma	X	
Innleide jernbindere	X	
Innleid forskalingsteam	X	
Grunnarbeidsentreprisen	X	
Byggherre Byggeledelsen	X	
BB Bas	X	
BB Formenn	X	
BB Kvalitetsleder	X	
BB HMS leder	X	
BB Økonomisjef	X	
BB forøvrig	X	

## 6.4 Hvordan kan disse dataene samles inn og videreformidles?

For å muliggjøre gjenbruk og videreformidling av datafangst, forutsetter det at data lagres og gjøres tilgjengelig for aktuelle interessenter. De eksisterende systemene i Samlokaliseringprosjektet på entreprenørsiden er presentert i Figur 6.4. Telefon og e-post er de hyppigst brukte kommunikasjonskanalene mellom entreprenør og underleverandører. Viscenario brukes aktivt for å dekke HMS-relatert arbeid. Byggherrens prosjekthotell består av mange fordelaktige funksjonaliteter med fokus på synliggjøring og lagring av prosessdokumentasjon. Spørsmålet om disse systemene kan ta inn ytterligere data og videreformidle denne vil vurderes i neste kapittel.

Det er mye informasjon som ligger i alle disse systemene, men rundt betongproduksjon på detaljnivå er kun telefon, 2-ukersplaner og e-post registrert som informasjonsbærere. Prosjektets bygningsinformasjonsmodell inneholder imidlertid informasjon om materialmengder relatert til ulike bygninger. Fremdriftsplanen viser planlagte aktiviteter på byggeplassen og planlagt ressursbruk. Plantegninger inneholder detaljert informasjon tilknyttet planlagte støper og kontrolleres mot utført arbeid når sjekklista fylles ut. Avviksverktøyet brukes for å registrere, formidle og behandle observerte avvik som er relatert til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø. Entreprenørens faktureringsystem består av samtlige fakturaer for Bundebygg. Interaxo inneholder informasjon om planlagte aktiviteter, formelle kommunikasjonsflyter mellom aktører, månedsrapporter og kostnadsrelaterte forhold.

## 6.5 Har datakildene tilfredsstillende kvalitet?

Det er flere aspekter som må diskuteres for å vurdere potensialet av de ulike datakildene og knytte de til effektiviserende tiltak. Forfatterne har valgt å fremheve datakildenes tilgjengelighet og eierskap, relevans og pålitelighet, samt i hvilken grad datakildene kan være universelle for flere byggeprosjekter. Totalen av disse aspektene anses av forfatterne som datakildenes kvalitet. Denne kvaliteten blir definert som ”egnet”, ”delvis egnet” eller ”uegnet” etter datakildene er sett opp mot de ulike aspektene. Kvaliteten av en datakilde vil imidlertid variere etter formålet, men er av forfatterne ment for et betongrelatert perspektiv.

De eksisterende systemene i byggeprosjektet har blitt studert i detalj, i tillegg til utvalgte teknologier på markedet som sees på som mest nærliggende å kunne ta i bruk (grunnet digitale forutsetninger, investeringsramme etc). Generelle betraktninger av disse aspektene er presentert under.

### 6.5.1 Tilgjengelighet og eierskap

En forutsetning for at en datakilde ska kunne tas i bruk er at den er tilgjengelig. Det må defineres hvem datakildene skal være tilgjengelige for, og i denne studien er dette entreprenøren, og eventuelt andre involverte aktører i byggeprosessen. Datainnsamling i prosjekter kan være utfordrende grunnet prosjekters natur med stor utskiftninger av leverandører, entreprenører og underentreprenører. Enkelte av de foreslåtte innsamlingsmetodene i denne studien krever data utenfor entreprenør og byggherres eierskap. Samme karakteristikkk er også observert for datainnsamling gjennom teknisk utstyr for eventuelle underleverandører på byggeplass. Det er ansett som en svakhet at dataene er utenfor entreprenørens eierskap. En manuell, digital registrering fra entreprenør om arbeid utført vil dermed ha høyere grad av tilgjengelighet, siden den eies og er avhengig av entreprenøren selv. Dermed kan mennesket som datakilde anses å ha høy tilgjengelighet. Hvis informasjonen i tillegg videreføres digitalt vil sender og mottaker av informasjon være uavhengig av tid og lokasjon. Dermed kan tilgjengelighet antas å øke hvis den formidles eller oppstår i digital form. Derfor skårer interne digitale informasjonssystemer høyt på tilgjengelighet.

### 6.5.2 Relevans og pålitelighet

Videre nytter det ikke at den er tilgjengelig hvis rådataen ikke er representativ og relevant for betongproduksjon. Betongproduksjon spenner imidlertid bredt siden planer, fremdrift, økonomi, dokumentasjon og koordinering av underleverandører berører betongproduksjon. Mange datakilder kan derfor anses å ha en viss relevans, selv om den direkte påvirkningen på effektiv betongproduksjon vil variere. Hvis for eksempel det er ønskelig med hardere, jevnligge mål på fremdrift fra betongbestilling til støpedag, vil det måtte avdekkes hvor godt harde mål fra byggegruppa korrelerer

med fremdriften. Slike indirekte mål har ifølge Navon[51] potensial til å oppnå en sterk korrelasjon med fremdrift i prosjekter. Det er gjennom casestudien observert et stort behov for menneskelige tolkninger i statusrapporteringer, som videre kunne redusere påliteligheten av informasjonen. En betydelig andel av datakildene avdekket i denne studien er imidlertid harde mål. Selv om påliteligheten er ventet å være høyere i harde kilder, kan store feilkilder identifiseres og dermed svekke påliteligheten.

### 6.5.3 Hyppighet

Ved å dra fordel av informasjon i en produksjonsprosess vil hyppighet på datastrømmene være av høy betydning. Det er observert at hyppigheten av informasjon som genereres, oppdateres og videreformidles er svært varierende, og at enkelte system brukes oftere enn andre. Det er primært informasjonsflyt som skjer hyppig som er av interesse i denne studien, både for å avdekke repeterende aktiviteter og fange opp data nærmest mulig sanntid. Eksempelvis er nytteverdien av fremdriftsmåling av høyest nytteverdi hvis den kommer til riktig tid. Det er observert at foreslåtte datakilder kan formidle informasjon hyppig hvis de kommuniserer med informasjons-systemene som eksisterer i prosjektet. Hyppighet avhenger dermed av formålet. Hvis formålet er å avdekke avvik tidlig og gjøre tiltak raskt, vil høy hyppighet være aktuelt for rask tilbakemelding. For langsiktig dokumentasjonslagring er ikke hyppighet av informasjonsflyt like kritisk. Det er dermed en vurdering av total nytteverdi for hvor hyppig data burde genereres og videreformidles.

### 6.5.4 Universelle løsninger

Det er gjennom casestudien avdekket at majoriteten av foreslåtte datakilder og system kan karakteriseres som noe generaliserbare for byggeprosjekter, både for entreprenørens byggeprosjekter og for byggeprosjekter generelt. Det er imidlertid utfordrende å fastslå dette, da funnene i hovedsak bygger på en casestudie basert på ett byggeprosjekt.

### 6.5.5 Kvalitetsvurdering av datakilder fra utstyr på byggeplass

Disse aspektene er vurdert for foreslåtte datakilder i Tabell 6.3. Majoriteten av datakildene er presentert i tabellform i Appendiks B. Der kommenteres også datakilder som ble utelatt fra kvalitetsvurderingen. Eksempler på hvordan denne vurderingen er foretatt kan ses i Tabell 6.5 på neste side.

Tabell 6.5: Vurdering av potensielle datakilder (1)

	Tilgjengelighet	Relevans	Pålitelighet	Universell	Hyppighet	Total kvalitet
Betongbll	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eies av betongleverandør</li> <li>+ Per idag får entreprenør data via mail ved forespørsel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Betong er kritisk ressurs i råbyggfasen.</li> <li>+ Kan fange lokasjon og mengde av materialer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Betongens egenskaper gjør at materialet ikke kan lagres på byggeplass og dermed tas i bruk i sann tid.</li> <li>+ Harde mål på materialemengde av betong.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Målene kan overføres til andre betongentreprenører.</li> <li>- Avhengig av at underleverandør deler data.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Hver leveranse registreres 15 min før ankomst og følgesedel kort tid etter støp.</li> <li>- Mer detaljert loggdata blir tilgjengelig på forespørsel via mail.</li> </ul>	Egnet 
Smarttelefon	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Enkeltpersoner/Bundebygg er eier.</li> <li>+ I dag er dataoverføring via nett økonomisk gunstig.</li> <li>+/-Data er ikke/delvis/fullstendig tilgjengelig avhengig av dataens format (personvern).</li> <li>+ Det kan antas at samtlige ansatte i Bundebygg bærer telefon på byggeplass, samt stor andel av andre håndverkere.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informasjon om aktivitet på byggeplass/utført arbeid:</li> <li>+ Kan fange tilstand, lokasjon og bevegelse om materialer</li> <li>+ Kan fange bevegelse, aktivitet i digitale system og lokasjon om arbeidskraft</li> <li>+ Kan fange bevegelse og lokasjon om utstyr.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avhengig av strøm på telefon, samt at alle bærer de</li> <li>+ Input vil variere pålitelighetsgrad, men pålitelighet skårer høyt på sporing, materialskanning etc.</li> <li>- Pålitelighet vil avhenge av hvilke funksjonaliteter av telefonen som brukes, men siden den krever menneskelig involvering vil påliteligheten kunne svekkes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Smarttelefoner er svært vanlig på byggeplass.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Avhengig av funksjonalitet vil hyppighet variere fra kontinuerlig til lavere frekvens.</li> <li>+ Kan logge aktivitet idet det skjer (sann tid)</li> </ul>	Egnet 

Oppsummert vil hver av disse vurderingene kunne gi ut en total kvalitet, som vil gi en pekepinne for hvorvidt datakilden vil være egnet eller uegnet for videre utnyttelse. Total kvalitetsvurdering av datakilder fra utstyr på byggeplass kan derfor presenteres under:

- (i) GPS-sporing: Vil muliggjøre lokasjon av mennesker, materialer eller utstyr og dermed gi et godt nok mål på status, produktivitet eller fremdrift. Det anses som nødvendig med supplerende informasjon til lokasjon, da det kan gi for mye usikkerhet alene. GPS-sporing konkluderes som å ha høy verdi. *Vurdering: Egned.*
- (ii) Kamera: Fotodokumentasjon er tilgjengelig, pålitelig og av høy verdi. Det forutsetter imidlertid gode system som kan lagre informasjonen videre for gjenbruk. *Vurdering: Egned.*
- (iii) RFID: RFID-brikker brukes i annen industri og er prismessig gunstig. Menneskelig bearbeiding kan være nødvendig ved bruk. Sporing av materialer og utstyr er ansett som å ha høy nytteverdi for entreprenør, men grad av korrelasjon mellom sporing og fremdrift er ikke avdekket. *Vurdering: Noe egned.*
- (iv) Betongbil: Betongspesifikk informasjon før, under og etter støp er av høy nytteverdi. Forutsetter system som tar vare på denne informasjonen og tilrettelegger for gjenbruk. *Vurdering: Egned.*
- (v) Smarttelefon: Et relevant verktøy med varierende pålitelighet. Meget fleksibelt verktøy da den kan generere data gjennom bilder, skanning, GPS-måling. Kan dermed være en forutsetning ved bruk av annet utstyr. Fleksibelt siden det kan kommunisere via applikasjoner, e-post og annen telekommunikasjon. Avhengig av et overordnet system som kan ta inn og lagre data. *Vurdering: Egned.*

### 6.5.6 Kvalitetsvurdering av datakilder fra IT-systemer

Total kvalitetsvurdering av datakilder fra IT-systemer presenteres under:

- (i) ByggOffice: Økonomisystemet har i hovedsak nytteverdi for kvalitetssikring og oppfølging av økonomi relatert til betongproduksjon. Det er imidlertid observert tungvinte rutiner for håndtering av fakturaer og forfatterne savner et system som automatisk kan knytte bestilling til faktura, samt ha dokumentasjon til å følge opp fakturaer i detalj. *Vurdering: Delvis egned*
- (ii) Innstemping: Slik systemet brukes i dag er det liten nytte relatert til betongproduksjon, men forfatterne anser at systemet har høyt potensiale. Kan gi mer detaljert info om arbeidskraft knyttet til spesifikke støper, f.eks. i form av produktivitetstall/ fremdriftmålinger. *Vurdering: Egned.*

- (iii) Adgangskontroll: Nytteverdien er stor med tanke på sikkerhet og kontroll i prosjektet. Nytteverdien er ikke-eksisterende for med tanke på at fremdriftsmåling på grunnlag av tilgjengelighet. *Vurdering: Uegnet.*
- (iv) Epost: E-post er i dag caseprosjektets hyppigst brukte digitale kommunikasjonsverktøy og er dermed hvor mest informasjon om planer, endringer og avvik ligger. Den er imidlertid lite tilgjengelig for alle og med lav systematikk og er derfor ikke en optimal løsning et datafangstperspektiv. *Vurdering: Delvis egnet.*
- (v) Interaxo: Nytteverdien av Interaxo for betongproduksjon er hovedsakelig tilgang på plantegninger. Informasjon kan enkelt formidles til mange, men ikke håndverkere og baser, som er helt avgjørende i en betongproduksjon. *Vurdering: Delvis egnet.*
- (vi) Plantegninger: For en betongproduksjon er kontroll av tegninger av kritisk viktighet. Den trengs ved utførelse av arbeid, utførelse av sjekklister og det er en svakhet at tegningsgrunnlaget endres hyppig og nærme produksjonsstart eller underveis. Utførelse og dokumentasjon i henhold til plantegninger er kritisk for en 'null feil' -produksjon, samt for entreprenørens argumentasjon hvis feil/mangler skulle avdekkes i ettertid. *Vurdering: Delvis egnet.*
- (vii) Solibri: Nyttene rundt betongproduksjon anses som varierende. Kan være nyttig hjelpemiddel for kvalitetssikring før støp. Nyttene reduseres ytterligere rundt betongproduksjon grunnet mangel på eierskap til data og gyldighet på data. Nytteverdien anses som stor for å få en helhetsforståelse for de fleste aktører i et byggeprosjekt. *Vurdering: Delvis egnet.*
- (viii) Viscenario: Programvaren har høy relevans, men ser ikke ut til å ha et brukergrensesnitt som tilfredsstillende ansattes behov i caseprosjektet (eventuelt kan lav grad av opplæring og krav til involvering i programmet være en årsak). *Vurdering: Egnet.*

### 6.5.7 Kvalitetvurdering av data generert av mennesker

Total kvalitetsvurdering av data generert av mennesker presenteres under:

- (i) Ansatte, innleide, underleverandører på byggeplass: Slik byggebransjen er stilt i dag med mye manuelt arbeid eksisterer det færre datalogger enn i andre industrier. Det ligger imidlertid en enorm eksisterende informasjonsflyt som går via e-post og telefon som med fordel kan deles og lagres for ettertiden. Det er imidlertid utfordringer relatert til systemer som kan fange opp og lagre data på en måte som også harmoniserer med ansattes ønsker for et brukergrensesnitt. *Vurdering: Egnet*

- (ii) Betongbestilling (generert av formann): Dokumentet inneholder nødvendig informasjon for å gjennomføre en støp: tid, sted, mengde, kvalitet og andre spesifikasjoner. Dagens praksis lagrer dette dokumentet men gjenbrukes ikke før eventuell fakturahåndtering. Det er et potensiale i å utnytte dette underveis i en betongproduksjon. *Vurdering: Delvis egnet*
- (iii) Støpeplan (generert av formann): En støpeplan er en god datakilde da den inneholder informasjon om hvilke støper som skal utføres. Imidlertid oppdateres den ikke like hyppig som endringer skjer. *Vurdering: Delvis egnet.*

Denne vurderingen av aktuelle datakilder på byggeplassen er foretatt på forfatterens viten og grunnlag, samt kvalitetssikret av fagpersonell på byggeplassen. Det er ventet at aspektene også vil variere etter hvem som benytter seg av kildene og hvordan de utnytter kilde. Videre kan det være andre aspekter som er relevant å vurdere.

Formålet med denne kartleggingen av potensielle datakilder på byggeplassen har vært å synliggjøre alternative løsninger til dagens praksis. Nå som det er identifisert hvilke informasjonsformat datakildene kan gi, har studien forutsetninger for å knytte datakilder til aktuelle behov. Etter en kvalitetsvurdering av datakildene vil det også gi muligheter for å velge de beste datakildene som løsning. Det er imidlertid et poeng at gjenbruk av informasjon øker jo flere behov datakildene kan tilfredsstille. Grunnet den store mengden av datakilder, utstyr og systemer som potensielt kan anvendes vil mulighetene kunne være mange. Detaljnivået på løsningene vil også avhenge av formålet. En løsningsskisse kan bestå av rent prinsipielle løsninger eller være en konkretisering som videre kan gi mer målbare gevinster. Hvordan disse prinsippene vil kunne anvendes på caseprosjektet vil presenteres i neste kapittel.



# Kapittel 7

## Prosessforbedring i valgt case

I dette kapitlet vil det utvikles prosessforbedringsforslag ved hjelp av sanntidsdatafangst, og effekter av disse vil bli vurdert.

### 7.1 utfordringer i betongproduksjonen

I Kapittel 5 ble dagens praktiserende informasjonsflyt presentert. Informasjonsflyten ble avgrenset til kommunikasjonen mellom prosjektledelsen og hver enkelt aktivitet i betongproduksjon. Den delen av flyten som forfatterne observerte som repeterende ble videre presentert gjennom dataflytdiagram. Repeterende flyt betyr i denne sammenhengen et gjentakende mønster av interaksjon mellom aktører, samt innholdet av informasjonen. For eksempel ble det observert ukentlig interaksjon mellom underleverandører og prosjektledelse av spesifikasjoner av bestillinger. Feltstudien i Kapittel 5.2 identifiserte svakheter relatert til dette repeterende arbeidet, både internt og på tvers av disse informasjonsflytene.

Oppsummert ble det identifisert flere utfordringer knyttet til hver informasjonsflyt:

**Informasjonsflyt med pumpeleverandør:** I Kapittel 5.1.4 ble en repeterende informasjonsflyt registrert og presentert gjennom Figur 5.6. Det ble avdekket at majoriteten av kommunikasjon relatert til planlegging og bestilling foregår per telefon, mens en kombinasjon av telefonsamtaler og direkte dialog skjer ute i byggeprosa underveis i en produksjon. Etter oppdraget er fullført utfylles en følgeseddel med kvalitetssikring av støping som er foretatt og leveres i papirformat. Siden det meste av kommunikasjonen underveis er muntlig vil datafangst være mer utfordrende å fange opp og overføre til digitale systemer. Imidlertid ser det ut til å være en tilfredsstillende dialog med denne leverandøren. Dersom mer digitale løsninger skal innføres for å muliggjøre datafangst, bør ny løsning være tilpasset dagens praksis. Dagens praksis er imidlertid avhengig av enkeltpersoner. Dersom disse personene er fraværende vil produksjonen bli sårbar. Siden dokumentasjon ikke loggføres i systematiske former

er det mer tidkrevende å sortere informasjonen og enkelt gjenbruke informasjon til eksempelvis oppfølging av underleverandøren, kvalitetssikring og fakturahåndtering.

**Informasjonsflyt med betongleverandør:** I Kapittel 5.1.5 ble repeterende informasjonsflyt mellom prosjektledelsen og betongleverandør presentert. Flyten foregår gjennom ulike informasjonskanaler, hovedsaklig telefon, e-post og direkte dialog. Dette muliggjør en datafangst i noen grad. Bestillinger gjøres skriftlig og formidles via mail og bekreftes også her. Endringer gjøres per telefon. Annen data som genereres er følgeseddel og varsel om at betongbilen er på vei til byggeplassen. Dermed ser denne informasjonsflyten ut til å ha flere tilgjengelige datakilder enn resten. Støping av betong anses som én aktivitet, med to involverte aktører: Betongleverandør og pumpeleverandør. I dag er korrespondanse med betongleverandør og pumpeleverandør gjort av ulike personer, samt med individuelle løsninger som ikke er tilgjengelig for alle. Dette gjør det utfordrende å koordinere arbeidet effektivt. I tillegg finnes det ingen system for enkel kvalitetssikring av materialleveransene, som for eksempel hyppighet på leveransene, samt betongkvalitet. Dette gjør det utfordrende å utføre jevn oppfølging av leveransene og systematiske svakheter eller feil i leveransene er dermed utfordrende å fange opp.

**Informasjonsflyt med armering-og forskalingsarbeidere:** Informasjonsflyten mellom prosjektledelse og de som gjør armering-og forskalingsarbeid før støp ble presentert i Kapittel 5.1.1. Flyten viser en syklus bestående av bestillinger av oppdra, samt avklaringer rundt tilgjengelige ressurser. Flyten er forholdsvis enkel, men det ble imidlertid observert at flyten repeterer seg flere ganger daglig. Noe av årsaken til dette er gjentakende spørsmål om tegningsunderlaget. Dette fører til at baser, formenn og håndverkere flytter seg ofte fra kontor til byggeområde for å løse disse utfordringene. Siden flyten er veldig repeterende, vil selv små justeringer ved denne informasjonsflyten kunne gi store utslag. Slik repeterende flyt bør dermed studeres i detalj for å gjøre mest mulig effektiv. I tillegg er det observert et gjentakende behov for mer detaljert og hyppigere informasjonsspredning om disse pågående aktivitetene. Dette behovet melder fra seg involverte aktører med overordnet ansvar, for å gjøre videre strategiske beslutninger, samt for aktører som er involvert i påfølgende aktiviteter, slik at de er informert om hva som eventuelt kan påvirke deres eget arbeid. Hvis dette behovet skal tilfredsstilles med dagens praksis av informasjonsflyt vil imidlertid tiltaket være tidkrevende for håndverkere, baser eller formenn.

**Informasjonsflyt med inspeksjonsansvarlige:** Dagens informasjonsflyt rundt inspeksjoner og utførelse av sjekklister ble vist i Figur 5.1.2. Inspeksjoner er ment for å kvalitetssikre og avdekke eventuelle feil og mangler i produksjonen. Hvis avvik oppdages medfører det at en kompetent person må løse utfordringene. Den underliggende årsaken til dette arbeidet er altså ikke tilknyttet selve informasjonsflyten rundt sjekklister, men at arbeidet ikke har blitt utført riktig første gang. Det er imidlertid

observert at gjennomføring av sjekklister og lagring krever enkle systemer, som per i dag ikke eksisterer på byggeprosjektet. Dagens praksis er tidkrevende, og kan igjen føre til ujevn utførelse og mer sporadisk lagring av sjekklister.

**Informasjonsflyt med måleingeniør:** Figur 5.5 viser dagens informasjonsflyt mellom prosjektledelse og måleingeniør. Den er enkel på den måten at det kun er én oppmålingsingeniør å forholde seg til og som kjenner byggeplassen og rutinene rundt råbyggsproduksjon. Imidlertid foregår kommunikasjon gjennom telefon eller ute på byggeplass, og bestilling av oppmålingsingeniør skjer av samtlige formenn og baser. Prosjektledelsen bestiller periodevis siste-liten-oppdrag av oppmålingsingeniøren. Siden det ikke eksisterer etablerte skriftlige planer for oppmåleren, kan det føre til at kapasiteten til oppmålingsingeniøren ikke utnyttes maksimalt. Her som tidligere vil det være en underliggende årsak og løsning: langsiktig planlegging og fordeling av ressurser. Dagens praksis avdekker også at det ikke finnes en enkel dokumentasjon på utført arbeid som kan deles med prosjektledelsen. Betongstøping er avhengig av oppmålinger, og oppmålinger er avhengig av enkeltpersoner. Dette øker sårbarheten for betongproduksjon.

## 7.2 Prinsipper for forbedring

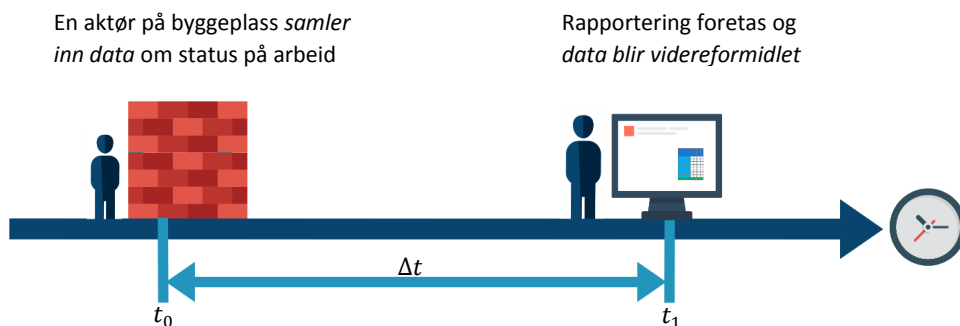
### 7.2.1 Fokuser på *tid*

Det er dermed identifisert forbedringspotensialer rundt en rekke delprosesser i betongproduksjonen, som videre kan påvirke effektiviteten i dagens betongproduksjon. I feltstudien i Kapittel 5.2 transformeres noen av disse observasjonene til behov. Ved å for eksempel tilgjengeliggjøre informasjon om bestilte ressurser, kan prosessen bli mindre sårbar ved fravær av enkeltpersoner. Videre ble det identifisert at det er et behov å gjøre fremdriftsmålinger på effektive måter, og i tillegg ha systemer som kan spre denne informasjonen på et tidlig tidspunkt. Oppsummert sier disse behovene at det er et *overordnet behov* for at:

1. Informasjon bør formidles *raskere*.
2. Informasjon bør formidles *tidligere*.

Selv om disse punktene høres ut som det samme er det imidlertid et klart skille. Behov nummer 1 omhandler effektivitet: evnen til å utføre en jobb med et minimum forbruk av tid og krefter. Behov nummer 2 peker på at tidspunktet datafangst og formidling skjer i. Dette tidspunktet vil influere påliteligheten og relevansen av informasjonen. Dagens praksis er ofte slik at datafangst skjer i øyeblikket noe skjer mens formidling skjer senere. For eksempel er bestillinger utført og dermed støpetidspunkt satt opptil flere dager før dette videreformidles til andre. Oppmålingsingeniøren

observerer selv at eget arbeid er utført, mens det ikke nødvendigvis videreformidles før noen etterspør informasjonen. Dette tidsforløpet fra datafangst gjøres til den formidles kan illustreres gjennom Figur 7.1.



Figur 7.1: Datafangst og tidsperspektivet

Figuren illustrerer dermed at dagens praksis generelt har en innebygd forsinkelse mellom datafangst og rapportering. I tillegg foretas denne datafangsten av mennesker. Imidlertid antas påliteligheten å svekkes med menneskelig bearbeiding[51]. Jo mer et menneske selv må prosessere informasjon før den rapporteres vil dermed påliteligheten svekkes. Hvis mennesket også utsettes for mange sanseinntrykk fra observasjonen er gjort til rapporteringen skal gjøres, vil også dette kunne påvirke rapporteringen. På denne måten vil også tid påvirke påliteligheten av informasjon og er illustrert i Figur 7.2. På samme måte som at det skjer en forsinkelse fra data registreres til den rapporteres vil også hyppigheten av målingene influere påliteligheten av informasjonen. Hyppighet observeres som et viktig aspekt i caseprosjektet, da endringer av planer ofte gjøres, uten at planene i sin helhet nødvendigvis oppdateres i takt med endringene som gjøres. Dersom hyppigheten på oppdateringsinfo er lavere enn hyppigheten av endringer vil påliteligheten synke. Dette stiller dermed krav til at informasjon bør innsamles etter en tilfredsstillende frekvens. Dette betyr at planer må oppdateres etter hvert som endringer skjer, samtidig som at datafangst må gjøres så hyppig at den kan fange opp endringer.

Denne tidsforsinkelsen vil også påvirke hvor relevant informasjonen er for ulike aktører. Prosjekter har som regel kontinuerlig fremdrift, og enkelte observasjoner kan dermed ikke være verdt å formidle hvis de gjøres for sent. Dette kan for eksempel være strategiske grep en prosjektledelse må gjøre før en viss milepæl. Hvis relevant informasjon ikke formidles før denne milepælen og avgjørelser er tatt som ikke kan omgjøres, kan informasjonen være irrelevant. I tillegg har denne mangelen på videreformidling av relevant informasjon resultert i en avgjørelse som er basert på mangelfullt grunnlag. Det kan være slik at analyser som gjøres i etterkant for

å evaluere prosjekter avdekker trender som underveis i prosjektet ikke er synlig. Slik informasjon kan være av høy verdi underveis i prosjektet, men når skaden allerede er skjedd og budsjett allerede overskredet, vil det være vanskelig å rette opp dette. I mange tilfeller kan dermed relevans av informasjon være eksponentielt synkende med tida og er illustrert i Figur 7.2. Imidlertid vil noe informasjon være relevant selv om den innsamles sent (dokumentasjonskrav, analyse av flere prosjekter etc). Informasjonen i varierende detaljnivå kan være nyttig for ulike interessenter i ulike tidsfaser, og dermed er det essensielt å tilrettelegge for gjenbruk. Derfor bør informasjonen lagres på et område som er tilgjengelig for hele bedriften, og noen tilfeller også andre aktører.

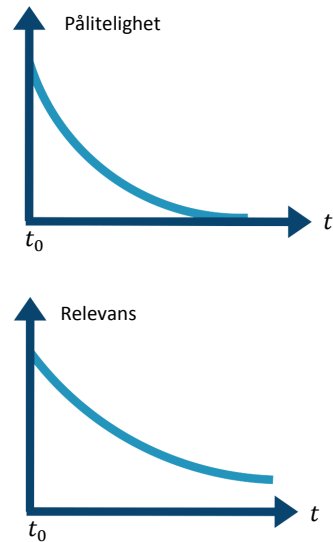
#### Retningslinjer for forbedring – Fokuser på tid

Lagre og spre informasjonen via felles plattformer

Spre informasjonen tidligst mulig

### 7.2.2 Fokuser på prosessen som helhet

Informasjonsspredning tidlig har dermed flere fordele. Den kan sies å åpne brukmulighetene for aktører som vanligvis ikke etterspør slik informasjon. Den kan også være nyttig for de som jobber tett på produksjonen innenfor det samme eller et annet fagfelt som kan bli påvirket eller påvirke situasjonen det handler om. Jo tidligere informasjonen spres, desto større brukspotensial vil den dermed kunne ha. Dette brukspotensialet for gjenbruk er noe det bør fokuseres på, og anses av forfatterne som å være nøkkelen til effektivisering av informasjonsflyt. Mer konkret handler dette om å se den helhetlige prosessen og bli bevisst på hvordan informasjon håndteres og tilrettelegges for den som eventuelt trenger den senere. Dette bringer oss videre til kundefokus. Som nevnt i Kapittel 4.1.1 finnes det to typer kunder: sluttkunden og den neste aktiviteten. I betongproduksjonen i caseprosjektet vil disse kundene være prosjekteieren, samt den neste aktiviteten i aktivitetsforløpet. For å tilfredsstille disse kundene foreslås systematiske flyter hvor kundene og deres krav defineres på hvert steg. Slik lærer andre aktører om andre delprosesser og blir bevisstgjort om hvilken informasjon som kan være av interesse for andre enn seg selv. En annen strategi er å inngå tverrfaglige samarbeid på tvers av aktiviteter. Slik kan behov i prosessen identifiseres, tilfredsstillers og



Figur 7.2: Tid versus pålitelighet og relevans

forbedre prosessen. Bruksområdet for informasjonen kan sies å være større jo tidligere informasjonen fanges opp og videreformidles. Bruksområdet vil for eksempel bety andre avdelinger eller flere aktører som ikke er direkte involvert, men påvirke eller bli påvirket av informasjonen. Dette kan for eksempel være aktører involvert i påfølgende aktiviteter, eller andre entrepriser på byggeplassen arbeider innenfor samme avgrensede område.

Retningslinjer for forbedring – Fokuser på prosessen som helhet
Identifiser krav og behov for hver aktivitet
Identifiser krav og behov for prosessen som helhet
Samle prosessrelatert informasjon på samme plattform

For å øke bruksmulighetene ved å spre viktig informasjon tidlig, forutsettes det smarte og effektive løsninger. Etter hvert som datamengden øker burde den digitaliseres for å bevare systematikk og tilrettelegge smart gjenbruk. Et digitalt format er også å foretrekke for å spre informasjonen tidligst mulig til aktører som befinner seg spredt utover byggeplassen, samt på fjernlokaliserte kontorer. Det er imidlertid observert utfordringer i bedriften for å muliggjøre gjenbruk av informasjon.

### 7.2.3 Finn konkrete løsninger

Behovene stiller som tidligere nevnt visse krav til datafangst. Informasjon bør spres tidligere, informasjonen bør være systematisk, presis og hyppig, samt den bør være lett tilgjengelig for andre, både på lang og kort sikt (Se 5.2). Dette stiller også krav til at datafangst bør være digital og at informasjonsspredning til en viss grad er automatisert. Oppsummert kjennetegnes dagens praksis av følgende:

1. Muligheter for datafangst: Dagens rapportering foregår hovedsaklig muntlig eller via e-post. Data er utfordrende å logge med muntlig kommunikasjon.
2. Muligheter for innsamling, spredning og gjenbruk av informasjon: Informasjonen ligger i både analog og digitale system. Ansatte har gjerne utviklet individuelle system som fungerer til deres formål. Informasjon som ligger på digitale plattformer er vanskelig å fange opp da det benyttes ulike IT-systemer som ikke snakker sammen.

Dagens praksis er dermed ikke kompatibel med effektiv gjenbruk av informasjon. Uten tilpassede digitale systemer for dette og med mennesket som eneste datakilde vil det dermed være tidkrevende å realisere hyppige rapporteringer. Dette betyr at det vil være utfordrende å få til mer effektive løsninger, uten at det igjen blir ressurskrevende. Dersom systemer eller prosesser krever menneskelig involvering

bør systemet være skreddersydd for mest mulig tidsbesparende løsninger, samtidig som at kvalitet bevares. I tillegg kan det lokaliseres alternative datakilder enn mennesket, samt bedre tilrettelegging for at informasjonen kan samles til ett og samme sted og videreformidles til vilkårlige formål. Det er imidlertid ikke slik at informasjonssystemer som tilrettelegger gjenbruk, vil være beste løsningen for all type informasjon. For eksempel vil kommunikasjon i form av diskusjoner og kompleks problemløsning kunne være mest fordelaktig å praktisere muntlig. Imidlertid kan den repeterende informasjonsflyten som angår standardisert informasjon få fastere rammer. Som tidligere nevnt ble observasjoner relatert til slik gjentakende informasjonsflyt transformert til behov i Kapittel 5.2.

Disse behovene omhandlet i store trekk at informasjon bør spres tidligere, mer presist, samt hyppigere enn dagens praksis. For å knytte identifiserte behov til aktuelle løsninger ble det tatt utgangspunkt i to faktorer:

1. Den totale kvalitetvurderingen av datakildene,
2. og datafangsten relevans, det vil si *hvilken data de fanger opp*.

Mens kvalitetsvurderingen ble foretatt i Kapittel 6, vil det nå knyttes faktiske løsninger til identifiserte behov. Det er essensielt at behovene blir møtt av relevante løsninger. Dermed er fokuset på datafangstens relevans den avgjørende faktoren for hvilke datafangst som kan løse ulike problem. Strategien for dette har vært å fokusere på hvilke enheter informasjonen fra datakildene kan gi i ønsket tidsfase. Dette kan gjøres ved å knytte potensielle datakilder til behov som krever slik informasjon.

#### *Informasjonsbehov vurderes mot datakildens informasjonsformat*

Datakilder som tilfredsstillter informasjonsbehovet kvalifiserer som løsning. Dette har gitt forfatterne grunnlag for å identifisere datakilder som kan tilfredsstillte aktuelle behov. Disse forslagene er presentert i Tabell 7.1 på neste side, hvor identifiserte behov er på vertikalaksen og forslag til datakilder, innsamlere og videreformidlere av informasjon er presentert på horisontalaksen. Behovene er blitt gitt en bokstav-ID (fra a til u) og presentert i de tre ulike tidsfasene de ble observert i. I tillegg er generelle betraktninger som skjer uavhengig av tidsfase presentert nederst (fra q til u). Fullstendig beskrivelse av behov er for enkelhets skyld forkortet og presenterer essensen av behovet. Datakilder som tilfredsstillter informasjonsbehovene er merket med kryss. Flere datakilder har potensial til å tilfredsstillte informasjonsbehovet, dette gjelder også for innsamlere og videreformidlere.





### 7.2.4 Velg de rette løsningene for bedriften

Jo flere behov en datakilde kan tilfredsstillere, desto høyere grad av gjenbruk er oppnådd. Imidlertid bør viktigheten av behovene også påvirke en slik valgprosess. Som forklart tidligere og vist i Kapittel 5.2, ble det analysert mulige konsekvenser av de ulike observasjonene som ble foretatt. Ulike mulige konsekvenser er som tidligere nevnt satt fra 1 til 3. 3 indikerer høy prioritet og bør elimineres, og 1 er av mindre betydning men er likevel en indikasjon på ikke-verdiskapende aktiviteter. For å inkludere disse prioriteringene i tabellen er samtlige kryss erstattet med behovsprioritetene. En oppdatert tabell som inkluderer prioriteter er vist på neste side i Tabell 7.2.

Summen på vertikalaksen vil da beskrive en kombinasjon av prioriteter og antall behov som kan tilfredsstilles. For å gjenbruke datakildene på riktige prioriteter er forfatterne på jakt etter høye verdier. Sum av vertikalaksen er en indikasjon på datakilder som dekker en kombinasjon av flest behov og høyt prioriterte behov. Resultatene viser at tre hovedkilder skiller seg sterkt ut. Dette er bestillinger, lagringsplattform og samhandlingstjenester, med en sum på henholdsvis 32, 31 og 37. Av datakildene er det altså bestillinger som kommer sterkest ut ved å dekke 14 av totalt 21 behov, over halvparten av utvalgte hendelser. Oppsummert kan datakildene som har total score på 9 eller mer rangeres:

1. Samhandlingstjeneste
2. Bestillingsdokument
3. Lagringsplattform
4. Smarttelefon
5. Mennesket
6. Støpeplan
7. Timeregistrering
8. Betongbil/fotokamera/følgeseddel/adgangskontroll

Det er viktig å påpeke at ett av disse verktøyene alene ikke vil kunne tilfredsstillere et behov. Det vil i de fleste tilfeller være nødvendig å kombinere én kilde som skal fange data og ett verktøy som skal samle inn og legge til rette for gjenbruk av informasjon. I mange tilfeller vil mennesker, eller ansatte, være involvert i datafangst. Dermed kan ansatte anses mer som en forutsetning enn som en datakilde. Menneskelig involvering er essensielt i mange tilfeller, men kan med fordel forsøke å reduseres for å spare ressurser og øke pålitelighet.

Tabell 7.2: Hvilke datakilder er de mest egnende?

Behovet er:	Datakilder													Innsamlere og videreformidlere																				
	Menneske	Bestillingsdokument	Betongbil	Fotokamera	Følgeseddel	GPS-sporing	Kran	Ordrebekreftelse	Plantegning	R-FID	Riggplan	Smarttelefon	Støpeplan	Time-registrering	Adgangskontoll	BIM	Lagingsplattform	E-post	Fremdriftssystem	Samhandlings-verktøy	Økonomisystem													
a	3	3															3			3														
b	3	3		3		3	3			3				3	3		3			3														
c	2																			2														
d	2	2										2								2														
e	1	1															1			1														
f	2	2						2				2	2							2														
g	2	2				2								2						2														
h	3	3									3									3														
i	3	3		3							3	3					3			3														
j	1	1															1			1														
k	1	1		1						1	1	1								1														
l	3	3																		3														
m	2	3												3			3			3														
n	1	1	1	1	1						1						1			1														
o	2		2		2												2			2														
p	1	1								1	1	1								1														
q	2	2	2	2	2												2			2														
r	3	3	3	3	3			3				3	3	3			3			3	3													
s	1		1		1												1			1														
t	3	3															3			3														
u	3	3											3				3																	
<b>Totalvurdering:</b>													26	32	9	9	9	9	8	3	5	0	3	2	23	18	11	9	0	31	0	3	37	0

### Når oppstår informasjonen vi trenger?

Ved å se nærmere på behovene er det mulig å se at behovene kan inndeles i kategorier. Slik de står nå i Tabell 7.2 er de inndelt etter hvilken fase forfatterne har observert at behovene oppstår i. Det er imidlertid aktuelt å identifisere *når informasjonen genereres*. Ved å se nærmere på behovene i et slikt perspektiv synliggjøres det at informasjonsbehovene omhandler planleggingsfasen, produksjonsfasen, samt fasen etter fullført produksjon. Denne tredelte inndelingen handler dermed om informasjon som genereres før, underveis og etter en betongproduksjon. Datakildene som kan måle planleggingsfasen kan eksempelvis være planer som beskriver aktiviteter. Videre vil utstyr og mennesker på byggeplassen kunne gi informasjon om pågående produksjon, samt fullført produksjon.

I tillegg kan flere av identifiserte behov tilfredsstilles ved å spre informasjonen på et tidligere tidspunkt. Dette kan tilfredsstilles ved å øke fokus på sanntidsformidling av informasjon. Spres informasjon idet den oppstår, kan den i prinsippet ikke komme tidligere (selv om eventuelle prognoser kan komme tidligere). Prinsippet om rask informasjonsspredning kan anvendes på alle problemer. Det stiller imidlertid krav til at datakildene er i stand til å fange opp og videreformidle informasjon tidlig.

Inndelingen av datakilder kan oppsummeres slik:

- Datakilder som gir informasjon om planlagte aktiviteter: Støpeplaner, plantegninger, bestillinger, riggplan, ordrebekreftelse, BIM.
- Datakilde som gir informasjon om pågående aktiviteter: Kran, GPS-sporing, betongbil, smarttelefon, samhandlingstjeneste, timeregistrering, adgangskontroll
- Datakilder som gir informasjon om fullførte aktiviteter: Samtlige som punkt ovenfor, samt lagringsplattform.

Tidsfasene som anses som mest essensiell er planlegging, samt pågående arbeid. Det er ansett at utført arbeid kan inngå i pågående arbeid, fordi utførte aktiviteter vil være en oppsummering av delaktiviteter som er rapportert ute på byggeplassen. Avhengig av aktivitetens detaljnivå vil den dermed kunne samle data fra fremdriftsmålinger til å avgjøre om aktiviteter er fullført eller ikke. Idet en betongbil forlater området kan det indikere at arbeidet er utført eller oppmåleren kan rapportere informasjon om hans fullførte aktivitet gjennom en samhandlingstjeneste. En lagringsplattform vil kunne holde på større mengder data og kunne definere fullførte aktiviteter på et større detaljnivå. For eksempel kan prosjektleder få oversikt over hvilke flater som er støpt totalt i prosjektet.

### 7.3 Forslag til datafangst

Avsnitt 7.2.4 belyste når ulik informasjon i praksis genereres. Utfordringene som er observert rundt betongproduksjonen i SLP impliserer at det er et generelt behov for å få tidligere informasjon om planlagte aktiviteter, samt tettere og mer presise statusoppdateringer underveis i produksjonen. Datafangst bør derfor gjøres idet denne informasjonen oppstår, i *sanntid*. Når det gjelder aktivitetsforløpet fra bestilling til fullført støp kan ulike datakilder logge denne aktiviteten. Disse kan måle planlagt og pågående aktiviteter (eller fremdrift). Valg av datakilder vil variere fra prosjekt til prosjekt, siden tilgjengelige datakilder vil variere. I tillegg vil valg av ulike datakilder også avgjøres av hvor store investeringer bedriften er villig til å gjøre for å utnytte datakildene. Forslag til datakilder som kan gi positive effekter vil presenteres i de neste avsnittene.

#### 7.3.1 Bestillinger

Som datakilde vil bestillingsdokumentet beskrive planlagte aktiviteter med nøkkelinformasjonen som er relatert til en støping. Oppdateres og videreformidles denne informasjonen idet den oppstår, vil den ha mulighet til å møte 14 av de identifiserte 21 informasjonsbehovene i Figur 7.2.

Betongbestillinger viser seg å inneholde viktige spesifikasjoner av planlagt arbeid. Her knyttes ulike ressurser til tid og sted for leveranse *samt utførelse*, i tillegg til materialspesifikasjoner. Bestillinger er tilgjengelig for entreprenøren, høyst relevant for planlagte aktiviteter og genereres med samme frekvens som antall støper. I tidsperspektiv er variasjonen på mellom 3-7 dager, avhengig av materialmengden som skal bestilles. Påliteligheten av datakilden er noe høy siden ressursene er knyttet til tid, men synker noe da bestillinga ofte endres utover uka. Samlet førte dette til at datakilden ble vurdert som 'Delvis egnet' i Kapittel 6.5.7. I praksis betyr dette at kilden bør justeres før den utnyttes. Dette betyr blant annet at oppdatert bestillingsinformasjon også bør inkluderes, og at tradisjonell e-postformidling bør utgå.

Betongbestillinger genereres av personell, i SLP er dette ulike formenn. Formannen anses som en viktig distributør av informasjon, og mottakere av eksempelvis fremdriftsrelaterte henvendelser.

#### Anvendelse

I Kapittel 5.2 ble repeterende observasjoner relatert til informasjonsflyt fremhevet og videre transformert til informasjonsbehov i ulike deler av prosessen. Disse observasjonene identifiserte et behov for tidlig informasjonsspredning av planlagte aktiviteter

internt og til involverte aktører, det vil si, *riktig* informasjon om planlagte aktiviteter. Bestillingsdokumentet genereres i detaljplanleggingsfasen, og siden det knytter ressurser til et konkret tidspunkt, anses informasjonen som meget relevant og mer pålitelig enn tidligere planer, som i større grad fungerer som indikasjoner på planlagt drift. Betongstøping er tidskritisk som fører til at aktører bestilles til samme tidspunkt, som stiller høyere til koordinering. Idag skjer denne informasjonsspredningen, men noe sporadisk og med en viss tidsforsinkelse fra en endring faktisk skjer til oppdatert informasjon viderefremmes. Gjøres bestillinger og oppdatering av bestillinger i et digitalt system, vil det muliggjøre datafangst og informasjonsspredning i sanntid internt og til involverte aktører. Aktører som oppholder seg på byggeplassen, men som likevel vil kunne påvirke eller bli påvirket av en betongstøp, vil også kunne bli informert uten at det stjeler ekstra tid. I tillegg vil smart lagring av denne informasjonen kunne muliggjøre smarte utnyttelser. For eksempel kan fakturaer knyttes til bestillinger automatisk, og behandlingstiden av fakturaer kan reduseres.

Det mest sentrale med denne datafangsten er dermed at oppdatert bestillingsinformasjon tilgjengeliggjøres for andre tidlig og lagres for enkle utnyttelser i ettertid.

### 7.3.2 Smarttelefon

Som kommunikasjonsverktøy vil en smarttelefon kunne motta informasjon om både planlagte og pågående aktiviteter, samt viderefremme informasjon underveis i en produksjon. Ved å utnytte disse funksjonalitetene vil en smarttelefon kunne tilfredsstille 11 av 21 identifiserte behov i Figur 7.2.

Mobiltelefoner kan spore geografisk lokasjoner, ta opp lyd, fotografere, filme, måle gravitasjon, registrere strekkoder og annen multimedieinformasjon [20]. En smarttelefon vil variere i både pålitelighet, tilgjengelighet, relevans og hyppighet avhengig av hvilke funksjonaliteter ved den som utnyttes. Benyttes GPS-funksjonaliteten på telefonen vil det kunne genereres hyppige og pålitelige mål. Imidlertid er det en utfordring å knytte en konkret relevans fra bevegelse på byggeplass til faktisk fremdrift i betongproduksjon. Det er imidlertid utført studier på bruk av mobiltelefonens sensorer som viser en presisjon på over 98%, hvorvidt en maskin var av, gikk på tomgang eller var i drift [5]. Smarttelefoner er vanlig på SLP, eies av aktørene selv og muliggjør en økonomisk gunstig datafangst og dataoverføring. I tillegg vil en smarttelefon være kompatibel med applikasjoner og dermed samhandlingstjenester.

### Anvendelse

Som datakilde vil en smarttelefon kunne gjøre datafangst fra byggeprosa. Dette kan være i form av bildedokumentasjon og skanning, lokasjonssporing, statusoppdateringer, samt øvrig datafangst relatert til bevegelse og aktiviteter. En smarttelefon

vil muliggjøre bildedokumentasjon og skriftlig dokumentasjon og videre kunne spre informasjonen via en samhandlingstjeneste i sanntid til involverte aktører. Lokasjonssporing kan spore aktivitet innenfor et visst område, som igjen kan gi et indirekte mål på produktivitet. Dette vil muliggjøre rask tilbakemelding, samt lagring på sikt. Siden smarttelefon er en mobil enhet som bæres av mennesker er den meget aktuell å gjøre datafangst med. Dersom det utvikles skreddersydde løsninger kan ansatte gjøre datafangst på byggeplass og informasjonsspredning vil skje automatisk. Siden det ikke er en tidsforsinkelse fra datafangsten gjøres til den spres vil påliteligheten og relevansen øke.

En smarttelefon er meget relevant for å foreta sanntidsbaserte målinger. Denne vil imidlertid kreve menneskelig involvering, som vil redusere påliteligheten. Samtidig anses prosjektdeltakere som prosjektlederens beste informasjonskilder[36], i tillegg til at det er svært nærliggende dagens praksis. Det krever imidlertid samhandlingstjeneste som med få tastetrykk kan formidle og motta informasjon.

### 7.3.3 Adgangskontroll

En annen datakilde som kan anvendes for å fange opp generell aktivitet på byggeplass er adgangskontroll til byggeplass. Utnyttelsen av denne vil kunne tilfredsstille 5 identifiserte behov i Tabell 7.2.

Adgangskontrollen på SLP registrerer idag all flyt av materialer og arbeidskraft som skjer inn og ut av byggeområdet. Datakilden er idag ikke tilgjengelig til bruk grunnet personvern. I tillegg eies den av en annen entrepriser. Kvalitetsvurderingen i Tabell B.5 viser dermed at adgangskontroll, slik den er i dag, vurderes som en uegnet datakilde. Dette betyr at dersom kilden skal utnyttes må den tilgjengeliggjøres, informasjonen må behandles i henhold til personvern, samt formidles hyppig.

### Anvendelse

Prinsippet om en kontinuerlig registrering av flyt inn og ut av byggeplassen er ansett å ha høy verdi for fremdrift-og kvalitetsoppfølging. En slik logg har potensiale til å gi informasjon om antall mennesker på byggeplassen, antall timer ulike aktører har oppholdt seg på byggeplassen. Dette vil eksempelvis gi umiddelbar tilbakemelding på bemanning på byggeplassen. Hvis arbeidskraft kan knyttes til et produktivitetstall kan forventet produksjon sammenlignet med planen fremstilles. I tillegg kan logg av materialleveranser bidra til en bedre kvalitetsoppfølging av leverandører. For eksempel ble det identifisert et behov for å kontrollere planlagt kontra levert tidspunkt på betongbiler.

Det er ansett at en registrering av flyt inn og ut av byggeplassen kan ha stor verdi. Det er imidlertid ansett som utilgjengelig data per i dag og ytterligere undersøkelser må gjøres for å realisere dette. En slik løsning er imidlertid også relevant for andre byggeprosjekter. Casebedriften praktiserer som regel totalentrepriser, og dermed vil de kunne styre adgangskontrollen selv og informasjonen kan dermed bli lettere tilgjengelig.

#### 7.3.4 Betongleveranser

For å fange opp konkrete leveranser relatert til produksjonen, er logg om betongleveranser ansett som potensiell for pågående aktiviteter og utførte aktiviteter. Utnyttelsen av denne vil kunne tilfredsstillende 5 av 21 identifiserte behov (se Tabell 7.2).

Betongleverandøren logger i dag leveransene til SLP. Dette innebærer ordrebeholdning, SMS-varsling 15 minutter før ankomst, følgesedel samt faktura til hver betongbestilling som utføres. Leveringsstatistikk for det totale prosjektet sendes også månedlig med informasjon om leverte materialmengder av ulik kvalitet, samt økonomi knyttet til ventetid og eventuelle tillegg. Totalt sett kan betongleverandøren anses å ha mest strukturert og hyppig generert data av produksjon på byggeplassen. Informasjonen anses som pålitelig, men med den svakheten at den genereres av betongleverandør. Det vil være aktuelt å følge opp betongleverandør på punkter som de selv ikke måler (f.eks årsak til ventetid, faktisk hyppighet mellom leveransene osv). Siden data ikke eies av casebedriften selv, er tilgjengeligheten dermed noe redusert. Imidlertid utveksles denne dataen velvillig og hyppig. Informasjonen kan imidlertid være av høy verdi, da betong er en kritisk ressurs i råbyggfasen. Betongens egenskaper gjør at materialet ikke kan lagres på byggeplassen og må dermed tas i bruk i sann tid. Dette betyr at levert betong kvalifiserer som produktivitetsmål, siden betongen må utnyttes idet leveransen ankommer byggeplassen.

#### Anvendelse

Det foreligger allerede mye dokumentasjon her, og forfatterne anser det som viktig at denne informasjonen spres. Den ser imidlertid ut til å kun tilfredsstillende de mer generelle behovene som er relevant for senere bruk og i mindre grad sanntidsinformasjon. Eksempler på dette er behov for økt kontroll på leveranser, grove fremdriftsmålinger og informasjonslagring av leveranser. Dersom denne informasjonen formidles med jevne mellomrom, vil overordna fremdrift bli visualisert gjennom en samhandlings-tjeneste. I tillegg kan leveranser kontrolleres automatisk mot bestilt leveranse. Mer sanntidsbasert informasjon kan for eksempel være å spre informasjonen som i dag sendes via SMS til formannen. Ankomst av betongbil kan være nyttig informasjon for flere på byggeplassen, særlig de som skal ta imot leveransene, samt arbeide under støpen.

Siden betong er en produksjonskritisk ressurs anses den som en god indikator på fremdrift. Dagens fremdrift måles i dag ved hjelp av leveringsstatistikk fra betongleverandøren. Denne statistikken er imidlertid ikke knyttet til spesifikke bygninger. For SLP med mange bygninger med ulik fremdrift, vil det derfor være viktig å differensiere fremdriften etter bygninger. Dersom datafangst av lokasjon og materialleveranser kan gjøres vil det muliggjøre en mer konkret fremdriftsmåling.

Anvendelse av leveranseinformasjon kan dermed bidra med fremdriftsmålinger, informere ansatte rett før støp, samt følge opp underleverandører.

### 7.3.5 Støpeplan

En støpeplan kan gi informasjon om planlagte aktiviteter i et to-ukers perspektiv. Dette betyr at den er hakke mindre detaljert enn bestillingsinformasjon, men genereres litt tidligere. Utnyttelse av en støpeplan vil potensielt kunne møte 8 av 21 identifiserte behov i Tabell 7.2.

Støpeplan på SLP utarbeides i dag av armering- og betongformannen. Formennene forholder seg til denne på daglig basis. En støpeplan er som regel et oversiktsbilde over hele byggeplassen. Det er en grov skisse over bygningsmassene. Når produksjonen for det meste foregår i kjelleretasjen er det oversiktsbildet for kjelleretasjen som brukes som underlag for støpeplanen. En støpeplan er per dags dato helmanuell og i papirform. Støpeområder markeres med tusj og gir ikke konkrete materialmengder. Den knytter imidlertid markerte planlagte støpinger til en viss tid. Svakheten er at den kan bli revidert og ettersom den kun forekommer i papirform, flyter det fort med papirer av reviderte og originale versjoner. Totalt anses støpeplan som delvis egnet. Dette betyr i praksis at en systematisk datafangst av denne datakilden forutsetter en digitalisering av støpeplanen.

#### Anvendelse

Støpeplanen benyttes i dag som regel av formenn og videreformidles til baser. Det er i dag ansett mer som formenns hjelpemiddel til å planlegge produksjon enn som en informasjonskilde. Forfatterne mener at en slik plan kan ha stort potensiale til å spres til flere hvis den digitaliseres. Knyttet denne i tillegg til bestillinger etter hvert som de genereres, vil støpeplanen kunne inneholde essensiell informasjon: alt på ett og samme sted.



## 7.4 Forslag til innsamling og videreformidling av informasjon

Datakildene i forrige avsnitt avdekker mange muligheter for sanntidsdatafangst. Imidlertid forutsetter disse datakildene innsamling og videreformidling av informasjon, og dermed overordna systemer for systematisering og gjenbruk. Graden av digitale forutsetninger vil variere med hvilken datafangst som gjøres, samt i hvilken grad den skal gjenbrukes. Imidlertid har samhandlingstjeneste og lagringsplattform vist seg gjennom Tabell 7.2 å tilfredsstillende majoriteten av informasjonsbehovene og vil dermed presenteres i detalj.

### 7.4.1 Samhandlingstjeneste og lagringsplattform

En samhandlingstjeneste kan gjenbruke informasjon i sanntid og sørge for en tilfredsstillende kommunikasjonsflyt underveis i en produksjon, mens en lagringsplattform kan bidra til å ta vare på og gjenbruke informasjon på sikt.

En lagringsplattform kan bidra med å tilfredsstillende 14 av 21 behov. Funksjonalitetene til prosjektets lagringsplattform, Interaxo, ble vurdert som 'Delvis egnet' grunnet at systemet lå utenfor entreprenørens eierskap og ikke har samtlige funksjonaliteter at det kan tilfredsstillende 14 behov. Imidlertid har en slik lagringsplattform god relevans, ved at den lagrer og formidler data om arbeidskraft, er robust med pålitelige lagringsmuligheter og logger aktivitet i systemet i sanntid. Egenskapene ved et slikt system er dermed attraktivt, men det må benyttes et system som er i Bundebyggs eierskap (nytt eller eksisterende system).

En samhandlingstjeneste kan i prinsippet bidra med å møte 17 av 21 behov. Viscenario karakteriseres som en samhandlingstjeneste og er presentert i Appendix 6. Denne er innenfor bedriftens eierskap og har til hensikt å fungere i utførelse av sjekkliste med mer. Det er ment å være fleksibelt, brukervennlig i byggepropa på smarttelefon og nettbrett og har som hensikt å ta vare på informasjon for ettertida. I SLP ser det ikke ut til at programmet er fullstendig integrert, og mister dermed pålitelighet. I tillegg mangler det i følge forfatterne et optimalt brukergrensesnitt, selv om prinsippene i seg selv er gode. Hvis denne samhandlingstjenesten skal bidra med å møte 17 av 21 behov, må systemet utvides og ekstra funksjonaliteter må integreres.

### Anvendelse

Flere av observasjonene i caseprosjektet som ble presentert i Kapittel 5, ble videre kartlagt og identifisert som behov for oppdaterte planer og hyppige rapporteringer. En samhandlingstjeneste har som nevnt i Kapittel 3.6.1 en vag definisjon, men

kan som hovedregel ha funksjonaliteter for kommunikasjon, oppgavehåndtering og arbeidsflyt eller være en alt-i-ett-løsning. Dermed kan en samhandlingstjeneste bidra med å formidle planer og realisere hyppige rapporteringer.

Mer strukturert kan statusrapporteringer vises gjennom en arbeidsflyt i samhandlingstjenester. Siden mange av aktivitetene i en betongproduksjon er høyst repeterende vil arbeidsflyter kunne transpareres i en samhandlingstjeneste. Dagens form for samhandling foregår i dag over telefon, mail og direkte dialog, og utfra observasjoner tilknyttet disse kanalene registreres det betydelige utfordringer mot å praktisere sanntidsdatafangst og gjenbruk av informasjon.

En lagringsplattform tar sikte på å lagre prosjektinformasjon som daglig flyter gjennom e-post, telefon eller andre medier. Formålet er å sørge for at arbeid er dokumentert for ettertiden. Dette muliggjør for gjenbruk i forbindelse med fakturering, kvalitetssikring eller strategiske beslutninger. En samhandlingstjeneste og en lagringsplattform kan være i ett og samme system, men funksjonalitetene fra begge bør være med.

### **Bedriftens digitale forutsetninger**

Selv om det finnes store mengder data strever byggebransjen med at det er lav samhandling mellom ulike type elektroniske data og det derfor kan være utfordrende å utnytte datafangst på en smidig måte[57]. Dette bekrefter de vitenskapelige funnene og kartleggingen av caseprosjektet. De vitenskapelige funnene som ble presentert i det teoretiske grunnlag i Kapittel3 forutsetter i stor grad et teknologisk fundament som per i dag ikke eksisterer hos Bundebygg. Dette gjelder både teknologiske forutsetninger, samt forutsetninger ansatte har for å utnytte dette. Denne type datafangst vil dermed kunne inkludere endringer i dagens praksis, som dermed påvirket ansatte. Motstand til endring kan være knyttet til ansattes holdninger og vaner som er sterkt tilknyttet dagens praksis[69]. Bedriftskulturen både hos Bundebygg og underleverandørene preges av vanene knyttet til muntlig dialog og e-post som skriftlig kommunikasjon, og en skepsis til nye informasjonssystemer. Denne skepsisen kan være grunnet dårlige erfaringer med tidligere forsøkte implementerte systemer, som kan ha ført med seg mangel på skreddersydde løsninger for det aktuelle prosjektet eller nødvendig opplæringen har vært mangelfull. Andre årsaker til skepsis kan være at de føler på en jobbusikkerhet, ved at de er redd for at endringer kan medføre at deres arbeid blir overflødig[69].

En sterk organisasjonskultur vil også påvirke villighet. Dette betyr at de er stolt av dagens praksis, ved at de føler mestring med dagens praksis og opplever suksess. I tillegg kan det oppleves usikkert å bryte dagens vaner. Når en rutine blir gjort et visst antall ganger, vil det utvikles en slags automatikk i det, slik at mennesket selv ikke føler at noe energi går med til denne praksisen. Det er imidlertid viktig

å påpeke at disse vanene likevel kan skjule ikke-verdiskapende aktiviteter. Selv om ansatte kan være fornøyde med dagens praksis, og det holder hjulene i gang, vil det ikke nødvendigvis være effektivt. Brukere er ikke nødvendigvis bevisste på problemer eller muligheter for forbedring, slik at det burde foretas en grundigere analyse av jobbhverdagen. Dermed kan negative aspekter avdekkes. Dette kan være tidkrevende og kompliserte oppgaver, oppgaver som fort går i glemmeboka eller oppgaver som løses med penn og papir[44].

Det er imidlertid ikke fordelaktig å utvikle systemer som er stikk i strid med dagens praksis. Positive aspekter som den ansatte verdsetter og ikke ønsker å endre bør så langt det la seg gjøre bevares[44]. Erfaring er viktig å ta med seg videre, og praksisen *har* tross alt fungert. Med dette som utgangspunkt er det ønskelig å presentere forslag i ulike *nivåer*, hvor forslag som er mest nærliggende dagens praksis vil presenteres først. Forslagene vil fokusere på tidsaspektet og den helhetlige prosessen (nevnt i de foregående avsnittene). Forslagene bør imidlertid inkludere den informasjonen som det er identifisert et behov for. Rent overordnet ble det identifisert et behov for en løsning som kan gjenbruke informasjon i sanntid, samt sørge, samt sørge for en tilfredsstillende kommunikasjonsflyt underveis i en produksjon. Det er også et behov for å ta vare på og gjenbruke informasjonen på sikt, for eksempel i forbindelse med fakturahåndtering, som kan skje én måneds tid etter støp er fullført, eller grundigere analyser for fremtidige strategiske beslutninger.

Retningslinjer for forbedring – Velg løsninger som passer bedriften
Fokuser på ikke-verdiskapende aktiviteter.
Bevar god praksis
Skreddersy løsninger som er forenelig med dagens teknologi og ansattes forutsetninger.
Skap en forståelse av forslaget og sørg for god opplæring.

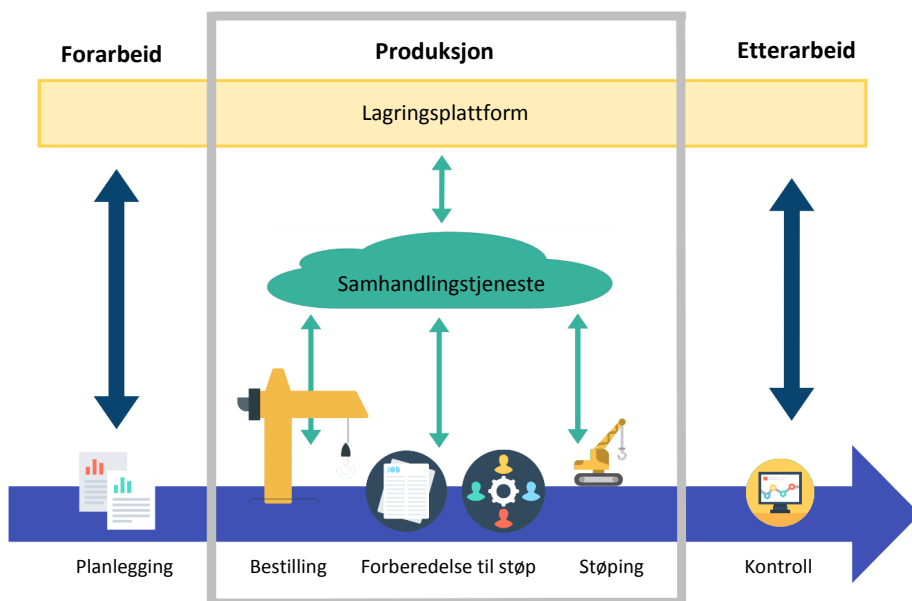
### 7.4.2 Forslagramme

Karakteristikken av samhandlingstjeneste og en lagringsplattform tilsier at de kan være anvendbare for flere typer prosjekter eller andre deler av caseprosjektet. Når det gjelder å fange den viktige informasjonen vil dette kreve en strategisk utvelgelse av datakilder. Dette er fordi de mest passende datakildene vil variere med formålet. Det vil også dermed variere fra prosjekt til prosjekt, samt med ulike byggekonstruksjoner. I tillegg vil valg av ulike datakilder også avgjøres av hvor store investeringer bedriften er villig til å gjøre for å utnytte datakildene. Med dette som utgangspunkt kan dermed en ramme for potensielle forslag settes. De digitale kravene til sanntidsdatafangst rundt lagring og automatisk tilgjengeliggjøring av informasjon, kan tilfredsstilles av funksjonaliteter i samhandlingstjenester og lagringsplattformer. Oppsummert kan rammen for forslaget presenteres i Figur 7.3. Her vil samhandlingstjeneste

og lagringsplattform være satt, og derfor er de plassert som overordna systemer i figuren. Rammens valgte avgrensning i tidsperspektiv er grunnet studiens avgrensning. Dermed faller mye informasjon om planlegging (for eksempel 5-ukersplaner) ut fra vurderingen. I tillegg ekskluderes også kontroll i ettertid, som kan innebære fakturahåndtering eller analyser for strategiske beslutninger på sikt. Disse vil ikke være fokusområdet videre men vil vurderes senere.

Når det gjelder aktivitetsforløpet fra bestilling til fullført støp vil det logges via datakilder. Disse vil altså måle planlagt og pågående aktiviteter (eller fremdrift). Disse datakildene er ikke spesifisert i forslagsrammen og vil dermed utgjøre fleksibiliteten i forslaget. Dette er fordi de mest passende datakildene vil variere med formålet. Det vil også dermed variere fra prosjekt til prosjekt, samt med ulike byggekonstruksjoner. I tillegg vil valg av ulike datakilder også avgjøres av hvor store investeringer bedriften er villig til å gjøre for å utnytte datakildene. For caseprosjektet vil imidlertid datakilder som kan inngå i ulike forslag presenteres i de neste avsnittene.

Ytterligere anvendelser for samhandlingstjenester og lagringsplattformer er beskrevet i Kapittel 7.4.1.



Figur 7.3: Ramme for prosessforbedring

## 7.5 Prosessforbedringsforslag A

Med utgangspunkt i forslagsrammen kan dermed konkrete forslag utarbeides. Flexibiliteten i forslagsrammen er som nevnt valget av datakilder, som igjen vil variere med formålet. Imidlertid er det spesifisert i forslagsrammen at det er behov for balanserte datakilder, som vil si informasjon om både planlagte og pågående aktiviteter. Mer konkret er det observert et gjentakende behov for spesifisert informasjon om planlagte støper. Ettersom bestillingsdokumenter sitter på verdifull informasjon og knytter ressurser til tid er denne derfor valgt som informasjonskilde til planlagte aktiviteter. Når det gjelder oppfølging av pågående aktiviteter er dette noe mer utfordrende da pågående aktiviteter ikke logges skriftlig i samme grad som bestillinger gjør. Det finnes avanserte muligheter, men den datakilden som forfatterne anser som mest fleksibel og med størst bruksmuligheter, er smarttelefonen. Smarttelefonen kan motta og sende signaler av ulik art, og bæres av majoriteten av prosjektdeltakerne. Det er også den mest nærliggende datakilden til dagens praksis, som benytter seg av mobiltelefon som kommunikasjonsmedium på byggeplassen. Oppsummert består Forslag A av følgende datakilder:

- Informasjon om planlagte aktiviteter: Bestillingsdokumenter
- Informasjon om pågående aktiviteter: Smarttelefoner

Datakildene kan sammen tilfredsstillende 17 av totalt 21 identifiserte behov. Datakildenes kvalitetsvurdering konkluderer med at en smarttelefon er egnet med tanke på tilgjengelighet, pålitelighet, relevans, hyppighet og universelle egenskaper. Imidlertid skårer bestillinger hakke dårligere totalt og vurderes som 'Delvis egnet'. Dette indikerer at datakilden bør justeres noe før de utnyttes, da dagens format ikke er optimalt for gjenbruk, samt at hyppighet på ordrebekreftelse ikke er tilfredsstillende.

### 7.5.1 Muligheter

Med samhandlingstjeneste og lagringsplattform, bestillingsdokumenter og en smarttelefon, vil dette kunne åpne flere muligheter for informasjonsflyten på SLP. Det overordna målet med dette forslaget er at all informasjon som er relatert til en betongstøping skal samles på ett og samme sted. I tillegg bør informasjonen kunne spres og kombineres på måter som er fordelaktig for involverte.

Som nevnt tidligere er dagens praksis at bestillinger genereres i tekstfiler og deretter sendes som vedlegg via e-post. Ulike formenn sender bestillinger til ulike underleverandører. Ved hjelp av en samhandlingstjeneste vil generering av bestilling, formidling og dokumentasjonlagring av bestilling kunne skje *samtidig* og i en og samme prosess. Prinsippet er at all informasjon skal strøemme via en samhandlingstjeneste

før den ankommer destinasjonen. Det gir mulighet til å spre informasjon til andre, samt lagre dokumentasjon på sikt.

*Produksjonskritisk informasjon bør alltid strømme gjennom en samhandlingstjeneste som kan fange opp relevant data.*

Mer spesifikt kan formenn for eksempel opprette slike bestillinger, hvor relevant informasjon kan tilknyttes. Under hver av disse støpene bør all informasjon relevant for aktuell støp plasseres. Dette kan inkludere spesifikasjoner av lokasjon, dato og tidspunkt, og all annen aktuell dokumentasjon tilknyttet dette. Dette kan for eksempel være sjekklister, ordrebekreftelser, følgesedler og fakturaer, men også mer dagligdags kommunikasjon som trengs i en produksjon.

Informasjonsbehovet vil variere med de ulike prosjektdeltakerne. Prosjektlederen kan være interessert fremdriftstrender, mens pumpeleverandøren trenger konkrete støpespesifikasjoner, samt nødvendig informasjon som oppstår underveis. Siden smarttelefon er begrenset i størrelse, er det et stort behov for at informasjonen er kort og presis. Dette stiller krav til ulike brukergrensesnitt. Etterhvert vil slike system inneholde mye relevant informasjon som både sendes til underleverandører og er tilgjengelig for andre i prosjektet. Dette kan gi positive effekter på flere områder. All informasjon som er knyttet til en spesifikk støp kan være samlet på samme plass og kan med riktig brukergrensesnitt være enkel å utnytte. Dette vil også muliggjøre at samtlige i prosjektet mottar informasjon idet den oppstår, i sanntid. En håndverker vil ha mulighet til å opparbeide seg informasjon om når hvilke støper som skal foretas den neste uka. Nøkkelinformasjon kan oversettes ved hjelp av samhandlingstjenesten.

Ytterligere anvendelser for smarttelefon og bestilling er beskrevet i henholdsvis Kapittel 7.3.2 og Kapittel 7.3.1.

### **7.5.2 Eksempel på synliggjøring av prosess**

For å illustrere hvordan den viktigste informasjonen kan formidles til involverte aktører i sanntid er et eksempel i Figur 7.4 presentert. Figur 7.4 er et eksempel på hvordan en applikasjon kan vise produksjonskritisk informasjon. Øvre del av skjermen på figuren presenterer støpespesifikasjoner, som i store trekk er bestillingsspesifikasjoner til betongleverandør. Dette vil derfor utgjøre datafangst av bestillingsinformasjon, samt endringer underveis. Dersom bestillinger kan fylles ut og gjøres direkte i samhandlingstjenesten vil det være tidsbesparende. Dette er den rent informative delen. Etter hvert som endringer skjer, bør bestilling enkelt kunne oppdateres, formidles via samhandlingstjeneste, slik at samtlige kan varsles om eventuelle endringer.

**Støp** 155, Dekke U1

Dato	08.01.2017	Kran	NEI
Tidspunkt	07.00	Pumpebil	Bekreftet
Kubikk	150m3	Betong hyppighet	10 min
Areal	450m2	Betongtype	LVB B30M45
Ansvarlig	Simen	Beskjed før siste lass	JA

**Mer informasjon**

<b>Simen A</b>	# Gregor, fikk varsling om at oppmåling ikke er foretatt. Er du på saken?
<b>Gregor</b>	Ferdig nå!
<b>* Vedlegg*</b>	<b>Inspeksjon.docx</b> er lastet opp
<b>Simen A</b>	Har noen klargjort adkomstvei?
<b>Kristoff</b>	Ja, fikset.

**SEND**

Figur 7.4: Sanntidsdatafangst blir transparent i samhandlingstjenste

Nedre del av skjermen på Figur 7.4 er den fleksible delen, som muliggjør samtaler og korte avklaringer. Det er nemlig observert at selv om aktiviteter har en viss avhengighet kan prosesser skje parallelt eller i varierende rekkefølge og dermed passer ikke rigide arbeidsflyter. Oppmåleren kan for eksempel gjøre sitt arbeid tidlig i prosessen, samt rett før støp. Forskaling kan også skje parallelt med noe armeringsarbeid. Derfor har eksemplet en loggstruktur ved at relevant informasjon kan registreres på vilkårlig tidspunkt. Her er det også muligheter for kommunikasjon for å avklare utfordringer eller hindringer underveis, eller simpelthen for statusoppdatering av utført arbeid. Med andre ord er det viktig å tilrettelegge for et bredt utvalg av sanntidsdatafangst må kunne skje, til enhver tid. Det er imidlertid anbefalt å bevare god praksis relatert til diskusjoner og problemløsning.

Oppsummert inneholder forslaget dermed samhandlingstjeneste og lagringsplattform som innsamlere/videreformidlere. Som tidligere nevnt kan ett og samme program kunne fylle dette behovet. I tillegg vil både bakside og fremside av et system kunne utformes på mange ulike måter som en systemutvikler med IT-bakgrunn kan best.

## 7.6 Effekt av Prosessforbedringsforslag A

Med sanntidsdatafangst som verktøy er det ønskelig å effektivisere flytaktiviteter rundt en betongproduksjon med fokus om å eliminere eller redusere ressurser tilknyttet dagens praksis. Det finnes ulike strategier for å oppnå dette. Den fundamentale retningslinjen for effektivisering er inspirert av Koskelas 11 veier til prosessforbedring og er reduksjon av ikke-verdiskapende aktiviteter (mer om dette i Kapittel 4.1. Dette kan for eksempel oppnås ved å redusere variasjoner i en produksjon, redusere syklustid, gjøre produksjon mer transparent og ved å minimere antall steg, deler og linker i en produksjon[39]. Ved å gjenbruke informasjon viser studien at en stor potensiell gevinst ved sanntidsdatafangst er en reduksjon i antall steg, linker og koblinger i en produksjon. Denne effekten vil tydeliggjøres ytterligere i Kapittel 7.6.8.

Forslagsrammen inkluderer funksjonaliteten med samhandlingstjeneste, og en av nøkkelfunksjonene forfatterne er ute etter å utnytte her, er umiddelbar spredning og lagring av informasjon mellom relevante aktører. Det registreres for ofte at samme informasjonsbehov løses gjennom ulike kanaler som ikke snakker sammen. Det krever imidlertid at det avklares tidlig i prosjektet hvilke repeterende aktiviteter som går igjen for gitte prosjekt, slik at litt mer skreddersydde løsninger kan utarbeides for hvert nye prosjekt. Forslagsrammen vil likevel være generalisert og klar for ethvert prosjekt å ta i bruk.

For å avdekke hvordan dette forslaget faktisk vil kunne en mer effektiv informasjonsflyt rundt en produksjon kan dermed forskningsspørsmålet deles i to:



1. Hvordan vil forslagsrammen effektivisere et byggeprosjekt? (generaliserbar effektivisering)
2. Hvordan vil de ulike datakildene kunne effektivisere et byggeprosjekt? (prosjektspesifikk effektivisering)

Det er umulig å svare på disse spørsmålene hver for seg, da en datakilde er avhengig av å bli formidlet av en samhandlingstjeneste og en samhandlingstjeneste er avhengig av å få relevant input for å gi mening. Derfor må disse vurderes samlet. Med dette som utgangspunkt vil mulighetene av datafangst av bestillinger, datafangst av aktivitet på byggeplass ved hjelp av smarttelefon, samt bruk av samhandlings-tjenester i dagens betongproduksjon presenteres. Dette kan videre sammenlignes med dagens praksis for å fremheve potensialer. Sammenligningen av eksisterende rutiner og sanntidsdatafangst som verktøy kan gjøres gjennom målbare data, for eksempel tidsbruk tilknyttet eksisterende rutiner kontra tidsbruk tilknyttet ny rutine. Alternativt kan den presenteres gjennom kartleggingsfigurer. Formålet i begge tilfeller vi være å illustrere hvorvidt et potensiale for forbedring eksisterer og hvor stort det er.

### 7.6.1 Effekt av samhandlingstjeneste

Effekten av en samhandlingstjeneste vil avgjøres av hvilken datafangst den foretar og hva som er formålet. Imidlertid har en samhandlingstjeneste karakteristikk som kan gi gunstige effekter. Det overordna formålet er å effektivisere kommunikasjon ved å foreta datafangst enkeltpersoner sitter på og videreformidle dette til riktige personer i sanntid[27]. Dette tilsier at en tjeneste dermed er tilrettelagt for sanntidsoverføring av informasjon. Hvis informasjonen krever tilbakemelding fra flere aktører har den større fordeler enn telefonsamtaler, ved at *informasjonen spres til mange samtidig og samtlige kan respondere samtidig*. Slik nødvendig informasjon kan visualiseres gjennom intuitive skjema som er transparente for prosessen[38]. Oppsummert kan effektene av samhandlingstjeneste presenteres i transparens og fleksibilitet, som er to av Koskelas[39] 11 veier til prosessforbedring (presentert i Kapittel 4.1).

#### Reduser andelen ikke-verdiskapende aktiviteter

Informasjonsflyt kan i større grad skje på tvers av både avdelinger og bedrifter. Informasjon som tidligere ikke nådde frem til aktører av interesse eller ga mottaker merarbeid ved å leite opp informasjonen vil reduseres. En reduksjon av menneskelige ressurser i informasjonsflyt vil redusere ikke-verdiskapende aktiviteter.

### **Øker fokus på hele prosessen**

En samhandlingstjeneste vil muliggjøre at informasjon fanges opp, videreformidles og kan gjenbrukes til å ta strategiske beslutninger om det videre planlagte aktivitetsforløpet. Ved hjelp av en samhandlingstjeneste som inkluderer produksjonskritisk informasjon fra flere avdelinger eller aktører, vil det muliggjøre en helhetlig forståelse av prosessen.

### **Transparente løsninger**

Ved å registrere støpeinformasjon i digitale systemer tilrettelegger det for videreformidling. Et slikt transparent system vil kunne nå ut til de aktører som ikke selv deltar aktivt prosessen, men de som har mulighet til påvirke eller blir påvirket av en betongstøp. Dette kan være annet fagpersonell som oppholder seg på byggeplassen. Denne kan formidles gjennom flere kanaler. Studiens forslag beskriver en løsning som visualiserer informasjon. Videre vil datafangsten muliggjøre en visualisering av informasjon gjennom oppdaterte støpeplaner, riggplaner (for å illustrere materialflyter). Relevant data kan fanges og spres gjennom transparente løsninger.

### **Reduserer variabilitet**

Arbeidsressurser som tidligere har vært benyttet til videreformidling av informasjon vil kunne reduseres. Dette vil utgjøre en reduksjon i usikkerhet relatert til bruk av arbeidsressurser rundt kommunikasjon. Standardiserte systemer for informasjonsflyt vil totalt bidra til å redusere variabilitet.

### **Kontinuerlige forbedringer og benchmarking**

Ved å samle opp informasjon om spesifikke hendelseforløp i et samhandlingssystem, vil dette videre kunne lagres og analyseres i en lagringsplattform på sikt. Sanntidsdatafangst og systematisering muliggjør benchmarking, samt kontinuierlig forbedring.

#### **7.6.2 Effekt av lagringsplattform**

På lik linje med en samhandlingstjeneste, vil effekten av en lagringsplattform avgjøres av hvilken datafangst som foretas og om den er nyttig for ettertida. Dersom en lagringsplattform evner å håndtere ustrukturerte datastrømmer vil dette åpne store muligheter for bedriften. Særlig for andre avdelinger som er avhengig av dokumentasjon av utført arbeid er det aktuelt å ha informasjonen lett tilgjengelig.

### **Øk produktets verdi gjennom systematisk gjennomgang av kundens krav**

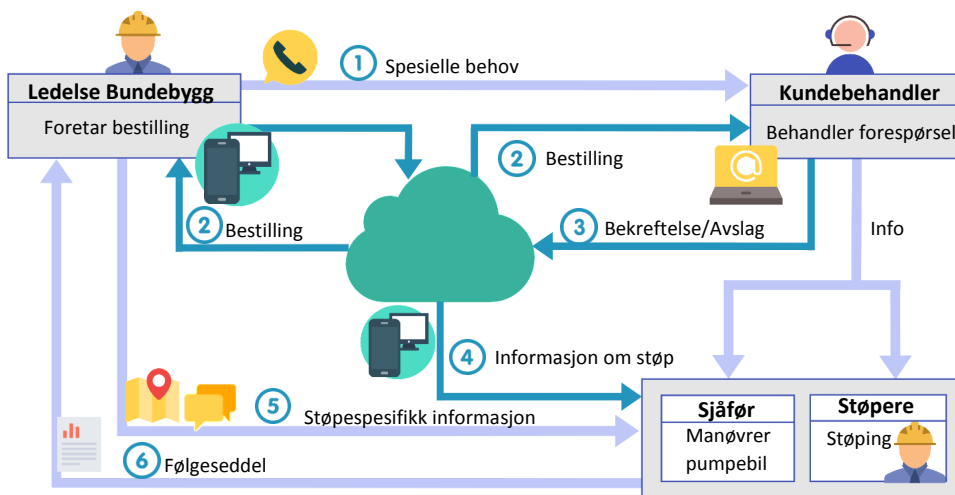
Som nevnt i Kapittel 4.1 kan de neste aktivitetene karakteriseres som aktuelle kunder å tilfredsstillere. Ved å tilrettelegge for stabile og lett tilgjengelige lagringsmuligheter vil håndtering av faktura og dokumentasjon kunne gjøres basert på harde data plukket opp i produksjonen, fremfor synsing. Eksemplifisert vil dette bety at egen loggføring av betongbilers ankomst kan bekrefte/avkrefte om fakturert ventetid faktisk stemmer overens med bestillinger og faktiske leveranser. Datafangsten og formidling av relevant informasjon muliggjør at kundens krav eller behov blir møtt.

### **Kontinuerlige forbedringer og benchmarking**

Som presisert i Kapittel 7.6.1 må informasjon lagres for å kunne utnyttes i ettertid. En lagringsplattform kan muliggjøre utnyttelse av produksjonsrelatert data. Datasett fra ulike tidsperioder kan eksempelvis sammenlignes for å kunne finne styrker og svakheter ved innad i prosjektet. Informasjon om produktivitet, årsak til forsinkelser, antall feil eller antall endringer i bestillinger, kan sammenlignes med interne trender, eller med prestasjoner i andre prosjekter. Ved å følge produksjonstrender basert på denne informasjonen, kan det muliggjøre kontinuerlige forbedringer av disse prosessene, samt benchmarking.

### **7.6.3 Informasjonsflyt med pumpeleverandør**

For å illustrere effekten av Forslag A på den daglige informasjonsflyten, kan den anvendes på de ulike informasjonsflytene som først ble introdusert i Kapittel 5.1. Effekten dette vil gi mellom pumpeleverandør og prosjektledelse er presentert i Figur 7.5. Der vil bestillingsinformasjon gå via en samhandlingstjeneste og videreformidles til pumpeleverandør i ønskelig format (her: e-post). Ytterligere spesifikasjoner som er knyttet til denne støpen (f.eks. fra spesifikasjoner av betongbestilling) kan også inngå. Dette er tiltak som er gjort for å muliggjøre datafangst. Datafangst vil dermed foregå gjennom samhandlingstjenesten, her illustrert som en sky, som kan tilrettelegge for gjenbruk. Dette vil si at støpespesifikasjoner opprettes én og bare én gang, og informasjonsendringer bygger på allerede registrert informasjon. Skjer det endringer i eksempelvis tid, sted, volum eller lignende kan denne gjøres gjennom tjenesten og vil samtidig videreformidles i sanntid. Dette vil føre til at støpemannskap fra pumpeleverandør kan hente ut informasjon om lokasjon, samt andre spesifikasjoner som kan være av nytteverdi. Effekter knyttet til datafangst av bestillinger gjennom en samhandlingstjeneste vil mer konkret innebære følgende prosessforbedringer:



Endringer	Effekt
<p>① Informasjonsflyt kan foregå via telefon ved spesielle behov</p>	<p>③ Bekreftelse av en bestilling fra underleverandør vil forekomme etter endring da endringer også blir foretatt gjennom samhandlingsverktøy</p>
<p>② Bestillingsinformasjon blir lagret i en samhandlingstjeneste samtidig som en bestilling blir foretatt</p>	<p>④ Støpemannskap og pumpebilsjåfør kan hente ut informasjon om lokasjon</p>
<p>② Bestilling vil foregå gjennom samhandlingsverktøy</p>	<p>Alle av interesse kan få oversikt over hva som er bestilt; arbeidsressurser, pumpens rekkevidde.</p>

Figur 7.5: Informasjonsflyt 5 - Forslag A

### Øker fokus på hele prosessen

Ved å fokusere på hvilke fordeler den neste aktøren kan ha ved bestillingsinformasjon, vil det føre til at prosessen blir sett på som en helhet, fremfor et sett av adskilte aktiviteter. Dermed kan løsningen lede til økt fokus på kontroll av fullstendig prosess.

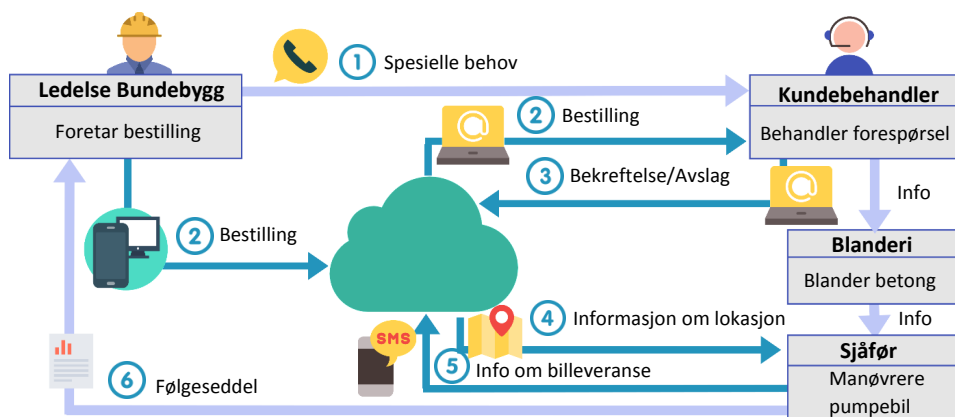
### Forenkler gjennom å minimere antall steg, deler og koblinger

Ved å ta i bruk gitte datakilder og en samhandlingstjeneste vil støpemannskap og pumpebilsjåfør hente ut informasjon om presis støpelokasjon som vil redusere antall informasjonskoblinger som blir foretatt før hver støp.

Effektene fra lagringsplattform og samhandlingstjeneste vil også influere denne informasjonsflyten.

### 7.6.4 Informasjonsflyt med betongleverandør

I Kapittel 5.1.5 ble repeterende informasjonsflyt mellom prosjektledelsen og betongleverandør presentert.



Endringer	Effekt
<p>① Informasjonsflyt kan foregå via telefon ved spesielle behov</p>	<p>③ Bekreftelse av en bestilling fra underleverandør vil forekomme etter endring da endringer også blir foretatt gjennom samhandlingsverktøy</p>
<p>② Bestillingsinformasjon blir lagret i en samhandlingstjeneste samtidig som en bestilling blir foretatt</p>	<p>④ Spørsmål om lokasjon via telefon vil ikke være nødvendig da informasjonen er tilgjengelig</p>
<p>② Endringer av bestillinger blir lagret i en samhandlingstjeneste samtidig som en endring av bestilling blir foretatt</p>	<p>Alle av interesse har oversikt over betongspesifikk informasjon en uke frem i tid; Dato, tidspunkt, lokasjon, mengde, betongkvalitet og ansvarlig.</p>

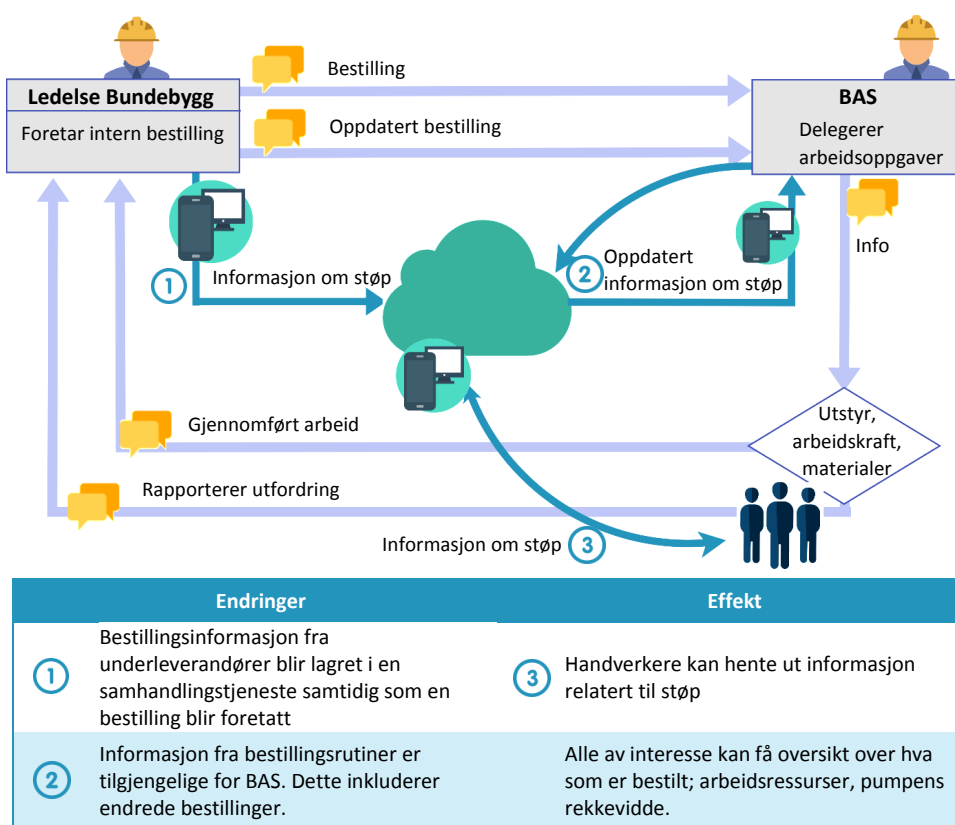
Figur 7.6: Informasjonsflyt 6 - Forslag A

For å illustrere hvordan det nye forslaget vil påvirke denne flyten er Figur 7.6 utarbeidet. Denne løsningen baserer seg på datafangst av bestillingsinformasjon gjennom en samhandlingstjeneste. Derfor er disse endringene meget lik endringene i informasjonsflyten presentert for pumpeleverandør i forrige avsnitt (Kapittel 7.6.3). Prinsippet om samhandlingstjenester er nemlig generell og vil gi samme effekter. Imidlertid er potensialet ansett som større da informasjonen kan brukes for de støpene som ikke krever pumperessursene.

Effektene som kan knyttes til datafangst av bestillinger gjennom en samhandlingstjeneste ble beskrevet i forrige avsnitt, og vil være gjeldende også her (se Kapittel 7.6.3). I tillegg vil effektene fra lagringsplattform og samhandlingstjeneste være gjeldende i denne informasjonsflyten.

### 7.6.5 Informasjonsflyt med armering- og forskalingslag

Endringene det nye forslaget vil bære med seg er illustrert i Figur 7.7.



Figur 7.7: Informasjonsflyt 1/2 - Forslag A

Informasjonsflyt økes i hyppighet, uten at det må gå utover prosjektledelsen ved at informasjonen er tilgjengelig. Fremdriftsmålingen foretatt av håndverkere eller basen kan registreres direkte inn i samhandlingstjenesten. Forslaget vil gi flere effekter:

### Øker fokus på hele prosessen

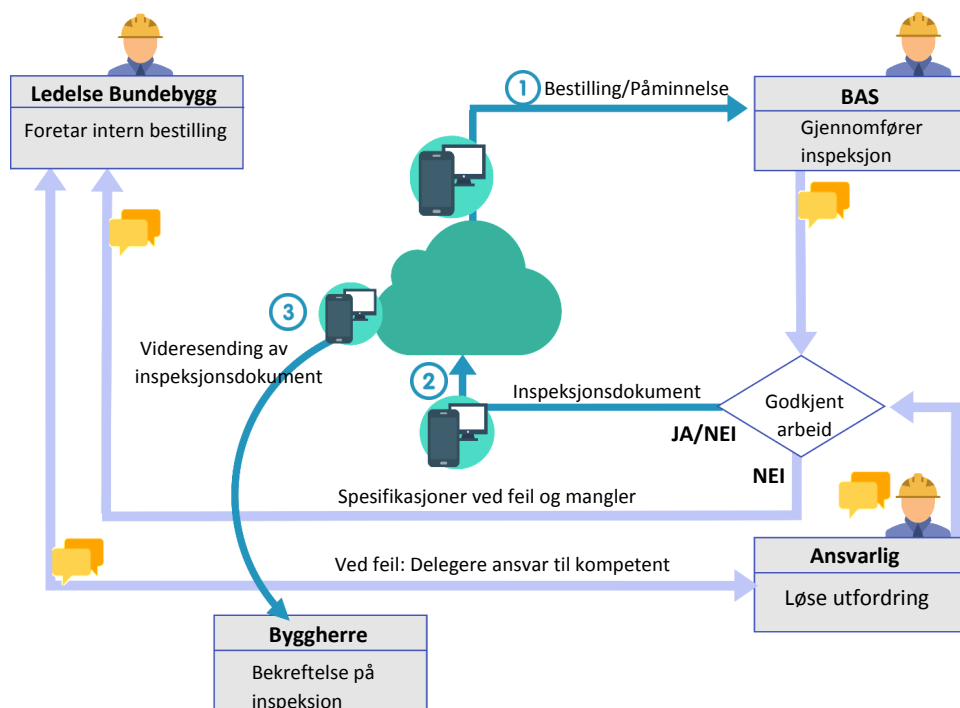
Det er observert et gjentakende behov for informasjon om pågående aktiviteter relatert til støp. Dette behovet melder fra seg involverte aktører med overordnet ansvar og for aktører som er involvert i påfølgende aktiviteter. Ved å foreta en tettere fremdriftsmåling, enten via harde mål fra GPS-målinger eller innrapportering gjennom sjekklister, vil en hyppigere informasjonsflyt genereres. Jevnlig datafangst av ulike deler av produksjonen vil bidra til å øke fokus på hele prosessen.

Informasjonsflyten vil også kunne effektivisere ved å få **kontroll på helheten av prosessen** ved å systematisere alle inspeksjonsdokumenter, gjenbruke informasjonen for å se gjentakende feil og mangler på tvers av fagdisiplin og arbeidslag. Videre har bedriftens muligheten til å forbedre sin egen produksjon ved hjelp av **Kontinuerlig forbedring** eller **Benchmarking** av resultater funnet i inspeksjonsdokumentet. Effektene fra lagringsplattform og samhandlingstjeneste vil også influere denne informasjonsflyten.

#### 7.6.6 Informasjonsflyt - Inspeksjon

Dagens informasjonsflyt rundt inspeksjoner og utførelse av sjekklister ble vist i Figur 5.1.2. Inspeksjoner er ment for å kvalitetssikre og avdekke eventuelle feil og mangler i produksjonen. Hvis avvik oppdages medfører det at en kompetent person må løse utfordringene. Den underliggende årsaken til dette arbeidet er altså ikke tilknyttet selve informasjonsflyten rundt sjekklister, men at arbeidet ikke har blitt utført riktig første gang. Det er imidlertid identifisert et potensiale i å øke grad av strømlinjeformet praksis av kvalitetsarbeid. Dette betyr at det har vært observert en uklar ansvarsfordeling, ujevn utførelse og lagring av sjekklister, som igjen fører til ikke-verdiskapende arbeid. Tilstanden har den senere tid blitt forbedret, men forfatterne ser likevel potensiale ved å anvende sanntidsdatafangst og samhandlingstjeneste på også denne informasjonsflyten.

Derfor har samhandlingstjeneste blitt anvendt med mål om å konsolidere aktiviteter, samt sørge for at jobben blir utført til riktig tid, på minst mulig tid. Det gir flere effekter.



Endringer	Effekt
① Samhandlingstjeneste innehar informasjon om når inspeksjon relatert til støp må være utført	Ledelse kan få varsling og inspeksjon ikke er foretatt i tide
② Inspeksjonsdokument genereres og lastes direkte opp i samhandlingstjeneste	Alle av interesse kan få oversikt over hvilke inspeksjoner som er foretatt.
③ Inspeksjonsdokument genereres og sendes til byggherre i sanntid	Byggherre har god kontroll på gjennomførte inspeksjoner

Figur 7.8: Informasjonsflyt 3 - Forslag A

### Reduser andelen ikke-verdiskapende aktiviteter

Når inspeksjonen er gjennomført blir informasjonen videreformidlet i sanntid til alle som har interesse av den. Reduksjon av menneskelige ressurser tilknyttet informasjonsflyt vil være en reduksjon i ikke-verdiskapende aktiviteter.



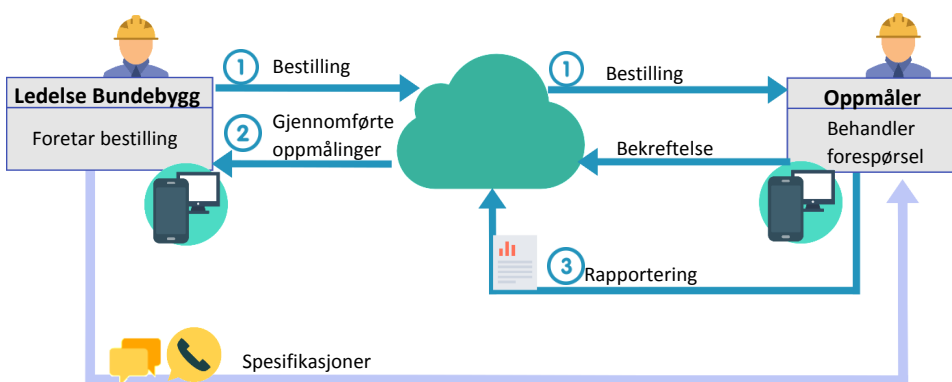
## Transparente løsninger

Som beskrevet i foregående avsnitt 7.6.6 kan inspeksjonsdokument tilgjengeliggjøres i samhandlingstjenesten. Dermed blir aktiviteten i seg selv mer synlig for prosjekt-deltakere.

Effektene fra lagringsplattform og samhandlingstjeneste vil også influere denne informasjonsflyten.

### 7.6.7 Informasjonsflyt med måleingeniør

Effekten av datafangst av bestillinger og hyppig fremdriftsrapportering fra byggepropa vil gi effekter for måleingeniøren.



Endringer	Effekt
① Bestillingsforespørsel blir foretatt i en samhandlingstjeneste, der informasjonen blir lagret og videreformidlet	Oppmålingsingeniør kan hente ut informasjon relatert til kritiske støpetidspunkter
② Informasjon om gjennomførte oppmålinger relatert til støp kan hentes ut.	Om nødvendig oppmåling ikke er foretatt kan ledelse få varsling
③ Rapportering blir foretatt rett i samhandlingstjeneste.	Alle av interesse kan få oversikt over hva hvilke oppmålinger som er foretatt

Figur 7.9: Informasjonsflyt 4 - Forslag A

Konkret planlagt informasjon med nødvendige spesifikasjoner vil være tilgjengeliggjort. Dersom bestillinger av oppmåling skjer via digital plattform, kan den informere andre involverte aktører. Samtidsdatafangst av forespørsler vil opplyse andre bestil-

lere om kapasiteten til oppmålingsingeniøren. I tillegg vil oppmåler på en enkel måte bekrefte om oppdraget er fullført.

### Reduser syklustid

Støping er avhengig av oppmåling, og det har hendt at mangel på oppmåling fører til ventetid for støpemannskapet. Ved hjelp av informasjonssystemer om planlagt støp og transparente løsninger, kan ventetid redusere, og dermed også syklustid. Andre hendelser med andre aktører som fører til ventetid vil også influere syklustid, for eksempel feilproduksjon eller mangelfull koordinering.

Flyten vil kunne bidra med **transparente løsninger** og **økt fokus på hele prosessen** på lik linje med løsningen presentert i Kapittel 7.6.1 og 7.6.3. Øvrige effekter fra samhandlingstjenesten og lagringsplattform vil gjelde også her.

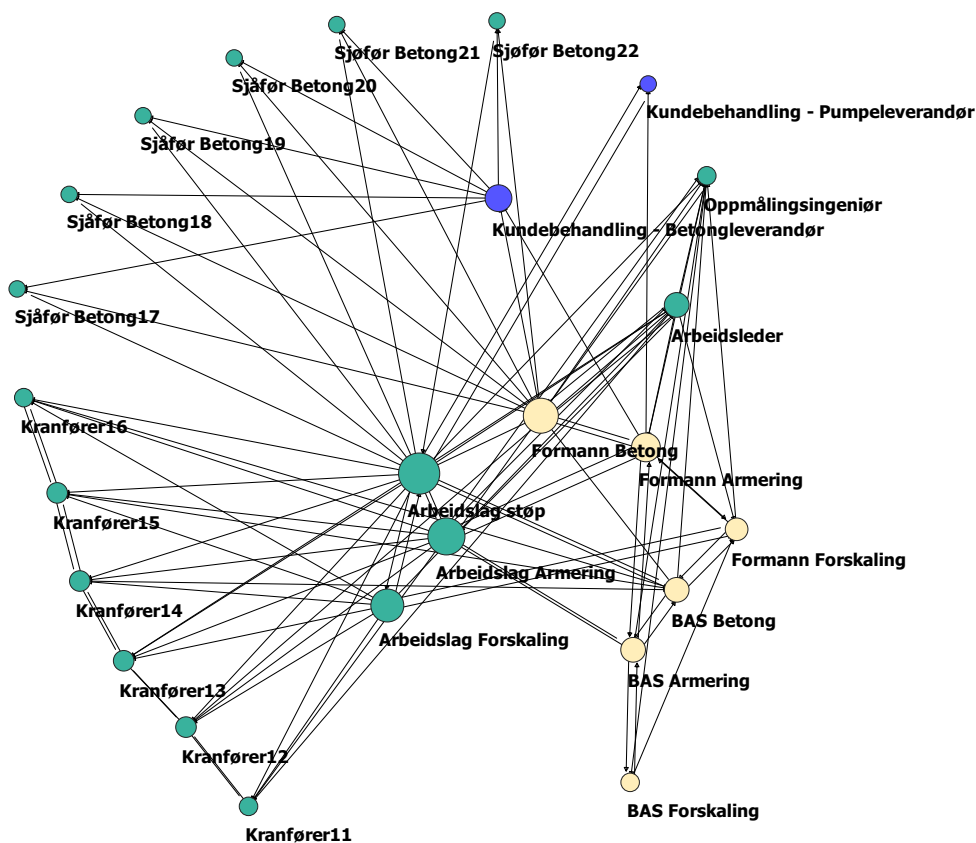
Det er dermed observert at foreslåtte datakilder, sammen med samhandlingstjenester og en lagringsplattform, vil kunne gi positive effekter på de ulike informasjonsflytene. Noe av effektene er at grad av transparens kan øke, variabilitet kan synke og løsningen muliggjør en helhetlig forståelse av betongproduksjonen. Det anses som utfordrende å kvantifisere samtlige av disse effektene, da tiltak vil gi ringvirkninger til store deler av produksjonen og i varierende grad. I tillegg er det foretatt en ustrukturert datainnsamling, som har resultert i at samtlige aspekter hos aktører og aktiviteter ikke er blitt belyst. Likevel har forenklede modeller av repeterende informasjonsflyt blitt presentert gjennom dataflytdiagrammene. Dermed kan denne delen antas å inneholde stabile mønster av interaksjoner over tid. Dette vil åpne muligheter for å kvantifisere effektene av foreslåtte tiltak.

### 7.6.8 Effekter av foreslått informasjonsnettverk

Ved å sammenstille hovedtrekkene av disse informasjonsflytene i en og samme modell, vil en helhetlig effekt kunne identifiseres. For å studere hvordan informasjon vil overføres mellom ulike roller i ett aktivitetsforløp, kan en sosial netteverskanalyse anvendes[32]. Mer konkret kan en slik analyse bidra med å identifisere informasjonsflyter som eksisterer, samt muliggjøre endringer i for å forbedre levering av informasjon[32]. Analysen har imidlertid følgende avgrensninger:

1. Tidsperspektivet er avgrenset fra betongbestillinger foretas til betongstøping er gjennomført.
2. Daglig kommunikasjon i byggegropa av ikke-repeterende art er ekskludert (eksempelvis sporadiske diskusjoner og avklaringer).
3. Involverte aktører er avgrenset til de som bidrar med verdiskapning, materialflyt og informasjonsflyt.

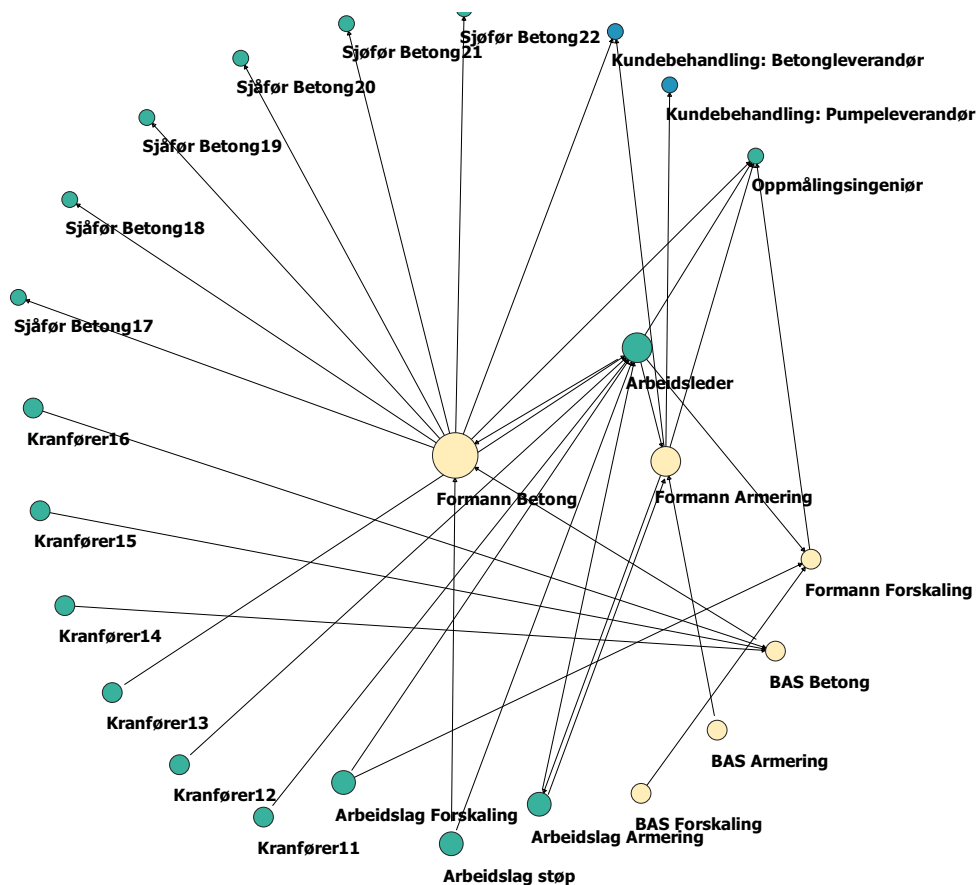
Figur 7.10 er dermed en forenklet fremstilling av informasjonsnettverket i betongproduksjonen. Dette viser dagens praksis og er ønskelig å illustrere for å muliggjøre en sammenligning med foreslåtte tiltak. Figuren viser en rekke noder som presenterer ulike roller i produksjonen, og koblingene mellom nodene illustrerer repeterende interaksjoner. For eksempel vil sjåføren for betongbilen hente informasjon fra bestillingssystemet deres, her navnsatt som 'kundebehandling', samt kommunisere med betongformann på byggeplassen eller med arbeidslaget som utfører støpen. Dette karakteriseres som stabile mønster. Imidlertid vil arbeidslaget bestå av flere personer som vil variere mellom ulike støpinger.



Figur 7.10: Informasjonsnettverk

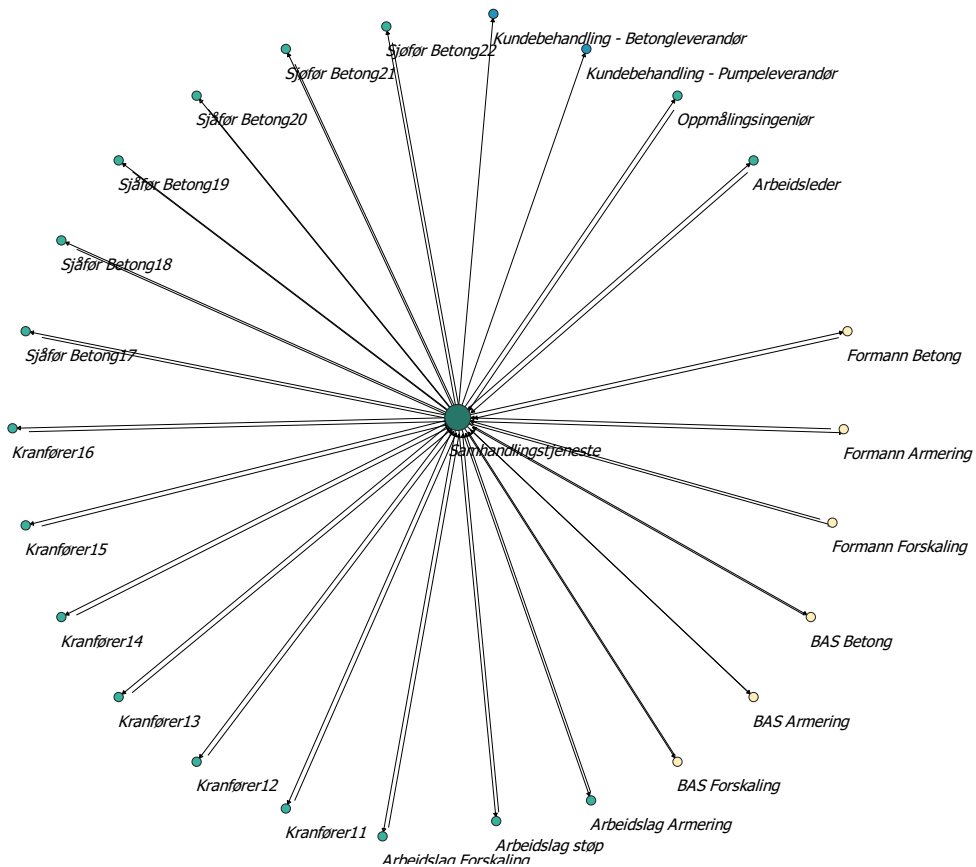
Selv om denne modellen er meget forenklet, observeres det likevel 102 koblinger mellom disse 25 nodene. De mest sentrale aktørene i nettverket er arbeidslaget for støp og armering, og betongformann med henholdsvis 25, 25 og 14 koblinger til andre aktører. Størrelsen på nodene avgjøres av 'degree centrality' og er beskrevet i Kapittel 4.2.4. Figuren inkluderer imidlertid visse koblinger som av praktiske årsaker

må forbli slik de er. Eksempelvis er dette daglig kommunikasjon på byggeplassen, hvor linkene er repeterende men *innholdet i informasjonen varierer*. Det kan også være kommunikasjon som trenger raskere avklaring, eller utfordringer og spørsmål som er vanskelig å formulere raskt i tekstform, samt diskusjoner. Rent konkret kan dette være korte avklaringer via walkietalkie mellom kranførere, intern kommunikasjon hos underleverandører, eller intern planlegging i prosjektledelse. Dette er oppsummert kommunikasjon som oppfattes som overflødig å erstatte med foreslått tiltak (Forslag A), da kommunikasjonen krever fleksibilitet og rask, muntlig dialog. Ved å fjerne disse koblingene i nettverket gjenstår dermed repeterende informasjonslinker med *standardisert informasjon*. Dermed får figuren en ny forenklet form og er presentert i Figur 7.11.



Figur 7.11: Informasjonsnettverk ekskludert nødvendig diskusjon og dialog

Ved å eliminere disse informasjonslinkene som bør forbli slik de er, viser nettverket nå 34 koblinger mellom de samme 25 nodene. Disse representerer de mer stabile interaksjonene over tid. Det er derfor aktuelt å avdekke effektene av forbedringsforslaget som ble presentert i Kapittel 7.5. Forslag A bygger som sagt på forslagrammen presentert i Kapittel 7.4.2, som forutsetter funksjonalitetene fra en samhandlingstjeneste, samt en tilfredsstillende lagringsplattform. Forslag A benytter seg av bestillingsdokument som datakilde for planlagte aktiviteter og smarttelefon som datakilde og videreformidler av både pågående og planlagt arbeid. Hvis forslaget inkluderes i informasjonsnettverket vil det gi følgende resultat(Figur 7.12):



Figur 7.12: Informasjonsnettverk etter implementering av forslag A

Det nye forslaget beskriver at standardisert gjentakende informasjon som er observert på byggeplassen potensielt sett kan gå via en samhandlingstjeneste. Hver aktør er tilknyttet samhandlingstjenesten med to koblinger. Dette betyr i praksis at alle aktører både kan motta og sende informasjon gjennom samhandlingstjenesten.

Derfor vil antall interaksjoner (eller koblinger) ha økt fra 32 til 48, dette til tross for at hver aktør nå kun forholder seg til én annen node (samhandlingstjenesten, som fungerer både som sender og mottaker av informasjon). *Kilden* til informasjon vil imidlertid kunne variere. Det kan være oppmålingsingeniøren som ønsker å formidle informasjon til armeringsbasen. Figuren viser da at veien fra oppmålingsingeniør til armeringsbasen vil gå via en samhandlingstjeneste. Dette vil bety at samhandlingstjenesten fungerer som informasjonsbærer. Ved å se på den generelle symmetrien i figuren vil den fungere som en informasjonsbærer for all annen kommunikasjon også.

### Reduksjon i antall linker, steg og koblinger

Antall informasjonsbærere viser seg å avgjøre effektiviteten i et nettverk. Som nevnt i Kapittel 4.2.4 kan effektiviteten av et nettverk defineres som 'hvor enkelt aktører kan få adgang til informasjon, kunnskap og status'. Hvor enkelt de kan få adgang vil avgjøres av hvor mange aktører de må gjennom, med andre ord antall informasjonsbærere. Dette kan måles ved å regne gjennomsnittlig distanse fra informasjonskilde til mottaker, for eksempel fra aktør A til aktør B. Den opprinnelige informasjonsflyten i Figur 7.11 viste seg å reise en gjennomsnittlig distanse på 2,4 koblinger. Ved å tilgjengeliggjøre informasjon om planlagte aktiviteter og fremdriftsstatus via en samhandlingstjeneste, ble imidlertid den gjennomsnittlige distansen redusert til 2. Det vil si at informasjonen ville gå direkte fra datakilden (aktør A), via samhandlingstjeneste (en node) og til mottakeren, i *alle* tilfeller. Dette vil gi en effektivisering på nærmere 17 %. Dette resultatet vil imidlertid være noe misvisende, siden samhandlingstjeneste utgjør en node alene, men ikke er en reell aktør, og vil muligjøre automatisk formidling av informasjon i sanntid. I praksis ville derfor en beskjed gitt via samhandlingstjenesten ikke nødvendigvis gi en lengre distanse enn direkte kontakt mellom to aktører. Dette betyr at gjennomsnittlig distanse optimalt sett kan sies å bli redusert til 1, som vil gi en effektivitet på hele 40%. Imidlertid vil en samhandlingstjeneste føre med seg noe upålitelighet (manglende nettforsbindelse, bug i systemet etc). Dermed er effektivitet ventet å være noe lavere enn 40%, men høyere enn 17%. Disse tallene er imidlertid basert på effektivisering av det forenklete kommunikasjonsnettverket, og vil dermed ikke være et representativt resultat for kommunikasjonsnettverket som helhet. Forslag A viser likevel at det er et potensiale for effektivisering for de repeterende interaksjonene i nettverket som inneholder standardisert informasjon. Det er antatt at tiltaket også vil gi effekter utover denne forenklete rammen, eksempelvis økonomiavdeling, kvalitetsledelse og øvrige prosjektdeltakere.

### Reduksjon i informasjonsbærere

Selv om nettverksanalysen har gitt et kvantitativt mål på effektivitet, vil imidlertid forslaget ha flere effekter. For eksempel vil forslaget eliminere informasjonsbærere

som ikke tilfører informasjonen verdi. Nettverksanalysen viste at betongformannen og arbeidslederen samlet opprinnelig stod for 30% av informasjonsformidlingen fra en aktør til en annen. Dette betyr i praksis at hele betongproduksjonen ville blitt sårbare hvis disse personene på et tidspunkt var utilgjengelige. De indikerte effektene av forslag A vil imidlertid eliminere disse som informasjonsbærere av standardisert, repeterende informasjon.

Analysen fremhever også hvilke aktører som sender ut informasjon til flest aktører. Rent grafisk vil aktører som sender ut informasjon til flest aktører plasseres nærmere senter av nettverket. Figur 7.11 vil identifisere at de aktørene nærmeste senter av nettverket er betongformannen og arbeidslederen. Disse aktørene vil med andre ord ha stor innflytelse og vil stå for hele 50% for informasjonsspredningen (men vil nå settes til 0). Det betyr i praksis at de under dagens praksis er tilknyttet flest noder. Dette kan indikere at disse to personene sitter på mye informasjon som er av interesse for aktører. I et datafangstperspektiv ville disse aktørene dermed være interessant å følge over tid. Det er tidligere identifisert at betongformannen genererer bestillingsinformasjon av betong. Dette er produksjonskritisk informasjon som i feltstudien viste seg å være informasjon av høy interesse for mange andre. Dette bekrefter behovet for å sikre informasjonsspredning.

Når det gjelder arbeidslederens rolle vil han fungere som kontaktperson til arbeidslagene ute på byggeplassen. Ettlensom mange av håndverkere er av utenlandsk opprinnelse er det identifisert språkutfordringer mellom de og prosjektledelsen. Arbeidslederen fungerer derfor som informasjonskanal da han behersker begge språkene. Dette forklarer hans høye innflytelse i nettverket. Ved at han gjør informasjonen forståelig for arbeidere av utenlandsk opprinnelse, vil han også tilføre verdi som informasjonsbærer. Hvis en samhandlingstjeneste skal redusere arbeidslederens innflytelse på produksjonen, betyr det med andre ord at samhandlingstjenesten vil behøve en slags oversettelse av informasjon. Dermed bør en samhandlingstjeneste også ha mest mulig intuitivt og transparent utforming, slik at informasjon når ut og forstås av folk uavhengig av språkferdigheter.

### 7.6.9 Mulige hinder for utnyttelse

For å muliggjøre en utnyttelse av datakildene må det tilrettelegges for dette, men alt er imidlertid ikke opp til casebedriften selv. Det er som nevnt teknologiske forutsetninger, i tillegg til at bedriftskultur og ledelse vil påvirke grad av suksess ved implementering av nye løsninger. I tillegg er eierskap og tilgjengelighet til data et sentralt tema. Dersom datakildene ikke er tilgjengelig, vil de ikke ha noen verdi. Nye systemer vil i en viss grad kunne påvirke eller bli påvirket av leverandører eller innleide, selv om denne studien har forsøkt å utvikle forslag som vil være levedyktig med entreprenør som eneste bruker. Ordrebekreftelse på justerte bestillinger blir kun tilgjengeliggjort fra

betongleverandør på forespørsel. Dersom oppdaterte ordrebekreftelser skal benyttes hyppig, er det dermed essensielt at betongleverandørene er villig til å praktisere dette. I tillegg bør brukergrensesnittet tilfredsstillende de krav som stilles i disse forslagene, og dermed blir det en forutsetning at samhandlingstjenesten er kompatibel med smarttelefonene. I tillegg vil involverte aktører måtte bære en smarttelefon for å få tilgang på informasjon, samt få mulighet til å rapportere selv. Selv om dette er krav som skal til for at forslaget skal være realiserbart og nyttig, er det imidlertid fokusert på å utvikle de forslagene som vil være mest nærliggende dagens praksis.

### 7.6.10 Muligheter på sikt

Det er viktig å påpeke at økt utnyttelse av smarttelefonen, samt bruk av annen datafangst vil kunne gi større bruksmuligheter og gevinster. Det er likevel gjort et poeng i å fremheve forenklede forslag for å illustrere effektene av de mindre avanserte tiltakene. I tillegg begrunnes det i mangel på digitale forutsetninger for å realisere mer avanserte løsninger. Det er allerede nevnt at det er opplevd et gap mellom vitenskapelige funn og byggeprosjekters forutsetninger for å realisere disse. Grad av digital integrasjon i caseprosjektet reduserer mulighetene for å kunne utnytte datafangst langs hele verdikjeden, og særlig underveis i produksjonen. Kvaliteten på digitale systemer er ventet å øke, og ansatte ventes å integrere IT-løsninger i økende grad i deres arbeidshverdag. Dermed kan det på sikt være realistisk å kunne illustrere et utvidet forslag til løsning: Forslag B.

## 7.7 Forslag B og forventede effekter

Forslag B vil være en utvidelse av forslag A. Dette betyr at forslagsrammen er satt, samt at bestillinger og smarttelefon benyttes som datakilder og videreformidlere av datafangst. Forslag A hadde som mål å møte mange behov og behov med høy prioritet, men den foreslåtte løsningen har sine mangler. Forslag A inkluderte fremdriftsrapporteringer direkte fra byggeprosa, men dette vil kreve menneskelig involvering. Kort fortalt vil menneskelig involvering stjele ressursbruk, samt redusere påliteligheten av datafangsten. Ved å se nærmere på de generelle behovene i Figur 7.2, fra q til u, ser det ut til at informasjon fra betongbilen, både leveringsstatistikk og følgeseddel, kan møte over halvparten av disse behovene. Denne informasjonen vil genereres mens betongbilen er på byggeplassen, og kan dermed ha potensiale til å måle fremdrift.

Synliggjøring av prosesser har vært et fokusområde i denne studien, men forslag A presenterte ingen direkte transparens av byggeplassen. Dersom en støpeplan inkluderes, vil informasjonen knyttes til lokasjon og dermed transparere relevant informasjon til aktuelt sted.



For å oppnå et mer generalisert forslag er det ønskelig med en datakilde som kan beskrive generell aktivitet på byggeplassen. En datakilde som kvalifiserer til dette formålet er adgangskontroll. Den registrerer idag all flyt av materialer og arbeidskraft som skjer inn og ut av byggeområdet. Oppsummert inkluderer Forslag B følgende datafangst:

- Informasjon om planlagte aktiviteter: Bestillingsdokumenter og støpeplan
- Informasjon om pågående aktiviteter: Smarttelefoner, adgangskontroll og betongleveranser.

### 7.7.1 Muligheter

Hvis forslaget i tillegg knytter bestillinger og planlagt materialflyt til en slik støpeplan vil en større del av produksjonskritisk informasjon være samlet på et sted. Denne visualiseringen av byggeplassen kan videre knyttes til mer detaljert fremdrift og fremheve materialflyt i sanntid. Dette betyr at datastrømmene dermed kan transparere planlagte støper og annen informasjon, pågående støper, samt annen informasjon kan påvirke andre aktører på byggeplassen. Det vil muliggjøre en mer helhetlig prosessforståelse og kan dermed bidra til å ta bedre avgjørelser i fremtiden [37]. Mulige hinder kan identifiseres på et tidligere tidspunkt slik at feil kan unngås, og sløsing i produksjon kan avdekkes kontinuerlig.

Utnyttelse av slik datafangst kan muliggjøre fremdriftsmålinger underveis i en produksjon og ytterligere kvalitetssikring av underleverandører. Når datastrømmene skjer i sanntid vil pålitelighet og gyldighet av informasjonen øke, som vil øke bruksområdet for informasjonen. Informasjonen som er samlet inn gjennom datakildene og lagret i en lagringsplattform kan brukes til å sammenligne effektivitet og produktivitet fra en tid til en annen. Det kan bidra til å få øye på svakheter og styrker i produksjon og gjøre tiltak for å kontinuerlig forbedre produksjonen.

Dersom sanntidsregistrering av denne flyten realiseres, vil det muliggjøre en tettere fremdriftsmåling, samt mer konkret oppfølging av leverandører og personell. Kvalitetssikring av underleverandører vil her kunne innebære å følge opp fakturaer basert på fakta fremfor intuisjon, eller det kan være nødvendig med rask og presis tilbakemelding til betongleverandører dersom betongkvaliteten ikke holder mål. Det er som nevnt observert at betongkvaliteten ikke alltid stemmer med bestilling eller den kommer for seint, og til tider gis det tilbakemelding på dette via telefon eller mail. Det finnes imidlertid ikke systematisert dokumentasjon over hvordan kvaliteten er på hver støp, som igjen gjør det utfordrende å tallfeste hvor ofte kvaliteten ikke holder mål. Tilleggsvis vil fakturarelatert informasjon som eksempel ventetid ikke bli loggført i dagens systemer.

Slike datastrømmer er relevant for ettertiden. For eksempel benyttes idag leveransestatistikk fra betongleverandøren månedlig for å estimere overordna fremdrift hos casebedriften. Dersom dokumentasjon fra betongbilen knyttes til bestillinger og faktura, muliggjør det en direkte kobling mellom bestilt, faktisk leveranse, samt fakturaoppgjør. En mer kontinuerlig fremdriftsmåling vil muliggjøre en tettere oppfølging av betongleverandøren, og *prinsippene* vil muliggjøre tettere oppfølging av andre leverandører.

Etter hvert som kompleksiteten øker på en byggeplass, kan ulike aktører (eller entrepriser) registrere inn dagens planlagte drift. En slik visualisering er ventet å kunne ha gode positive effekter for strategisk planlegging på detaljnivå, samt ha potensiale til å sørge for raskere statusrapporter under produksjonsmøter.

Ytterligere anvendelser for betongleveranser, støpeplan og adgangskontroll er beskrevet i henholdsvis Kapittel 7.3.4, Kapittel 7.3.5 og Kapittel 7.3.3.

### 7.7.2 Eksempel på synliggjøring av prosess

For å illustrere en praktisk anvendelse av data fra adgangskontroll, støpeplan, samt en kontinuerlig datastrøm fra betongleverandør, er Figur 7.13 presentert. En støpeplan vil fungere som et underlag for å synliggjøre og transparere byggeplassen, og Figur 7.13 er bare ett eksempel på hvordan informasjonen kan fremstilles. Dette adgangsnivået av informasjon kan for eksempel plasseres ved adgangskontrollen for å informere innkommende trafikk. Den viser relevante støpespesifikasjoner fra bestillingsdokumentet nederst til høyre. I tillegg transpareres byggeplassen gjennom støpeplanen og aktuell kjørevei vises gjennom en stiplet rød linje. Informasjon fra underleverandør om tidligere leveranser er illustrert, men hovedpoenget er at betongbilen selv skal vite hvor materialflyten skal foregå. I tillegg kan andre aktører kunne se slik informasjon.

I praksis kan kartet i Figur 7.13 være en kombinasjon av en støpeplan og en riggplan. Dermed kan planlagt og pågående arbeid kunne transpareres. Disse transparente løsningene kan gi interessenter mulighet til å forstå prosessen, identifisere fokusområder og forstå egen rolle i prosessen [37]. En slik visualisering av byggeplassen vil kunne kommunisere på tvers av språkbarrierer, og gi prosjektdeltakere en grov oversikt over dagens aktiviteter med et øyekast.

### 7.7.3 Forventa effekter

#### Økt transparens

En støpeplan er en transparert versjon av byggeplassen i fugleperspektiv, og dersom denne suppleres med produksjonskritisk informasjon om planlagte aktiviteter, samt fremdrift, vil grad av transparens øke.



Figur 7.13: Illustrasjon av forslag B

### Helhetlig forståelse av prosessen

Informasjon om planlagte og pågående aktiviteter gjennom transparente løsninger kan også deles på lunsjrommet til håndverkere og prosjektledelse. Dette vil opplyse ansatte om aktivitet og status, samt kunne informere på tvers av språkbarrierer.

### Forenkle gjennom å minimere antall steg, deler og koblinger

Forslag B vil også bidra til å redusere antall informasjonskoblinger og derav redusere antall steg informasjonen må gjennom for å komme frem. Eksempel på dette er en sjåfør som kan få informasjon om støpelokasjon i stede for å kontakte ansvarlig for støp. Da vil systemet redusere tidsforbruk for å samle inn informasjon som allerede finnes i prosjektet. Et annet eksempel er håndverkere i lunsjrommet som både får relevant informasjon om planlagte aktiviteter i tillegg til oppdatert informasjon om fremdrift. Denne informasjonen sendes til mottaker uten at informasjonsflyten trenger å gå fra formann til bas, bas til arbeidsleder og videre fra arbeidsleder til håndverkere som ønsker informasjonen.

### Kontinuerlig forbedring

Jo mer data som blir innsamlet, desto større muligheter har bedriften til å ha detaljert kontroll over status om tid, kvalitet og kostnader i et prosjekt. Når bedriften har

kontroll over status i prosjektet, vil dette tilrettelegge for å innføre prinsipper om kontinuerlig forbedring.

Veiene for effektivisering som er nevnt i de foregående fire avsnittene vil sammen bidra til å **reducere andelen ikke-verdiskapende aktiviteter** for bedriften. Øvrige effekter fra Forslag A vil også gjelde her.

## 7.8 Styrker og svakheter med resultatene

Det er gjennom dette kapitlet presentert ulike forslag til prosessforbedring i case-prosjektet. Dette inkluderer metoder for datafangst som individuelle forslag, samt kombinasjoner av datafangst som kan gi effekter for flere deler av prosessen. Disse forslagene er imidlertid bygget på resultater fra egne observasjoner på en kvalitativ studie. Dette kan influere påliteligheten av informasjon og dermed true etterprøvbareheten av resultatene.

For å muliggjøre en modellering av resultatene har forenklinger av virkeligheten blitt gjort, og viktige aspekter kan derfor ha blitt oversett. Imidlertid bygger disse forenklingene på det forfatterne har observert som repeterende aktiviteter i betongproduksjonen, som videre styrker påliteligheten. I tillegg er det benyttet en triangulering fra kartleggingsmetodene, for å sikre at viktige perspektiv ble dekket. I dette tilfellet betyr det at flere kartleggingsmetoder har forsøkt å belyse informasjonsflyten gjennom ulike perspektiv, som styrker påliteligheten av resultatene. Perspektivene som ble ansett som viktigst i denne studien var informasjonsspektivet og deler av det organisatoriske perspektivet, da det var essensielt å avdekke struktur og forhold mellom informasjonskilder, samt hvem som var involvert. Det er gjennom studien fokusert på informasjonsflyten gjennom oppgaven. Forbedringspotensialene eller *behovene* som er identifisert, er hentet fra ulike aktører i ulike stillinger, samt forfatterne selv, som vil bidra til at validiteten har blitt styrket. Imidlertid er prioritene bygget på mulige konsekvenser tilknyttet dagens praksis som det vil være usikkerheter rundt. Disse prioritene vil forvente å variere med perspektiv og kan være utfordrende å tallfeste.

Én av forenklingene som er gjort er å fokusere på informasjonsflyten mellom prosjektledelse og aktør. Selv om dette kan redusere viktige aspekter fra interaksjonen mellom andre aktører, er det gjort for å fokusere mest på casebedriftens perspektiv. Gjennom prosessforbedringen har det vært en underliggende motivasjon å finne forbedringer som kan gjøres med liten eller lav grad av samarbeid fra underleverandører. Dette betyr at løsningene vil bli mer robuste ved at de blir mindre avhengig av eksterne faktorer, som igjen vil gjøre løsningen funksjonell for casebedriften, uavhengig av andre aktører.

I vurderingen av effekten til hver av disse forslagene er det tatt utgangspunkt

i Koskelas[39] 11 veier til prosessforbedring. Det er dermed påstått at dersom forslagene vil kunne bidra på en av disse 11 områdene, så vil de karakteriseres som effektiviserende. Dette forutsetter altså at det teoretiske grunnlaget har gyldighet som effektiviserende tiltak.

### 7.8.1 Er sanntidsdatafangst løsningen alene?

I prosessen mot identifisering av behov kan slutninger ha blitt gjort som ikke nødvendigvis er beste løsningen på problemet. Formålet med studien var imidlertid å studere hvordan sanntidsdatafangst som verktøy kunne kvalifisere som løsning. Selv om det teoretiske grunnlaget hevder at digitale løsninger kan styrke informasjonsflyt i en produksjon, vil imidlertid datatekniske løsninger ikke være det riktige valget for alle problem. Derfor ble informasjonsflyt som karakteriseres av varierende innhold og uklar struktur, for eksempel planlegging og diskusjoner, ekskludert i forslagsrammen.

I tillegg kan noen av forslagene som *er* presentert, ha alternative løsninger som ville egnet seg bedre. Dette kan for eksempel være forbedringer i planleggingsprosessene, endring i organisasjonsstruktur eller lignende. Det er observert et behov for å takle endringer i en produksjon, da endringer kan forplante seg i eventuelle ikke-verdiskapende aktiviteter. Imidlertid kan det være rotårsaker som bør angripes her. For eksempel har endringer vist seg å oppstå grunnet mangelfulle eller forsinkede tegningsleveranser.

Selv om det er en mulighet for at det finnes bedre løsninger på utfordringene er det likevel i denne studien identifisert at sanntidsdatafangst kan være et bidrag som effektiviserende tiltak. Det viser seg imidlertid at en maksimal utnyttelse av datafangst vil forutsette teknologiske løsninger som per i dag ikke eksisterer hos casebedriften. Dette betyr at investeringskostnaden av slike tiltak vil bli høyere. Slike tiltak handler imidlertid om å øke bruksmulighetene for informasjonen. Siden prosesser har vist seg å være avhengig av enkeltpersoner blir dermed bruksmulighetene i dag begrenset. Da blir det utfordrende å få tilgang på, samt spre relevant informasjon effektivt. En skreddersydd samhandlingstjeneste og lagringsplattform vil dermed kvalifisere som solide løsninger her, ved at kommunikasjonen gjøres uavhengig av tid og sted.

### 7.8.2 Generaliserbarhet

Slike forbedringer kan sannsynligvis anvendes på andre prosesser også, da flytaktiviteter rundt aktiviteter er noe mer generiske. Imidlertid bygger forslagene på resultater fra én casestudie, som reduserer generaliserbarheten. Informasjonsspredning, rapportering og oppfølging vil være aktuelt for flere typer prosesser i byggeprosjekter. For casebedriften er det dermed mulig å trekke ut prinsipper fra disse forslagene, og videre anvende disse på andre deler av produksjonen. Jo flere faser av prosjektet

som kan inkluderes, desto enklere kan det bli å sikre en helhetlig prosesskontroll. Alternativt kan prinsippene overføres til andre prosjekter.

# Kapittel 8

## Konklusjon

Informasjonsflyt er nødvendig for at en produksjon skal fungere, men er i seg selv ikke verdiskapende. Derfor bør ressurser benyttet på informasjonsflyt reduseres til et minimum. Hvis produksjonsrelatert informasjon fanges og spres umiddelbart, eller i sanntid, vil det kunne gi bedre forutsetninger for effektiv planlegging og gjennomføring av byggeprosjekter. George et al.[29] peker på at smart datafangst kan gi høy nytteverdi.

### 8.1 Sanntidsdatafangst som effektiviserende tiltak?

Med dette som utgangspunkt har forfatterne ønsket å teste hvorvidt sanntidsdatafangst kan effektivisere en betongproduksjon gjennom et utvalgt caseprosjekt. Studien har presentert en rekke forslag til datakilder som kan utnyttes i prosjektet. Hvorvidt disse kan effektivisere informasjonsflyt viser seg å avhenge av digitale systemer som kan systematisere og videreformidle informasjon raskt. Et system som fokuserer på effektivisering av kommunikasjon i sanntid er en samhandlingstjeneste. I tillegg vil lagring av større datastrømmer kreve solide lagringsplattformer. Det er ønskelig at all data er samlet på samme system for å muliggjøre enkel utveksling av data seg i mellom.

Med disse forutsetningene har data som kan fanges opp fra bestillingsdata, smarttelefon, adgangskontroll, betongleveranser og støpeplan potensiale til å effektivisere informasjonsflyten i caseprosjektet. Effektene er formulert gjennom Koskelas 11 veier til prosessforbedring.

#### 8.1.1 Forslag A

Det er først utarbeidet et forslag hvor bestillingsdata, smarttelefon, lagringsplattform og en samhandlingstjeneste kombineres. Med hovedfokus på å eliminere ikke-verdiskapende aktiviteter har datakildene blant annet potensial til å redusere informasjonsskinner og dobbeltarbeid. Dette er særlig knyttet til informasjonsspredning

av planlagte aktiviteter, samt dokumentasjon på utførte aktiviteter. Ved å gjenbruke informasjon i sanntid vil denne sanntidsdatafangsten også ha potensial til å redusere syklustid og feilproduksjon. I tillegg vil tiltaket kunne redusere koblinger, eksempelvis antall informasjonsbærere i prosjektet. Datafangst og informasjonsspredning av relevant informasjon kan bidra til å redusere variabilitet i produksjonen, og dermed en reduksjon i syklustid. Systematisk datafangst i ulike faser av produksjonen kan bidra til en helhetlig forståelse av prosessen, og lagring av denne informasjonen vil muliggjøre benchmarking. Relevant datafangst og spredning vil muliggjøre at ulike informasjonsbehov blir møtt og produktets verdi kan øke. Ved hjelp av en samhandlingstjeneste vil sanntidsdatafangst kunne muliggjøre transparente løsninger av betongproduksjonen i sanntid. Oppsummert vil samtlige av disse aspektene redusere ikke-verdiskapende prosesser. En forenklet modellering av dagens kommunikasjonsnettverk relatert til betongproduksjon, avdekker en kvantifiserbar effektiviserende virkning. Tiltaket kan også gi positive ringvirkninger til ekskluderte parter, eksempelvis økonomiavdeling, kvalitetsledelsen og øvrige prosjektdeltakere.

### 8.1.2 Forslag B

Da fremdriftsrapporteringer underveis er avhengig av menneskelig involvering, er det dog observert mangler med forslag A. Denne avhengigheten kan redusere informasjonens pålitelighet, samt medføre en innebygd tidsforsinkelse fra observasjonen skjer til den rapporteres. For å redusere menneskelig involvering bør dermed automatiserte løsninger utarbeides. En mer automatisert versjon av forslaget vil imidlertid kreve at byggeprosjekter blir mer datadrevne. Da kan mer avansert sanntidsdatafangst samles inn, systematiseres og utnyttes på flere områder. Det er for eksempel identifisert at adgangskontroll kan registrere all flyt av materialer og arbeidskraft som kommer og forlater byggeplassen. Kobles denne informasjonen opp mot planlagt aktivitet, vil en tettere oppfølging av underleverandører muliggjøres. Videre vil en automatisering av datafangst kunne spare arbeidsressurser, samtidig som sanntidsinformasjon kan bidra til å gi status om produktivitet og dermed indikere fremdrift.

Forslag B vil potensielt kunne minimere antall steg i en informasjonsflyt ved at informasjonen automatisk tilgjengeliggjøres gjennom en samhandlingstjeneste. Med kontinuerlig sporing av materialstrømmer inn og ut av byggeplassen vil det gi en ytterligere forståelse av helheten i produksjonen.

Effektene av Forslag A og Forslag B er vurdert gjennom en kvalitativ studie basert på ett casestudie, som kan svekke pålitelighet og generaliserbarhet. Resultatene bygger imidlertid på repeterende og høyfrekvente aktiviteter. I tillegg er informasjonsflyt flytaktiviteter er noe generisk av natur. Dette vil derfor øke generaliserbarhet og dermed anvendelse av funnene i andre deler av caseprosjektet eller andre prosjekter.



## 8.2 Videre arbeid

Det er gjennom studien identifisert flere fokusområder for videre forskning.

### Språkutfordringer

En gjentakende utfordring blant samtlige i prosjektorganisasjonen er språkforskjeller. Caseprosjektet består av innleide håndverkere hvor majoriteten er av østeuropeisk opprinnelse og hvor norsk- og engelskkunnskapene er mangelfulle. Dette er et direkte hinder i informasjonsflyten til de som utfører verdiskapende aktiviteter i byggeprosa. Denne utfordringen løses i dag med et utvalg arbeidsledere/baser/formenn med flerspråklige kunnskaper. Dette gjør imidlertid prosjektet sårbar ved personfravær, som i høyeste grad bør unngås. Sanntidsdatafangst med digitale systemer kan gi positive effekter ved at informasjonsflyten kompletteres med transparente systemer av produksjonskritisk art. Digitale løsninger anses, som tidligere nevnt, ikke som en tilstrekkelig løsning alene, men for de delene av informasjonsflyt som preges av å være repeterende og noe standardisert. Det er et behov for å tilrettelegge for diskusjoner og andre avklaringer mellom prosjektdeltakere. Forfatterne anser det som svært aktuelt hvordan disse språkutfordringene kan takles bedre.

### Oppfølging av tegningsleveranser

Det er gjennom studien forsøkt å finne sanntidsdataløsninger som kan effektivisere aktiviteter i en produksjon. Én aktuell måte å gjøre dette på er å gjøre en produksjon bedre rustet til å takle endringer underveis. Slike endringer hadde imidlertid flere underliggende årsaker. Én av de gjentakende årsakene var mangelfulle eller forsinkede tegningsleveranser. Siden tegningsunderlaget er en kritisk ressurs for både planlegging og gjennomføring av aktiviteter, vil små forsinkelser kunne gi store konsekvenser for entreprenøren. Dersom arbeid utføres på mangelfulle tegningsleveranser vil det øke sannsynligheten for ikke-verdiskapende aktiviteter. Dersom arbeid må utsettes kan det føre til store endringer i fremdriftsplanene, og jo tettere mot produksjonsstart dette skjer, jo større er sjansen for at produksjonen synker i effektivitet. Det er i den forbindelse identifisert et potensiale i å stille strengere krav til prosjekteringsansvarlige. Det er et behov for å følge opp leveranser med tanke på kvalitet og tid. Forsinkede tegningsleveranser gjør det utfordrende å strømlinjeforme en produksjon, da strømlinjeforming forutsetter visse satte planer.

### **Det er et potensial, men hvor stort er det?**

Denne studien har fokusert på hvordan sanntidsdatafangst kan effektivisere. Selv om resultatene viste at den kan effektivisere, bygger den imidlertid på én casestudie foretatt på ett byggeprosjekt, noe som svekker den umiddelbare muligheten for generalisering. Det er dermed aktuelt å se på flere prosjekter. Videre er det ønskelig

å kartlegge *hvor mye* ulike tiltak vil effektivisere. Effektivisering av et kommunikasjonsnettverk er tallfestet i denne studien, men i forenklet grad. Det er i tillegg ansett at andre aktiviteter innad i bedriften og prosjektet, samt andre aktører, kan forbedres med de samme datafangstene. Eksempelvis er det av interesse å avdekke hvor stor korrelasjonen er mellom arbeidstimer på byggeplass og reell fremdrift. En mer kvantitativ rettet studie bør være neste steg på veien innenfor forskningsområdet.

### **Hent inspirasjon fra andre industrier**

Denne studien bygger på et teoretisk grunnlag om sanntidsdatafangst i byggeprosjekter, og mer generelle litteratur om Big Data. Andre industrier ligger langt foran bygg-og anleggsbransjen på dette fagfeltet. Big Data plukker opp elektroniske spor som daglig produseres av mennesker og utstyr, og utnyttes til å ta beslutninger i sanntid, basert på data i sanntid. Selskaper plukker opp informasjon om potensielle kundebehov og kundespesifikasjoner, som resulterer i økt konkurransefortrinn. Prognoser om samfunnsutviklinger utarbeides, samtidig som at kunstig intelligens og Big Data utnyttes for å muliggjøre selvkjørende biler. Sanntidsinformasjon utnyttes for å informere kunder av kollektivtransport, og gir kontinuerlig tilbakemelding om ankomsttider og eventuelle forsinkelser. En slik sporing av transportflyt kan overføres til materialflyt på en byggeplass. Mulighetene er mange, og prinsipper som kan overføres til byggeprosjekter bør kontinuerlig vurderes.

## **8.3 Anbefalinger til Bundebygg som casebedrift**

Basert på observasjoner på Samlokaliseringsprosjektet på NMBU mener forfatterne at Bundebygg har potensiale til å redusere bruk av ressurser relatert til informasjonsflyt og dermed kunne effektivisere deres betongproduksjon. Det er presentert spesifikke forslag ved å kombinere ulike datakilder med digitale systemer, som gjennom studiens kartleggingsmetoder har vist vil gi positive effekter. Det er imidlertid usikkert om det er de beste løsningene for Bundebygg som bedrift.

Uavhengig av disse identifiserte forslagene er det et behov for forbedring i informasjonsflyten på byggeplassen. Mange ressurser er i sving ute på byggeplassen, og ettersom én aktivitet kan påvirke en annen, er solid informasjonsflyt mellom disse helt essensielt. Dersom informasjonsflyten er mangelfull og tidkrevende, vil dette ha uheldige konsekvenser for ressursutnyttelse, og dermed det verdiskapende arbeidet. En effektiv drift er en drift som sørger for optimal utnyttelse av ressursene. For å muliggjøre en forbedring *fortjener og trenger* en byggeplass effektive og solide løsninger for informasjonsflyt. Jo tidligere og tydeligere informasjonen oppstår og spres, desto større muligheter har prosjektdeltakerne for å ta strategiske valg. I tillegg vil nytteverdien øke jo større deler av prosessen som integreres i systemet. Det er dermed to gevinster tilknyttet forbedring av informasjonsflyt:

1. En forbedring i kvaliteten av informasjonsflyt kan gi positive ringvirkninger for produksjonen.
2. En effektivisering av informasjonsflyten vil bety en reduksjon av daglige ressurser brukt til dette formålet.

Ressurser benyttet på informasjonsflyt bør reduseres til et minimum, samtidig som at fokuset på en solid informasjonsflyt bør øke. Dagens praksis baserer seg i stor grad på menneskelige ressurser, som er kostbart over tid. Det er ikke dermed sagt at menneskelige ressurser bør erstattes, men de bør reduseres ved hjelp av digitale, smarte systemer som er skreddersydd effektiv informasjonsspredning, og gjenbruk i sanntid og på sikt. Bundebygg har imidlertid en mangel på digitale og teknologiske forutsetninger på produksjonsnivå. Disse forutsetningene anses som nødvendige for å gjøre effektive fremskritt i informasjonsflyten. Forfatterne har lav kjennskap til styringssystemene til Bundebygg, men antyder at en utvidelse av MyMetier til ytterligere detaljert produksjonskontroll, kan være et mulig sted å begynne.

Ved å benytte seg av prinsippene i denne studien, håper forfatterne at ansatte i Bundebygg kan se forbedringspotensialer i deres drift, samt utvikle ideer til forbedring.

### 8.3.1 Testing av forslag

Anbefalingene som gis til bedriften bygger kun på ett av deres byggeprosjekter. Det er imidlertid forsøkt å presentere generelle prinsipper, som videre kan anvendes i andre vilkårlige prosjekter. Disse prinsippene innebærer i grove trekk å utnytte eksisterende informasjon i prosjektet, med mål om å effektivisere informasjonsflyten.

Dersom Bundebygg ønsker å teste forslaget eller deler av forslaget anbefales det å utvikle en prototype og teste denne på en liten del av produksjonen. Involverte i testingen bør være de som skal anvende dette i praksis, gjerne et differensiert utvalg av mennesker. Dette betyr at både skeptikere og de mer villige inkluderes. Brukerinvolveringen bør være grundig og forløpe seg over en betydelig periode. Underveis vil brukeren, samt systemutvikleren foreslå endringer som blir bedre tilpasset brukeren. Deretter kan systemet utvikles. Det er imidlertid anbefalt at systemet skal kunne utvides på sikt. Den bør muliggjøre en integrering av en helhetlig prosess (produksjonen i ett byggeprosjekt), samt at systemet bør kommunisere med eksisterende datalagringsystemer i Bundebygg. Når systemet tas i bruk er det en forutsetning med god og hyppig opplæring. Dersom systemet erstatter eksisterende rutiner, anbefales det at eksisterende rutiner gradvis utfases, og at det settes krav til å bruke de nye løsningene.



# Referanser

- [1] Efficiency. Tilgjengelig fra: <http://www.dictionary.com/browse/efficiency>. Hentet 1. November 2016.
- [2] Styringssystem ba-bransjen. Tilgjengelig fra: <http://www.gronnjobb.no/styringssystem-ba-bransjen/>, 2016. Hentet 7. Oktober 2016.
- [3] M. S. Abdelrehim. Interactive voice-visual tracking of construction as-built information. 2013.
- [4] R. S. Aguilar-Saven. Business process modelling: Review and framework. *International Journal of production economics*, 90(2):129–149, 2004.
- [5] R. Akhavian and A. H. Behzadan. Construction equipment activity recognition for simulation input modeling using mobile sensors and machine learning classifiers. *Advanced Engineering Informatics*, 29(4):867–877, 2015.
- [6] B. Akinci, S. Kiziltas, E. Ergen, I. Z. Karaesmen, and F. Keceli. Modeling and analyzing the impact of technology on data capture and transfer processes at construction sites: a case study. *Journal of construction engineering and management*, 132(11):1148–1157, 2006.
- [7] B. Andersen and T. Fagerhaug. *Designing and implementing your state-of-the-art performance measurement system*. N/A, 2001.
- [8] Asana. From chaos to clarity. Tilgjengelig fra: <https://asana.com/product>, 2016. Hentet 13. Oktober 2016.
- [9] M.-A. Aufaure, R. Chiky, O. Curé, H. Khrouf, and G. Kepeklian. From business intelligence to semantic data stream management. *Future Generation Computer Systems*, 2015.
- [10] A. Banerjee, T. Bandyopadhyay, and P. Acharya. Data analytics: Hyped up aspirations or true potential. *Vikalpa*, 38(4):1–11, 2013.
- [11] C. Bauch. *Lean product development: making waste transparent*. PhD thesis, 2004.

- [12] S. Biazzo. Process mapping techniques and organisational analysis: Lessons from sociotechnical system theory. *Business Process Management Journal*, 8(1):42–52, 2002.
- [13] J. H. Blackstone and J. Jonah. *Apics dictionary: The essential supply chain reference*, 2013.
- [14] A. M. Blayse and K. Manley. Key influences on construction innovation. *Construction innovation*, 4(3):143–154, 2004.
- [15] T. Bølviken and L. Koskela. Why hasn't waste reduction conquered construction? 2016.
- [16] T. R. Braadland. *Virksomhetens informasjonssystemer: kompendium*. 2015.
- [17] A. Bruseberg and D. McDonagh-Philp. New product development by eliciting user experience and aspirations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4):435–452, 2001.
- [18] H. Bull-Berg and N. Olsson. Nye datakilder i evaluering av store statlige investeringer – et potensial for big data? (2):1–41, 2014.
- [19] M. S. Carlin, B. Skjellaug, S. Nygaard, O. Vermesan, I. S. Svagård, T. W. Andreassen, G. A. J. Knutstad, I. R. Gran, I. Andresen, M. Røhne, et al. *Effekter av teknologiske endringer på norsk nærings-og arbeidsliv*. 2015.
- [20] M. Chen, S. Mao, and Y. Liu. Big data: A survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2):171–209, 2014.
- [21] T. Cheng and J. Teizer. Real-time resource location data collection and visualization technology for construction safety and activity monitoring applications. *Automation in Construction*, 34:3–15, 2013.
- [22] T. Cheng, M. Venugopal, J. Teizer, and P. Vela. Performance evaluation of ultra wideband technology for construction resource location tracking in harsh environments. *Automation in Construction*, 20(8):1173–1184, 2011.
- [23] Y. K. Cho, J. H. Youn, and D. Martinez. Error modeling for an untethered ultra-wideband system for construction indoor asset tracking. *Automation in Construction*, 19(1):43–54, 2010.
- [24] K. L. Croxton, S. J. Garcia-Dastugue, D. M. Lambert, and D. S. Rogers. The supply chain management processes. *The International Journal of Logistics Management*, 12(2):13–36, 2001.
- [25] B. Curtis, M. I. Kellner, and J. Over. Process modeling. *Communications of the ACM*, 35(9):75–90, 1992.
- [26] O. Dalland. *Metode og oppgaveskriving for studenter*. Gyldendal akademisk, 2007.

- [27] J. Duffy. The best online collaboration software of 2016. Tilgjengelig fra <http://uk.pcmag.com/software/70214/guide/the-best-online-collaboration-software-of-2016>, 2016. Hentet: 13. Oktober 2016.
- [28] M. B. Elamin, D. N. Flynn, D. Bassler, M. Briel, P. Alonso-Coello, P. J. Karanickolas, G. H. Guyatt, G. Malaga, T. A. Furukawa, R. Kunz, et al. Choice of data extraction tools for systematic reviews depends on resources and review complexity. *Journal of clinical epidemiology*, 62(5):506–510, 2009.
- [29] G. George, M. R. Haas, and A. Pentland. Big data and management. *Academy of Management Journal*, 57(2):321–326, 2014.
- [30] N. Ghali, M. Panda, A. E. Hassanien, A. Abraham, and V. Snasel. Social networks analysis: Tools, measures and visualization. In *Computational Social Networks*, pages 3–23. Springer, 2012.
- [31] A. Ghanem<sup>1</sup> and Y. AbdelRazig. A framework for real-time construction project progress tracking. 2006.
- [32] C. Haythornthwaite. Social network analysis: An approach and technique for the study of information exchange. *Library & information science research*, 18(4):323–342, 1996.
- [33] M. Helland. Forbedring av produksjonssystem i byggeprosjekt - bruk av operasjonsanalyse og lean construction-prinsipper. *Masteroppgave*, 2015.
- [34] Y. Jiao, Y. Wang, S. Zhang, Y. Li, B. Yang, and L. Yuan. A cloud approach to unified lifecycle data management in architecture, engineering, construction and facilities management: Integrating bims and sns. *Advanced Engineering Informatics*, 27(2):173–188, 2013.
- [35] B. T. Kalsaas. Work-time waste in construction. In *Proceedings of the 18th Annual Conference of the IGLC, Technion, Haifa, Israel*, 2010.
- [36] J. T. Karlsen and P. Gottschalk. *Prosjektledelse: fra initiering til gevinstrealisering*. Universitetsforlaget, 2005.
- [37] L. Klotz and M. Horman. Transparency, process mapping and environmentally sustainable building projects. *Proceedings IGLC-15. Michigan*, 2007.
- [38] L. Klotz, M. Horman, H. H. Bi, and J. Bechtel. The impact of process mapping on transparency. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(8):623–636, 2008.
- [39] L. Koskela. *Application of the new production philosophy to construction*. Number 72. Stanford University Stanford, CA, 1992.
- [40] L. Koskela, T. Bølviken, and J. Rooke. Which are the wastes of construction? In *Proceedings for the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction.*, pages 3–12, 2013.

- [41] L. Koskela et al. *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.
- [42] K. Kraemer, G. Henrich, L. Koskela, and M. Kagioglou. How construction flows have been understood in lean construction. In *4th International SCRI Symposium, as part of the 4th International Research Week (IRW proceedings)*, 2007.
- [43] B. Kristoffersen. Databasesystemer, 2016.
- [44] S. Kujala 1. Effective user involvement in product development by improving the analysis of user needs. *Behaviour & Information Technology*, 27(6):457–473, 2008.
- [45] M. Lauras, G. Marques, and D. Gourc. Towards a multi-dimensional project performance measurement system. *Decision Support Systems*, 48(2):342–353, 2010.
- [46] Y.-C. Lin, W.-F. Cheung, and F.-C. Siao. Developing mobile 2d barcode/rfid-based maintenance management system. *Automation in Construction*, 37:110–121, 2014.
- [47] A. Löfgren. Mobility in-site: Implementing mobile computing in a construction enterprise. *Communications of the Association for Information Systems*, 20(1):37, 2007.
- [48] T. Mallhaug. Introduksjon i databasesystemer. In *Paper*, pages 98–116. Springer, 2012.
- [49] A. McAfee, E. Brynjolfsson, T. H. Davenport, D. Patil, and D. Barton. Big data. *The management revolution*. *Harvard Bus Rev*, 90(10):61–67, 2012.
- [50] D. Näslund. Lean, six sigma and lean sigma: fads or real process improvement methods? *Business Process Management Journal*, 14(3):269–287, 2008.
- [51] R. Navon. Automated project performance control of construction projects. *Automation in Construction*, 14(4):467–476, 2005.
- [52] R. Navon and R. Sacks. Assessing research issues in automated project performance control (appc). *Automation in Construction*, 16(4):474–484, 2007.
- [53] C. Neville. An introduction to research and research methods. 2014.
- [54] P. J. Olsen. Lettere samarbeid med slack. Tilgjengelig fra: <http://www.digi.no/artikler/lettere-samarbeid-med-slack/288860>, 02 2014. Hentet 23. September 2016.
- [55] N. Olsson. Praktisk rapportskriving. *Trondheim: Tapir akademisk*, 2011.
- [56] N. O. Olsson, H. Bull-Berg, and A. Junghans. Big data as innovative approach for usability evaluations of buildings. 2014.

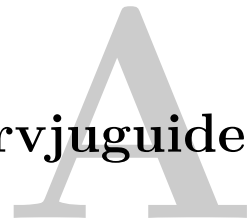


- [57] T. Omar and M. L. Nehdi. Data acquisition technologies for construction progress tracking. *Automation in Construction*, 70:143–155, 2016.
- [58] V. Petrov, A. Veselovskii, D. Kuz'mina, A. Plate, and T. Gal'berg. Spatial-temporal three-dimensional gis modeling. *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*, 49(1):21–26, 2015.
- [59] K. T. Phalp. The cap framework for business process modelling. *Information and Software Technology*, 40(13):731–744, 1998.
- [60] M. E. Porter and V. E. Millar. How information gives you competitive advantage, 1985.
- [61] R. R. Rodríguez. Social network analysis and supply chain management. *International Journal of Production Management and Engineering*, 4(1):35–40, 2016.
- [62] A. Rolstadås, N. Olsson, A. Johansen, and J. A. Langlo. *Praktisk Prosjektledelse - Fra idé til gevinst*. Fagbokforlaget, 2014.
- [63] E. Rossen. Sanntid it. Tilgjengelig fra: <http://www.snl.no/sanntid/IT>, 2009. Hentet 12. Oktober 2016.
- [64] K. Sander. Induktive vs. deduktiv fremgangsmåte. Tilgjengelig fra: <http://www.kunnskapscenteret.com/articles/2470/1/Induktiv-vs-deduktivfremgangsmate/Induktiv-vs-deduktiv-fremgangsmate.html>, 2004. Hentet 5. September 2016.
- [65] A. Shahi, J. S. West, and C. T. Haas. Onsite 3d marking for construction activity tracking. *Automation in Construction*, 30:136–143, 2013.
- [66] A. D. Smith and F. Offodile. Information management of automatic data capture: an overview of technical developments. *Information Management & Computer Security*, 10(3):109–118, 2002.
- [67] I. Software. A modern intranet makes it easier to keep employees happy. Tilgjengelig fra: <https://www.igloosoftware.com/>, 2016. Hentet: 13. Oktober 2016.
- [68] J. Song, C. T. Haas, and C. H. Caldas. Tracking the location of materials on construction job sites. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(9):911–918, 2006.
- [69] P. Strebels. Why do employees resist change? *Harvard business review*, 74(3):86, 1996.
- [70] Summerville. *Software Engineering*. PhD thesis, University of Cincinnati, 2006.
- [71] A. Sørensen, N. O. Olsson, and A. D. Landmark. Big data in construction management research. 2015.
- [72] E. Thune-Holm and K. Johansen. Produktivitetmålinger i skanska. *Internal Skanska report, Oslo*, 2006.

- [73] N. M. Tichy, M. L. Tushman, and C. Fombrun. Social network analysis for organizations. *Academy of management review*, 4(4):507–519, 1979.
- [74] A. Vasenev, T. Hartmann, and A. Dorée. A distributed data collection and management framework for tracking construction operations. *Advanced engineering informatics*, 28(2):127–137, 2014.
- [75] R. Volk, J. Stengel, and F. Schultmann. Building information modeling (bim) for existing buildings—literature review and future needs. *Automation in construction*, 38:109–127, 2014.
- [76] R. Vrijhoef and L. Koskela. The four roles of supply chain management in construction. *European Journal of Purchasing & supply management*, 6(3):169–178, 2000.
- [77] L. Wang and T. Raz. Analytic hierarchy process based on data flow diagram. *Computers & industrial engineering*, 20(3):355–365, 1991.
- [78] M. Weske. Business process management architectures. In *Business Process Management*, pages 333–371. Springer, 2012.
- [79] D. R. Wixon, J. Ramey, K. Holtzblatt, H. Beyer, J. Hackos, S. Rosenbaum, C. Page, S. A. Laakso, and K.-P. Laakso. Usability in practice: field methods evolution and revolution. pages 880–884, 2002.
- [80] M. Zairi. Business process management: a boundaryless approach to modern competitiveness. *Business Process Management Journal*, 3(1):64–80, 1997.

## Kapittel

# Intervjuguide



Hvordan foregår betongproduksjonen på Samlokaliseringsprosjektet Campus Ås?

Målsetning: I byggeprosjekter er det ønskelig med en strømlinjeformet produksjon og et velfungerende kommunikasjon- og informasjonsnettverk. Noe som kan bidra til dette er økt fokus på å ta vare på data første gang den genereres og formidle denne mer eller mindre i sanntid. Dette kan være både aggregerte tall fra datalogger eller data hentet direkte fra materialbestillinger.

For å kunne nå dette målet vil det være essensielt å bli kjent med dagens arbeidsflyt knyttet til betongproduksjonen på Samlokaliseringsprosjektet. Parallelt vil vi også se etter muligheter for datakilder som kan lagres og distribueres i sanntid. I denne forbindelse vil det foretas en casestudie av Samlokaliseringsprosjektet som omfatter en kartlegging av dagens tilstand, med fokus på informasjon- og kommunikasjonsflyt, identifikasjon av organisatoriske utfordringer og eventuelle tidstyver i prosesser. Kartleggingen vil også muliggjøre en avdekking av potensiell datafangst som kan gjennomføres.

Formål med intervjuguide: Formålet med intervjuguiden er å avdekke hvordan nøkkelpersoner rundt betongstøping jobber, hvordan tiden brukes og trekke frem generelle refleksjoner hver enkelt intervjuobjekt har rundt gjennomføring av betongproduksjon. Intervjuguiden vil hovedsaklig være av en eksplorerende karakter, hvor målet er å vekke følelser og tanker som kan avdekke potensialer og bidra til prosessforbedring på sikt.

Intervjuspørsmål
1. Hva er din rolle i betongproduksjonen på prosjektet?
2. Hvordan opplever du denne rollen og oppgavene relatert til den?
3. Hvordan føler du at du bruke tida di iløpet av en arbeidsdag? Bruker du tida på de riktige tingene?
4. Hvilke styrker og svakheter observerer du ved deres måte å gjennomføre støping?
5. Hvordan påvirkes en støp av at du er fraværende én til flere dager?
6. Hva tror du kunne gjort støpeprosessen enklere enn i dag?

Figur A.1: Intervjuspørsmål ekskl. oppfølgingsspørsmål

# Kapittel **B**

## Vurdering av datakilder

### **B.1 Utelatte datakilder**

Det ble som nevnt i Kapittel 6 nevnt at majoriteten av datakildene fra casestudien og det teoretiske grunnlaget, ble tatt med videre i kvalitetsvurderingen. De utelatte datakildene er presentert under.

#### **B.1.1 Aktivitet i digitale system**

Ordrebekreftelse, følgeseddel og fakturaer relatert til betongleveranser er ikke kvalitetsvurdert. Årsaken er at de i hovedsak er i samme format som bestillingen, og bygger på samme informasjon som bestillingen.

#### **B.1.2 Utstyr**

Nettbrett tilbyr i praksis de samme funksjonalitetene som en smarttelefon. Imidlertid, siden den er større oppleves den som mindre fleksibel og har mindre bruksverdi for folk på byggeplassen. PC har litt samme karakteristikk som både nettbrett og PC, men er mindre fleksibel i forhold til å frakte, men har større muligheter for å gjøre mer omfattende arbeid (bestillinger, informasjonsformidling og hendelser krever mer enn noen få tastetrykk).

Kranaktivitet anses å ha høy bruksverdi for materialsporing og logging av kranens ressursutnyttelse, men utelates grunnet en prioritering mellom mange datakilder. Betong transporteres i hovedsak enten med kran eller pumpe og denne studien fokuserer på sistnevnte transportør.




#### **B.1.3 Programvare/ digitale verktøy**

Fremdriftssystemet MS Project benyttes til langsiktig planlegging. Den er ikke vurdert videre i denne rapporten, da den faller utenfor tidsavgrensningen til denne studien. Dette gjelder også økonomisystemet ByggOffice.

## **B.2 Kvalitetsvurdering av datakilder**



Tabell B.1: Vurdering av potensielle datakilder (2)

Tilgjengelighet	Relevans	Pålitelighet	Universell	Hypighet	Total kvalitet
<p>GPS-sporing</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eksisterer ikke på byggeplass.</li> <li>+ Vil potensielt kunne kjøpes og eies av entreprenør.</li> <li>+ Er lett tilgjengelig på markedet</li> </ul>	<p>Informasjon om aktivitet på byggeplass/utført arbeid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Kan fange lokasjon om arbeidskraft</li> <li>+ Kan fange lokasjon om materialer</li> <li>+ Kan fange lokasjon om utstyr</li> </ul>	<p>+ Harde mål om lokasjon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Forutsetter at riktig arbeidskraft, materialer og utstyr spores (har registrert kan være en utfordring i caseprosjektet)</li> </ul>	<p>+ Kan spore lokasjon på hva som helst.</p>	<p>+ Det finnes teknologi som kan overføre data i sann tid.</p>	Egnet 
<p>RFID-brikke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eksisterer ikke på byggeplass.</li> <li>+ Vil potensielt kjøpes og eies av byggherre eller entreprenør.</li> <li>+ RFID-brikker er tilgjengelige på markedet.</li> </ul>	<p>+ Kan fange lokasjon om arbeidskraft</p> <p>+ Kan fange lokasjon om materialer</p>	<p>+ Selve RFID-brikken har ifølge litteratur høy pålitelighet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Manuell plassering av brikken</li> <li>- Plassering og oppfølging vil influeres av mennesker.</li> </ul>	<p>+ Brikken er en universell sporingsenhet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Sporing kan være mest aktuell for entreprenører og underentreprenører.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Data fra en RFID-brikke vil bli registrert ved når man manuelt eller automatisk foretar en registrering av brikken.</li> <li>+ Dataene vil i sann tid bli viderført til et system for RFID-brikker.</li> </ul>	Delvis egnet 
<p>Kamera</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eksisterer ikke på byggeplass.</li> <li>+ Vil potensielt kunne kjøpes og eies av entreprenør.</li> <li>+ Er lett tilgjengelig på markedet</li> </ul>	<p>Informasjon om aktivitet på byggeplass/utført arbeid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Kan fange lokasjon om arbeidskraft</li> <li>+ Kan fange lokasjon om materialer</li> <li>+ Kan fange lokasjon om utstyr</li> </ul>	<p>+ Harde mål om lokasjon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Forutsetter at riktig arbeidskraft, materialer og utstyr spores (har registrert kan være en utfordring i caseprosjektet)</li> </ul>	<p>+ Kan spore lokasjon på hva som helst.</p>	<p>+ Det finnes teknologi som kan overføre data i sann tid.</p>	Egnet 




Tabell B.2: Vurdering av potensielle datakilder (3)

Tilgjengelighet	Relevans	Pålitelighet	Universell	Hyppighet	Total kvalitet
<p>Byggherre er eier av plantegninger. Entreprenør skal ha plantegninger tilgjengelig 5 uker før utførelse av aktivitet. Plantegninger er tilgjengelig gjennom prosjekthotellet Interaxo.</p>	<p>+ Plantegninger gir informasjon om en aktivitet har grunnlag for å gjennomføres. + Ved tolking av plantegning kan informasjon om nødvendig materiale og utstyr fremkomme. - En plantegning inneholder ikke informasjon om tid for utførelse.</p>	<p>- Kan bli revidert. + Intuitiv og lite behov for subjektiv tolkning. + Større gyldighet enn en BIM-modell. - Uvant fremgangsmåte for utarbeiding, enn entreprenør er vant til. - Kan være forsinket og ikke være tilgjengelige ved behov.</p>	<p>+ Plantegninger er et universell måte og gi presis informasjon om utførelse i byggebransjen. + Mange i en prosjektorganisasjon vil kunne tolke informasjonen som fremkommer i en plantegning.</p>	<p>+ Ny informasjon fra data skjer kontinuerlig fra prosjekterende. - Plantegninger må gjennom en prosess som består av både intern og uavhengig kontroll før de er ferdigstilt.</p>	<p>Delvis egnet </p>
<p>Entreprenør er eier av et system som registrerer timeforbruk av ansatte.</p>	<p>- Systemet gir ikke ut direkte mål om fremdriftsstatus + Systemet registrer antall timer brukt på ulike aktiviteter på byggeplass. + Systemet kan gi ut informasjon om produktivitet ved ulike aktiviteter.</p>	<p>- Per i dag registrer ansatte hvilke arbeidsoppgave som blir utført en gang der arbeidsdag. + Mennekselig ressurser for å gjennomføre alle aktiviteter -&gt; aktiviteter blir registrert. + Registrerer for å få lønn -&gt; aktivitet registrert.</p>	<p>+ Informasjon vil være lik på alle prosjekt, med unntak av endring på aktivitetsnavn. + Lønssystem finner i alle prosjekt. + Alle ansatte tar allerede i bruk en form for timerregistrering.</p>	<p>+ Informasjon blir registrert ved innstemping. Det er mulighet for endring av aktivitet gjennom arbeidsdag. - System vil kontinuerlig kunne gi informasjon om status.</p>	<p>Delvis egnet </p>
<p>+ Entreprenør er eier av planene som knytter støpelokasjon til dato. - Informasjonen utarbeides på papirform</p>	<p>+ Gir informasjon om støpedato, samt område - Området er tegnet inn med tusj og gir ikke konkrete materialmengder - Ressurser ikke tilknyttet</p>	<p>+ Støpeplanen følges etter beste evne og benyttes daglig som verktøy for formenn - Gir lav presisjon om lokasjon - Kan bli revidert, og videre bli usystematisk informasjonsspredning (med papirformat) - Inkonsistens mellom støpeplan for forrige periode, den pågående og den neste.</p>	<p>+ Støpeplaner er ansett som vanlige i betongproduksjon. Visuell og intuitiv.</p>	<p>+ Støpeplaner utarbeides ukentlig eller hver 2. uke, oppdateres etter hvert som endringer skjer.</p>	<p>Delvis egnet </p>



Tabell B.3: Vurdering av potensielle datakilder (4)

Tilgjengelighet	Relevans	Pålitelighet	Universell	Hypighet	Total kvalitet
Outlook	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Betongbestillinger gjøres i dag gjennom e-post</li> <li>+ Ordrebekreftelser på støp gjøres i dag gjennom e-post</li> <li>+ Armeringsbestillinger gjøres i dag gjennom e-post</li> <li>+ Støpeplan for uken sendes til byggherre og andre interesserte gjennom e-post</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ E-post er fast kommunikasjonskanal for bestillinger og annet.</li> <li>-Program forutsetter at ansatte/leverandører manuelt står for input av data.</li> <li>+ Programmet gjør informasjon noe søkbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+E-post er et vanlig og hyppig brukt informasjon- og kommunikasjons verktøy i byggeprosjekter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Varierende varighet fra informasjon oppstår til den blir videreformidlet</li> <li>- Varierende varighet fra informasjon mottas til den blir lest.</li> <li>+ Frekvens tilsvarende daglige bestillinger og ukentlige rapporter</li> </ul>	Delvis egnet 
Innstemplings-system	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eies av entreprenøren og benyttes i dag til økonomi relatert til bemanning.</li> <li>-I dag er data på lite detaljert nivå (armering, forskaling, støpping)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Håndverkere er avhengig av systemet for å få registrert timer.</li> <li>-Det som registreres er ikke alltid nødvendigvis virkeligheten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Innstemplingssystem kan benyttes i alle byggeprosjekter, spesielt for de som jobber timebasert.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Oppdateres daglig</li> </ul>	Egnet 
ByggOffice-Økonomisystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Systemet håndterer fakturaer relatert til armering, forskaling, betong og bemanning.</li> <li>-Det må suppleres med Excelark for ytterligere systematikk.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Som eneste portal for fakturahåndtering kan systemet karakteriseres som pålitelig.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Det kan antas at andre byggeprosjekter har samme eller lignende økonomisystem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Når fakturaer kommer skjer videresending til ansvarlige manuelt av økonomiansvarlig.</li> <li>+ Hver faktura hører til bestillingsnummer av tidligere støper.</li> </ul>	Delvis egnet 

Tabell B.4: Vurdering av potensielle datakilder (5)

	Tilgjengelighet	Relevans	Pålitelighet	Universell	Hyppighet	Total kvalitet
Viscenario – Samhandlingsstjeneste	Utviklet for entreprenøren til alle deres byggeprosjekter, med hensikt å effektivisere prosesser og ta vare på informasjon for ettertiden.	+ Programmet har til hensikt å fungere i utførelse av sjekklister angående støping og annet. +Programmet har til hensikt å ta vare på generell fotodokumentasjon på byggeplassen, særlig før støp. -Programmet har i dag lav bruksgrad ifbm betongproduksjon.	-Programmet er ikke fullstendig integrert på caseprosjektet og mister dermed pålitelighet med sporadiske input av data.	+Systemet har som hensikt å ta vare på informasjon for ettertiden. Tilbyr funksjonaliteter som er av interesse for andre entreprenører. Det kan antas at andre entreprenører har lignende systemer.	-Oppdateres meget sporadisk på aspekter som påvirker betongproduksjonen direkte.	Egnet 
Soilbri – 3D-modell	Programvaren eies av byggherre. Andre aktører i prosjektet som har nytte av modellen har tilgang, ved at modellen skal gi en visualisering av helhetlig bygg. Det er tilsynelatende ikke planer om utvidet bruk av modellen (f.eks. ved å knyttet 3D-modell til fremdriftsakse som kan gi en såkalte 4D-modell).	+ Modellen har byggeteknisk informasjon om planlagt utført arbeid (materialmengder). - Modellen er i dag ikke koblet mot planer eller fremdrift og brukes kun for visualisering av byggeplaner.	- Modellen er ikke den gjeldende i forhold til dokumentasjon for utførelse; Planlegging og kontraktposter er styrende om det er avvik i informasjon. - Modellen er under kontinuerlig bearbeiding under produksjonsfasen.	+ Bruk av bygningsinformasjonsmodell ble påkrevd entreprenører fra Statsbygg fra 2014. - Prosjekter av mindre skala vil i varierende grad ta i bruk modellen.	+ Modellen tar kontinuerlig imot nye data i form av arbeid fra prosjekterende aktør. - Entreprenør får oppdatert informasjon i modell omlag hver andre uke. - Byggherre vil ha tilgang til nye endringer fra prosjekterende aktør i sann tid.	Delvis egnet 

Tabell B.5: Vurdering av potensielle datakilder (6)

Tilgjengelighet	Relevans	Pålitelighet	Universell	Hypighet	Total kvalitet
<p>En informasjonsdelingsplattform eies av byggherre og ulik grad av tilgang er gitt til aktører i hele prosjektorganisasjonen. Kontraktsmessige forhold er hovedgrunnlag for ulik grad av tilgang.</p>	<p>+ Lagrer og formidler data om arbeidskraft + Lagrer og formidler data om materialer + Nyeste versjon av fremdriftsplan er tilgjengelig. + Andre flyter og dokument av relevans: 1) Indirekte mål i form av kravlogger og varsellogger 2) Tekniske avklaringer på tvers av aktører. 3) Plantegninger og revisjonsdatoer. 4) Indirekte informasjon i en mengde møttereferat. 5) Timelister, 6) Status om utførte aktiviteter fra entreprenør.</p>	<p>+Systemet er robust med pålitelige logge- og lagringsmuligheter - Informasjonen inneholder en stor grad av menneskelig bearbeiding. + Grunnet systemets fokus på transparente løsninger vil informasjon bli fanget opp og korrigert av flere.</p>	<p>+ En kommunikasjon- og dokument-plattform kan integreres i alle byggeprosjekter.</p>	<p>+ Data logges i sanntid ved aktivitet i systemet. - Det kan gå tid mellom informasjon oppstår og informasjon blir lagt inn i systemet.</p>	<p>Delvis egnet </p>
<p>Vakt og sikring er eier. Dataene er ikke tilgjengelige for videre bruk på grunn av personvern.</p>	<p>+ Informasjon om antall på byggeplass + Informasjon om antall timer ulike aktører oppholder seg på byggeplass. + Informasjon om materialflyt inn på byggeplass.</p>	<p>+ Strenge rutiner for å holde byggeplassen tett. - Ingen informasjon om hvilken aktivitet som gjennomføres.</p>	<p>- Adgangskontroll finnes i varierende grad på andre byggeplasser. - Om adgangskontroll finnes, avhenger det av at andre prosjekt har samme fokus på strenge rutiner om å holde byggeplass tett.</p>	<p>+ Kontinuerlig registrering av data.</p>	<p>Uegnet </p>

Tabell B.6: Vurdering av potensielle datakilder (7)

Tilgjengelighet	Relevans	Pålitelighet	Universell	Hyppighet	Total kvalitet
<p>Ansatte, innleide, underleverandører på byggeplass</p> <p>Meget tilgjengelig på byggeplassen til enhver tid.</p>	<p>+ Da ingen deler av betongproduksjon er helautomatisert, vil menneskelig involvering indikere at det kan måles:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bevegelse og lokasjon av arbeidskraft, materialer og utstyr</li> <li>2. Input i digitale system*</li> </ol>	<p>-Noe lav ved menneskelig bearbeiding av informasjon.</p> <p>+ Høyere pålitelighet ved formidling av harde mål og bildedokumentasjon</p>	<p>+ Det er ikke ventet en helautomatisering av delprosesser av betongproduksjon i nærmeste fremtid.</p>	<p>+ Kontinuerlig arbeid kan kontinuerlig generere data ved GPS-sporing eller lignende.</p> <p>-Lavere hyppighet med manuell registrering.</p> <p>+Utførelse og formidling av sjekklister skjer flere ganger daglig via e-post.</p>	<p>Egnet </p>
<p>Betongbestilling* (generert av formann)</p> <p>Tilgjengelig i entreprenørens felles digitale arkiv.</p>	<p>+ Inneholder planlagt støp med spesifikasjoner om lokasjon, materialer og utstyr.</p> <p>+ Inneholder informasjon om tid for støp.</p>	<p>+ Noe høy da det er knyttet utgifter til tid for støp (bemanning, materialer)</p> <p>-Påliteligheten synker noe da bestilling ofte endres utover uka.</p>	<p>+ Dokumentasjon på bestillinger og ordrebekreftelser er gjengangere i enhver industri.</p>	<p>+ Genereres like hyppig som antall planlagte støp.</p> <p>+ Genereres som regel 3-7 dager før støp, avhengig av volum bestilt.</p>	<p>Delvis egnet </p>



Kapittel **C**  
**Fra observasjon til løsning**

Tabell C.1: Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritet - Bestillingsprosedyrer

Observasjon	Identifiser involverte personer	Vurder hvorfor det oppstår	Vurder konsekvens	Prioritet
<p>c</p> <p>Beskrivelse - Hva skjer?</p> <p>Det kan være tidkrevende å koordinere at to ressurser har mulighet til å stille på byggeplass til samme tid (betongleverandør og pumpebil).</p>	<p>Hvem er involvert</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formann armering</li> <li>- Formann betong</li> <li>- Betongleverandør</li> <li>- Pumpeleverandør</li> </ul>	<p>Hvorfor skjer dette?</p> <p>Pålitelig informasjon om fremdrift er utilgjengelig, som fører til at ledelsen venter med å bestille. Da kan ressursene være booket den aktuelle dagen.</p>	<p>Hva kan det føre til?</p> <p>1) Støpeprosess må til tider utsettes lengre enn ønsket. 2) Støpeprosess må skje tidligere enn planlagt, økt arbeidspress og økt sjanse for at færre arealer er klare for støp. Influenser mengde betong bestilt osv.</p>	2
<p>d</p> <p>Bestilling</p> <p>Det er vanskelig å tallfeste ressursbehovet for oppmåler på alle fagfelt</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formann armering</li> <li>- Formann betong</li> <li>- Oppmålingsingeniør</li> </ul>	<p>Utilgjengelig informasjon om planlagt arbeid/produktivitet til oppmåler</p>	<p>1) Oppmåler får dårlige avklaringer og jobber mye selvstendig og der det trengs. Lite fokus på ressursutnyttelse og kan dermed få mye arbeid på kort tid og ha perioder med ingen spesifikke arbeidsoppgaver. Kommer informasjonen for sent, kan det føre til ventetid for støp.</p>	2
<p>e</p> <p>Det blir observert at betongbestillinger tar unødig lang tid</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formann betong</li> <li>- Betongleverandør</li> </ul>	<p>Betongbestilling skrives i Microsoft Word og sendes per mail. Betongleverandør ønsker å motta bestilling i en slik mal/format. Lite fokus på effektive løsninger.</p>	<p>Betongbestillinger er en svært repeterende og hyppig aktivitet. Dette er en løsning som krever mange tastetrykk som kan være tidkrevende.</p>	1



Tabell C.2: Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritert - Forberedelse

Observasjon	Identifiser involverte personer	Vurder hvorfor det oppstår	Vurder konsekvens	Prioritet
f	Beskrivelse - Hva skjer? Hvem er involvert	Hvorfor skjer dette?	Hva kan det føre til?	
	Entreprenør må sende e-post til byggherre hver uke om hvilke støber som er planlagt. - Byggherre - Formann Betong	Informasjonen om støppeplan er ikke tilgjengelig for byggherre. Telefonsamtaler innebærer som regel endring av bestilling, som forårsakes av ukorrekt informasjon om ferdigstillelse av forarbeid.	Formenn må bruke ekstra tid på å informere byggherre, som ikke tilfører verdi til prosjektet. 1) Dette fører til at det kan bli rot i bestillinger som fører til feil, 2) Formenn bruker store deler av arbeidsdagen til bestillingsprosedyrer.	2
g	Det forekommer svært mange telefonsamtaler mellom formenn og unicon hver uke.			
j	Sitat: "Jeg fikk gjort mye i dag, men ingenting av det jeg hadde planlagt" Observeres at formenn og BASer har en hektisk hverdag, som ofte inkluderer hastende problemstillinger/hindringer/avvik.	1) Byggebransjen er uforutsigbar, 2) Oppgaver blir ofte utført i siste liten, 3) Feil blir oppdaget i siste liten	Hverdagen går med på "brannslukking"/ikke-verdiskapende arbeid i stede for aktiviteter som tilfører verdi	1

Forberedelse

Tabell C.3: Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritet - Støping

Observasjon	Identifiser involverte personer	Vurder hvorfor det oppstår	Vurder konsekvens	Prioritet
	Hvem er involvert	Hvorfor skjer dette?	Hva kan det føre til?	
a	Beskrivelse - Hva skjer?			
	Hvem er involvert	Hvorfor skjer dette?	Hva kan det føre til?	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Betongleverandør</li> <li>- Pumpeleverandør</li> <li>- Formenn</li> <li>- Øvrige aktører på byggeplass</li> </ul>	Ulike årsaker, én kan være dårlig informasjonsflyt, informasjon har ikke nådd ut til de som har blokkert adkomst at det skal foregå støp der. Generelt er slike ting ikke sjekket at er utført, fremdriftsmåling er ikke foretatt.	<p>1) Hvis adkomstvei ikke gjøres fri i tide kan det føre til utsatt støp og ventetid.</p> <p>1) Problematikk rundt støping</p> <p>2) Store avvik fra betongkrav i hhv tegninger kan lede til avvikshåndtering, byggtekniske konsekvenser.</p>	1
b	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Betongleverandør</li> <li>- Pumpeleverandør</li> <li>- Formenn</li> <li>- KS-leder</li> </ul>	Irrelevant da ansvaret ligger hos betongleverandør.		1
h	Det observeres en stor variasjon i kvaliteten på betongleveranser			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Betongleverandør</li> <li>- Pumpeleverandør</li> <li>- Formenn</li> <li>- KS-leder</li> </ul>	Irrelevant da ansvaret ligger hos betongleverandør.		
	Stor variasjon på tid mellom hver betongbil.	Irrelevant da ansvaret ligger hos betongleverandør.		2
i	Sjåfører av betongbiler ringer svært ofte for å spørre hvor de skal kjøre i byggeprosa	Informasjon om kjørevei er ikke tilgjengelig.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidkrevende for kontaktperson for støp (formann for betong).</li> <li>- Om nøkkelperson ikke nås og problem ikke løses umiddelbart ruller ventetid.</li> </ul>	1

Tabell C.4: Feltstudie del 1: Fra observasjon til prioritet - Generelle behov

Observasjon	Identifiser involverte personer	Vurder hvorfor det oppstår	Vurder konsekvens	Prioritet	
q	Beskrivelse - Hva skjer?	Hvem er involvert	Hvorfor skjer dette?	Hva kan det føre til?	
	Ved fakturahåndtering kan det være en utfordring å huske og vite hvorvidt ventetid er entreprenørens ansvar selv eller leverandørens ansvar.	- Formann betong - Betongleverandør	Det er i tillegg ikke gjort noe målinger av faktisk utført arbeid av entreprenøren selv og dokumentasjonen som brukes er dermed kun fra leverandør.	Ved manglende kontroll på underleverandører er entreprenørens evne til å følge opp fakturaer korrekt en utfordring	2
s	Formenn bruker tid på å sjekke faktura mot leveranse	Produksjonsavdeling	Formenn må lete opp følgeseddel/bestilling og sammenligne mot faktura.	Bruker unøddig lang tid.	1
u	Det er ofte liten tid til å kvalitetssikre forskaling og armering før betong er støpt og herdet.	- Byggleielse - Håndverkere	Mange aktiviteter blir utført i siste liten.	Ved feil, blir det mye ekstraarbeid når støp allerede er gjennomført	3

Generell

Tabell C.5: Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsbehov - Bestillingsprosedyrer

Observasjon		Identifiser generell løsning		Identifiser behovet		Informasjonsformat		Innsamling og videreformidling	
Beskrivelse		Hva burde vi gjøre?		Hva er behovet?		Informasjonsbehov		Systembehov	
c	Det kan være tidkrevende å koordinere at to ressurser har mulighet til å stille på byggeplass til samme tid (betongleverandør og pumpebil).	1) Dagens praksis: Booke inn tilgjengelige datoer og jobbe så langt vi kommer. 2) Ny løsning: Planer basert på mer pålitelig informasjon om fremdrift.		Tidligere informasjon om forsinkelse i forarbeid.	ansatt/m2 .. fremdrift				
d	Det er vanskelig å tallfeste ressursbehovet for oppmåler på alle fagfelt	1) Dagens praksis: Entreprenør ringer sporadisk når de har oppmålingsbehov. 3) Ny løsning: Tidlig informasjon gir mulighet for god ressursutnyttelse av oppmåler.		Tidlig informasjon om oppmålingsbehov.	tid, lokasjon, byggtekniske data				
e	Det blir observert at betongbestillinger tar unødig lang tid	1) Dagens praksis: Betongbestillinger gjøres slik og endringer tas per telefon. Ordrebekreftelse på bekreftet bestilling mottas ikke. Spesifikasjoner lagres i Word-dokumenter som resulterer i at gjenbruk må skje manuelt. 2) Ny løsning: Et mer tidsbesparende system for bestillingsprosedyrer legger til rette for gjenbruk.		Prosess som effektiviserer bestillingstid, lagre i et format som er tilgjengelig for seinere gjenbruk.	tid, lokasjon, mengde, kvalitet		Tidsbesparende system for bestillingsutførelser		

Tabell C.6: Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsbehov - Forberedelse

Observasjon	Identifiser generell løsning	Identifiser behovet	Informasjonsformat	Innsamling og videreformidling	
f	Beskrivelse Entreprenør må sende e-post til byggherre hver uke om hvilke støper som er planlagt.	Hva burde vi gjøre? 1) Dagens praksis: Entreprenør prøver å huske å sende mail om støpeplan. Hvis ikke dette skjer ringer Byggherre for å purre. 2) Ny løsning: Automatisk innsamling av støpeinformasjon ved utføring av bestilling.	Hva er behovet? Tilgjengelig informasjon om ukentlige støper	Informasjonsbehov Lokasjon, tidspunkt	Systembehov Tidsbesparende system for innsamling og videreformidling av støpeplan.
g	Det forekommer svært mange telefonsamtaler mellom formenn og union hver uke.	1) Dagens praksis: Entreprenør ringer sporadisk når de har oppmålingsbehov. 3) Ny løsning: Tidlig informasjon gir mulighet for god ressursutnyttelse av oppmåler.	Tidlig informasjon om oppmålingsbehov.	tid, lokasjon, byggtekniske data	
j	Sitat: "Jeg fikk gjort mye i dag, men ingenting av det jeg hadde planlagt" Observeres at formenn og BASer har en hektisk hverdag, som ofte inkluderer hastende problemstillinger/hi ndringer/avvik.	1) Dagens praksis: Bruker store deler av dagen på å utføre hastende/uforutsette hendelser. 2) Ny løsning: Bedre rutiner for repeterende oppgaver.	System som automatiserer rutiner som er gjentakende.	Variierende	System eller rutiner som reduserer tid på gjentakende oppgaver.

Forberedelse

Tabell C.7: Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsbehov - Støping

Observasjon	Identifiser generell løsning	Identifiser behovet	Informasjonsformat	Innsamling og videreformidling
k	<p>Hva burde vi gjøre?</p> <p>1) Dagens praksis: Hvis noe blokkerer og det ikke er fjernet tidligere ringer pumpeleverandør om dette til formann. Deretter gjøres adkomstveien fri ved hjelp av eksempelvis kran eller truck. Prøver å huske å sjekke dette dagen før støp.</p> <p>2) Ny løsning: En fremdriftsmåling (kan være i form av sjekklister før støp) som viser at alt er klart til støp.</p>	<p>Hva er behovet?</p> <p>Foreta en fremdriftsmåling/s jekk av kritiske faktorer som kan bremse en støp.</p>	<p>Informasjonsbehov</p> <p>fremdrift</p>	<p>Systembehov</p>
n	<p>1) Dagens praksis: Entreprenøren tar stikkprøver på fastheten av betongen men kvalitetsavvik fra bestilling logges i liten grad og gis sporadisk tilbakemelding på til leverandør.</p> <p>2) Ny løsning: Tettere oppfølging av underleverandør ved å bygge opp en database for dokumentasjon av betongkvalitet. Fremhev repeterende avvik mellom bestilling og faktisk leveranse.</p>	<p>En metode for å samle inn kvalitetsdata, samt ta vare på den og tilgjengeliggjøre den for avdekkede trender.</p>	<p>Et enkelt system for logging av aktivitet og oppfølging av underleverandør.</p> <p>kvalitet (på betong), tid, lokasjon, bestilt kvalitet</p>	
o	<p>1) Dagens praksis: Entreprenøren er forholdsvis raus på variasjon på hyppighet mellom betongbiler, men pumpeleverandøren får ventetid. Det tyder imidlertid på at det er lite å gjøre med treige leveranser.</p> <p>2) Ny løsning: Tettere oppfølging av underleverandører ved å bygge opp en database for dokumentasjon av variasjon i hyppighet. Fremhev repeterende avvik mellom bestilling og faktisk leveranse.</p>	<p>En metode for å samle inn loggdata om betongbil, samt ta vare på den og tilgjengeliggjøre den for avdekkede trender.</p>	<p>hyppighet på betongbil</p>	
p	<p>1) Dagens praksis: sørge for at formann alltid er tilgjengelig på telefon, alternativt må betongbil avbryte noen andre for å finne vei.</p> <p>2) Ny løsning: Tilgjengeliggjøre informasjon om kjørevei til alle sjåførere.</p>	<p>Informasjon i tide til sjåfører om kjørevei + støpelokasjon</p>	<p>lokasjon + kjørevei</p>	

Tabell C.8: Feltstudie del 2: Fra konsekvens til informasjonsbehov - Generelle behov

Observasjon		Identifiser generell løsning	Identifiser behovet	Informasjonsformat	Innsamling og videreformidling		
q	Beskrivelse	Hva burde vi gjøre?	Hva er behovet?	Informasjonsbehov	Systembehov		
	Ved fakturahåndtering kan det være en utfordring å huske og vite hvorvidt ventetid er entreprenørens ansvar selv eller leverandørens ansvar.	1) Dagens praksis: Entreprenør har tillitt til Unicons fakturaer og registrerte kostnader. Registreres avvik (fra hukommelse) kan en håndtering tas via mail. 2) Ny løsning: Tettere oppfølging av underleverandører ved bedre kontroll over tidspunkt for adkomst, der entreprenør kan stille krav til leveranse av betong og sørgje for bedre fakturahåndtering	Økt kontroll på leveranser.	faktisk tidspunkt og hyppighet på betongbil bestilt tidspunkt og hyppighet	System som kan fange opp, ta vare på og videreformidle datamengdene.		
	Formenn bruker tid på å sjekke faktura mot leveranse	1) Dagens praksis: Formenn vurderer bestilling i forhold til følgeseddel og faktura. I tillegg prøver de å huske spesielle hendelser., 2) Ny løsning: Finnes system som har konkrete data over hva som er levert.	Behov for informasjonslagring av leveranser	Tid, mengde, kvalitet, spesielle bestillinger, endringer	System som holder kontroll over informasjon om leveranser til byggeplass.		
s	Generell	n	Det er ofte liten tid til å kvalitetssikre forskaling og armering før betong er støpt og herdet.	1) Dagens praksis: Det finnes ingen satt tidsbuffer mellom handverkere må være ferdig, til støp skal forekomme. 2) Ny løsning: Ha større tidsrom mellom forbedrende oppgaver er gjennomført og støp skal bli foretatt.	Tidsbuffer mellom ferdig forarbeid og støp.	Tid, sted, arbeidsgrunnlag	System som inneholder rutiner og kontroll over utført arbeid.

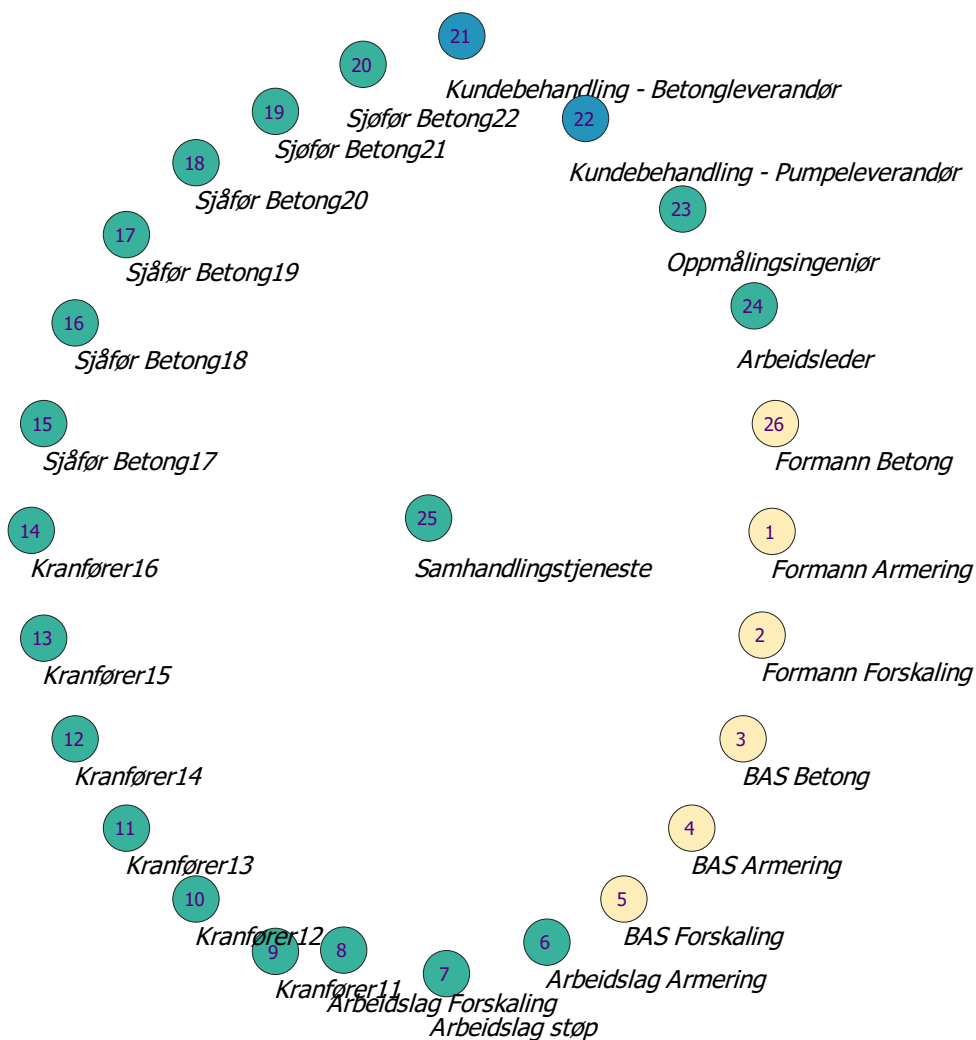






# Kapittel D

## Sosial nettverksanalyse resultater



Figur D.1: Aktører i sosial nettverksanalyse med følgende nummerering

DC' is the standardized DC	In undirected graphs, the DC index is the sum of edges attached to a node u.	
DC range: $0 < C < 24$	In digraphs, the index is the sum of outbound arcs from node u to all adjacent nodes.	
DC' range: $0 < C' < 1$	If the network is weighted, the DC score is the sum of weights of outbound edges from node u to all adjacent nodes.	
Dagens situasjon	Dagens situasjon, ekskludert nødvendige linker	Ved gjennomføring av forslag A
Node DC DC' %DC'	Node DC DC' %DC'	Node DC DC' %DC'
1 7 0.29167 29.167	1 4 0.16667 16.667	1 1 0.04 4
2 4 0.16667 16.667	2 1 0.041667 4.1667	2 1 0.04 4
3 5 0.20833 20.833	3 1 0.041667 4.1667	3 1 0.04 4
4 5 0.20833 20.833	4 1 0.041667 4.1667	4 1 0.04 4
5 2 0.083333 8.3333	5 1 0.041667 4.1667	5 1 0.04 4
6 11 0.45833 45.833	6 2 0.083333 8.3333	6 1 0.04 4
7 13 0.54167 54.167	7 2 0.083333 8.3333	7 1 0.04 4
8 9 0.375 37.5	8 2 0.083333 8.3333	8 1 0.04 4
9 2 0.083333 8.3333	9 1 0.041667 4.1667	9 1 0.04 4
10 3 0.125 12.5	10 1 0.041667 4.1667	10 1 0.04 4
11 3 0.125 12.5	11 1 0.041667 4.1667	11 1 0.04 4
12 3 0.125 12.5	12 1 0.041667 4.1667	12 1 0.04 4
13 3 0.125 12.5	13 1 0.041667 4.1667	13 1 0.04 4
14 2 0.083333 8.3333	14 1 0.041667 4.1667	14 1 0.04 4
15 1 0.041667 4.1667	15 0 0 0	15 1 0.04 4
16 1 0.041667 4.1667	16 0 0 0	16 1 0.04 4
17 1 0.041667 4.1667	17 0 0 0	17 1 0.04 4
18 1 0.041667 4.1667	18 0 0 0	18 1 0.04 4
19 1 0.041667 4.1667	19 0 0 0	19 1 0.04 4
20 1 0.041667 4.1667	20 0 0 0	20 1 0.04 4
21 6 0.25 25	21 0 0 0	21 0 0 0
22 1 0.041667 4.1667	22 0 0 0	22 0 0 0
23 2 0.083333 8.3333	23 0 0 0	23 1 0.04 4
24 5 0.20833 20.833	24 4 0.16667 16.667	24 1 0.04 4
25 10 0.41667 41.667	25 8 0.33333 33.333	25 25 1 100
		26 1 0.04 4
Max DC' = 0.54167 (node 7)	Max DC' = 0.33333 (node 25)	Max DC' = 1 (node 25)
Min DC' = 0.041667 (node 15)	Min DC' = 0 (node 15)	Min DC' = 0 (node 21)
DC classes = 25	DC classes = 17	DC classes = 24
DC sum = 102	DC sum = 32	DC sum = 48
DC' sum = 4.25	DC' sum = 1.3333	DC' sum = 1.92
DC' Mean = 0.17	DC' Mean = 0.053333	DC' Mean = 0.073846
DC' Variance = 0.020128	DC' Variance = 0.00535	DC' Variance = 0.034424

Figur D.2: Degree Centrality

BC' is the standardized BC.	The BC index of a node u is the sum of delta (s,t,u) for all s,t in V	
BC range: 0 < BC < 552	where delta (s,t,u) is the ratio of all geodesics between s and t which run through u. Read the Manual for more.	
BC' range: 0 < BC' < 1		
Dagens situasjon	Dagens situasjon, ekskludert nødvendige linker	Ved gjennomføring av forslag A
Node BC BC' %BC'	Node BC BC' %BC'	Node BC BC' %BC'
1 43.603 0.078991 7.8991	1 30 0.054348 5.4348	1 0 0 0
2 25.804 0.046746 4.6746	2 1.5 0.0027174 0.27174	2 0 0 0
3 75.789 0.1373 13.73	3 27 0.048913 4.8913	3 0 0 0
4 17.597 0.031878 3.1878	4 0 0 0	4 0 0 0
5 2.819 0.005107 0.5107	5 0 0 0	5 0 0 0
6 63.72 0.11543 11.543	6 18 0.032609 3.2609	6 0 0 0
7 215.75 0.39085 39.085	7 0 0 0	7 0 0 0
8 14.25 0.025815 2.5815	8 0 0 0	8 0 0 0
9 0 0 0	9 0 0 0	9 0 0 0
10 3 0.0054348 0.54348	10 0 0 0	10 0 0 0
11 6.3333 0.011473 1.1473	11 0 0 0	11 0 0 0
12 7.3206 0.013262 1.3262	12 0 0 0	12 0 0 0
13 3.654 0.0066195 0.66195	13 0 0 0	13 0 0 0
14 0.65397 0.0011847 0.11847	14 0 0 0	14 0 0 0
15 4.0694 0.0073722 0.73722	15 0 0 0	15 0 0 0
16 4.0694 0.0073722 0.73722	16 0 0 0	16 0 0 0
17 4.0694 0.0073722 0.73722	17 0 0 0	17 0 0 0
18 4.0694 0.0073722 0.73722	18 0 0 0	18 0 0 0
19 4.0694 0.0073722 0.73722	19 0 0 0	19 0 0 0
20 4.0694 0.0073722 0.73722	20 0 0 0	20 0 0 0
21 12 0.021739 2.1739	21 0 0 0	21 0 0 0
22 0.5 0.0009058 0.09058	22 0 0 0	22 0 0 0
23 21.75 0.039402 3.9402	23 0 0 0	23 0 0 0
24 74.458 0.13489 13.489	24 79.5 0.14402 14.402	24 0 0 0
25 140.58 0.25468 25.468	25 90 0.16304 16.304	25 552 0.92 92
		26 0 0 0
Max BC' = 0.39085 (node 7)	Max BC' = 0.16304 (node 25)	Max BC' = 0.92 (node 25)
Min BC' = 0 (node 9)	Min BC' = 0 (node 4)	Min BC' = 0 (node 1)
BC classes = 20	BC classes = 7	BC classes = 2
BC' sum = 1.3659	BC' sum = 0.44565	BC' sum = 0.92
BC' Mean = 0.054638	BC' Mean = 0.017826	BC' Mean = 0.035385
BC' Variance = 0.0082493	BC' Variance = 0.0018319	BC' Variance = 0.031302

Figur D.3: Betweenness Centrality