AALBORG
UNIVERSITET

JIT-leverancer baseret på mængdeudtræk i et byggeprojekt

Specialerapport
4. Semester kandidat
Byggeledelse

Aalborg Universitet
09. Juni. 2022

Katrine Voigt - Nour Aburashid - Vaishnavee Sasitharan

Aalborg Universitet

4. semester, Byggeledelse
Thomas Manns Vej 23
9000 Aalborg

AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Titel for projektet:

JIT-leverancer baseret på mængdeudtræk i et byggeprojekt

Emne:

Digitalt mængdeudtræk koblet på lokationsbaseret tidsplaner for udarbejdelse af leveranceplaner til JIT leverancer

Projekt:

BL4−Specialerapport

Projektperiode:

Januar 2022 − Juni 2022

Studerende:

Katrine Voigt
Nour Aburashid
Vaishnavee Sasitharan

Vejleder:

Kjeld Svidt

Specialerapport: 196 sider
Bilag: 10
Appendiks: 4
Vedlagte dokumenter: 1
Afsluttet: 9. Juni 2022

Synopsis:

I dette speciale er der udarbejdet et projekt, der lægger grundstenene for Just-in-time (JIT) leverancer i bygge- og anlægsbranchen ved at tage udgangspunkt i en dansk entreprenør virksomhed.
Ud fra JIT-teorier og eksisterende litteratur om JIT, der undersøger, hvordan JIT benyttes i bygge- og anlægsbranchen verden over, opstilles der gennem digitalt mængdeudtræk og lokationsbaseret tidsplaner, LBT, en leveranceplan, der kan fordre JIT-leverancer.
Løsningen baserer sig på kodningen af objektbaserede 3D modeller, hvor ud fra den foretages mængdeudtræk i Vico Office ud fra opstillingen af regneregler afhængig af objektet og rækkefølgen den skal installeres i bygningen på. Derefter kobles mængdeudtrækket gennem datamanipulation i PowerBI til lokationsbaserede tidsplaner, der munder ud i en leveranceplan.
Baseret på denne løsning klarlægges, hvilke processer der er nødvendige for at kunne benyttes i den brede bygge- og anlægsbranchen uafhængig af værktøjer.

Abstract

This project was made in collaboration with a Danish construction company.
The purpose of this project is to make the delivery of the right material in the right quantity, quality, time and location on a construction site possible by delivery plans that are based on digital quantity takeoff from obejct based 3D model and combine it with location based schedule.

This system is based on theories about Just in time (JIT) and researchs about the the use of JIT in the construction industry world wide. Based on the basic principle of JIT the projecgroup analyze how current construction projects develop through the different phases of a construction project by interviewing actors in the Danish construction company mentioned before. Based on this analysis the detail of the digital quantity takeoff is ajusted to fit in the different stages and level of process in the 3D model.

The object based 3D model is made in Revit and used in Vico Office for quantity takeoff. The quantity takeoff is then manipulated in PowerBI to connect it with the start date of activity on a construction side which results in a delivery plan.

Afterwards the system is generalized to the Dansih construction industry by taking into consideration the limitations that the actors of this industry experience through supply with quantities and the Danish building legislations like IKT-bekendtgørelsen og Ydelsesbeskrivelser that applies to public developer and public housings that are founded by state funds.

Præsentation af uddannelsen

Dette projekt er udarbejdet i forbindelse med sepciale delen af civilingeniøruddannelsen "Byggeledelse" på Aalborg Universitet.
Uddannelsen er en en toårig kandidatuddannelse, der fokuserer på byggeriets faser herunder gældende logistik, danske lovgivninger og arbejdsmiljø. Derudover undervises de studerende i de nyeste informationsteknologier som BIM samt projektledelse. De studerende stiller kendskab til alt dette gennem en videnskabelig tilgang, hvor de studerende hvert semester skal beskæftige sig med forskellige emner, som undersøges ud fra et casestudie og videnskabelige litteratur. (Aalborg Universitet, 2021a)
Den videnskabelige tilgang er et grundlæggende element i uddannelsen, hvor der er fokus på problembaseret læring (PBL).
PBL er et fokus i forbindelse med hvert semesterprojekt, hvor de studerende i et tidsbegrænsede semesterprojekt skal udarbejde en problemformulering og besvare denne ud fra analyser og bearbejdelse af forskelligt data, der munder ud i at grupperne sammen udarbejder et produkt. Gennem gruppearbejdet tillærer den studerende sig, hvordan gruppen i fællesskab styrer og gennemgører projekter og samarbejder som et effektivt team.(Askehave et al., 2015)
Semesterprojekternes emner baseres på semestrerenes fag, således de studerende kan benytte diverse teorier og metoder i projekterne.
Uddannelsens fire semestre har fokus på hvert deres emne, hvorudfra der skal udarbejdes et semesterprojekt. Udover semesterprojekt undervises der på hvert semester i tre fag, der omhandler førnævnte læringsområder.
På tredje semester har den enkelte studerende mulighed for at sammensætte semestret som det fremgår af nedenstående liste. På fjerde semester skal de studerende udarbejde et kandidatspeciale, der har fokus på en problemstilling i bygge- og anlægsbranchen.
Uddannelsens opbygning fremgår herunder (Aalborg Universitet, 2021b):

- 1. semester
  - Semesterprojekt: Projektledelse og produktion i byggeriet
  - Byggeprocessens styringsområder
  - Byggeriets rammebetingelser
  - Byggeriets vidanshåndtering
- 2. semester
  - Semesterprojekt: Ledelsessystemer i byggeriets virksomheder
  - Introduktion til byggeriets informationshåndtering
  - Udvikling af kvalitets−, risiko−, og projektstyringssystemer i byggeri
  - Strategi og performance measurements
- 3. semester
  - Valgmulighed A: Innovation i byggeriet
  - Valgmulighed B: Akademisk artikel
  - Valgmulighed C: Projektorienteret forløb i en virksomhed
- 4. semester
  - Kandidatspeciale

Den tilegnende viden igennem hvert semester skal gøre den enkelte studerende i stand til blandt

andet at forstå rammerne for bygge- og anlægsbranchen indenfor produktion, innovation og udvikling. (Aalborg Universitet, 2021b)

Aalborg Universitet, den 9. juni 2022

Katrine Voigt
kvoigt19@student.aau.dk

Nour Aburashid
nabura20@student.aau.dk

Vaishnavee Sasitharan
vsasit20@student.aau.dk

Forord

Nærværende rapport er udarbejdet af Katrine Voigt, Nour Aburashid og Vaishnavee Sasitharan på 4. semester af kandidatuddannelsen i Byggeledelse på Aalborg Universitet. 4. semester bestod af et speciale i samarbejde med virksomheden, Enemærke & Petersen og der indgår i det strategisk partnerskab, TRUST, med en dansk kommune.
Rapportens overordnede tema er "Just-in-time-leverancer ud fra digitalt mængdeudtræk".

Anerkendelser

Projektet har udarbejdet af projektgruppen med vejledning fra Kjeld Svidt, der har sparret og vejledt projektgruppen gennem projektet, som han skal have tak for.
Derudover et stort tak til Enemærke & Petersen a/s og TRUST for godt samarbejde, der har givet mulighed for at foretage observationer og undersøgelser, samt sat tid af til at besvare spørgsmål.

Læsevejledning

For at sikre læseren forstår opbygningen af rapporten gives en kort læservejledning.
I rapporten anvendes Harvard-referencemetode ved kildehenvisning, der i teksten fremgår som (Efternavn, udgivelsesår) som eksempelvis (Ohno, 1988). Citater fra kilder angives i apostroffer efterfulgt af kilden, som angivet i forestående eksempel. Hvis en kilde anvendes som baggrundsviden, anvendes følgende angivelse af kilden: Efternavn (udgivelsesår), eksempelvis Ohno (1988), hvor det her bruges om, at kilden fortæller noget. Angives en kilde indledningsvist i et kapitel/afsnit anvendes denne kilde, som udgangspunkt i hele afsnittet, medmindre andre kilder forekommer. Angives referencen derimod til sidst i en sætning, knytter kilden sig udelukkende til sætningen. Angives kilden derimod efter punktum tilknyttes den hele foregående tekststykke. Kildehenvisningerne er opstillet efter alfabetisk orden i litteraturlisten efter forfatterens efternavn eller firmaets navn.
Ved henvisning til figurer og tabeller refereres der først med kapitelnummer efterfulgt af fortløbende nummer således, det er angivet med to tal separeret med et punktum. Eksempelvis angives figur 8 i kapitel 4 som figur 4.8. Tilsvarende gælder for formler, der yderligere angives i parentes med efterfølgende formelforklaring. Eksempelvis angives formel 3 i kapitel 6 som formel (6.3).
I rapporten henvises til både bilag og appendikser med bogstaver. Bilag anvendes til interviews, figurer og forklaringer, hvor appendiks anvendes til fortrolige data, som ikke kan offentliggøres.
I rapporten tages der udgangspunkt i en dansk entreprenørvirksomhed, der fremover omtales som *entreprenørvirksomheden*. Derudover omtales det byggeprojekt, der benyttes som grundlag for den opstillede løsning som *casestudie* og entrepriseformen i casestudiet omtales som *det strategiske partnerskab* med mindre andet er angivet. I rapporten omtales forfattere af denne rapport som *projektgruppen*, hvor henvisninger til forfattere eller forskere af anvendt litteratur omtales som henholdsvis *forfatter* og *forskere*.
I projektet benyttes Vico Office R6.8 MR2, der herefter vil blive omtalt *Vico Office*.

Programmer

Som beskrevet ovenfor, tager projektarbejdet udgangspunkt i forsøg i Vico Office version R6.8 MR2. For importering af data i Vico Offices opstilles skabeloner i Excel og der benyttes objektbaserede 3D-modeller optegnet i Revit 2021.
Derudover er der anvendt InDesign til udarbejdelse af figurer.

Indholdsfortegnelse

Figurer xv

Tabeller xvii

I Rapport

Kapitel 1 Indledning 2

1.1 Digitale værktøjer 3

1.2 Just-in-time i bygge- og anlægsbranchen 5

Kapitel 2 Problemformulering 9

2.1 Problemstillinger 10

2.2 Afgrænsning 10

Kapitel 3 Just-in-time i Produktionsbranchen 12

3.1 Principper for JIT 12

3.2 Historie 17

Kapitel 4 Metode 19

4.1 Forskningsfilosofi 19

4.2 Forskningstilgang 20

4.3 Metodevalg 21

4.4 Forskningsstrategi 21

4.5 Tidshorisont 23

4.6 Dataindsamling og analyse 23

4.6.1 Interviews 24

Kapitel 5 Litteraturstudie 26

5.1 Litteratursøgning 26

5.2 Udvælgelse af litteratur 28

5.3 JIT i bygge- og anlægsbranchen 30

5.3.1 JIT materialestyring 30

5.3.2 Materialer til JIT bestilling 31

5.4 BIM-baseret mængdeudtræk i bygge- og anlægsbranchen 34

5.4.1 Udfordringer og begrænsninger ved mængdeudtræk 35

Kapitel 6 Teori 38

6.1 JIT i produktionsindustrien 38

6.2 Kanban 38

6.3 Informationssystemet til bestilling af varer 41

6.4 Bestilling af varer via Kanban . . . 42
6.5 Lokationsbaseret planlægning . . . 43
6.5.1 Lokationsbaserede mængder . . . 45
6.6 Last Planner System . . . 50
6.7 Kodning af bygningsmodellen . . . 52
6.7.1 BIM7AA . . . 53
6.7.2 Cuneco Classification System . . . 53
6.7.3 Masterformat® . . . 54

Kapitel 7 Indledende analyse . . . 56
7.1 Udbudsloven . . . 56
7.2 AB18, ABR18 og ABT18 . . . 56
7.3 IKT-bekendtgørelsen . . . 57
7.4 Ydelsesbeskrivelser . . . 58
7.4.1 Ydelsesbeskrivelser angående IKT . . . 59
7.5 Analyse af lovgivning og regulativer om udbud med mængder . . . 59
7.6 Strategiske partnerskaber . . . 63
7.6.1 Muligheder indenfor strategiske partnerskaber . . . 65
7.6.2 Tekniske muligheder i et strategisk partnerskab . . . 65
7.6.3 Lokationsbaseret tidsplanlægning på strategiske partnerskaber . . . 66

Kapitel 8 Analyse . . . 67
8.1 Analyse for JIT historie for bygge- og anlægsbranchen . . . 67
8.2 JIT analyse . . . 68
8.2.1 Kanbans til bygge- og anlægsbranchen . . . 68
8.2.2 JIT ordrer . . . 70
8.3 Lokationsbaseret tidsplanlægning . . . 73
8.4 Last Planner System . . . 74
8.5 Proces analyse . . . 75
8.6 Byggepladsbesøg . . . 79
8.7 Aktivitetsliste . . . 81
8.8 Leveranceplan . . . 81
8.9 Importering til Vico Office . . . 82
8.9.1 Opmålingsregler . . . 87
8.9.2 Processer . . . 87
8.9.3 Aktivitetslisten til Vico Office . . . 87

Kapitel 9 Resultater fra analysen . . . 90
9.1 JIT i bygge- og anlægsbranchen . . . 90
9.1.1 Kanban . . . 91
9.2 Strategiske partnerskaber . . . 91
9.3 Digitale bygningsmodeller . . . 92
9.4 Aktivitetsrækkefølge . . . 93

9.5 Leveranceplaner . . . 93
9.6 Processer i det strategiske partnerskab . . . 93

Kapitel 10 Løsningsforslag . . . 95
10.1 Vision for JIT-leverancer ved mængdeudtræk . . . 95
10.2 Forudsætninger for løsningsforslaget . . . 96
10.3 Proces for løsningsforslag . . . 99
10.4 Storyboarding for BIM-baseret mængdeudtræksproces . . . 102
10.4.1 Lokationsopdeling af 3D modellen . . . 103
10.5 Leveranceplan . . . 110
10.6 Sammenligning mængder fra Vico Office og Revit . . . 114

Kapitel 11 Udbredelse til bygge- og anlægsbranchen . . . 115
11.1 Kanbans . . . 115
11.2 Tekniske forudsætninger . . . 116
11.3 Arbejdsprocesser . . . 119

Kapitel 12 Diskussion . . . 121
12.1 JIT i forhold til bygge- og anlægsbranchen . . . 121
12.2 BIM-baseret mængdeudtræk . . . 122
12.2.1 Usikkerhed i opmålinger i 3D . . . 122
12.3 Lokationsbaserede tidsplaner . . . 122
12.4 Håndtering af data til andre programmer . . . 123
12.5 JIT bestillinger . . . 123
12.5.1 Udfordringer ved JIT . . . 124
12.6 Er løsningsforslaget JIT? . . . 124
12.7 Projektets reliabilitet og validitet . . . 125

Kapitel 13 Konklusion . . . 127
13.1 Problemstillingerne . . . 127
13.2 Problemformulering . . . 132

Kapitel 14 Det videre arbejde . . . 134
14.1 Projektændringer . . . 134
14.2 Spild . . . 134
14.3 Regneregler og ansvarsfordeling . . . 135
14.4 Vedligeholdelse af leveranceplanen . . . 135
14.5 Lokationsbaserede tidsplaner . . . 135
14.6 Leverancepakkernes størrelse og grøn omstilling . . . 135
14.7 Implementering af JIT . . . 136

Kapitel 15 Litteraturliste . . . 138

II Bilag

Bilag A Teori i bilag 146
Bilag B Interviewguide LEAN Produktionschefen 151
Bilag C Interview med LEAN produktionssupportchefen 153
Bilag D Interviewgudie Beregneren 157
Bilag E Interviewreferat 161
Bilag F Referat af præsentation 165
Bilag G Møde med IKT-gruppen 167
Bilag H Proces for mængdeudtræk i Vico Office 169
Bilag I Vico Office - tags 174
Bilag J Oversigt over opmålingsregler 178

III Appendiks

Appendiks A Nuværende processer for hvert aftaletrin 184
Appendiks B Dashboard til operationalisering og visualisering af mængdeudtræk . . 186
Appendiks C Lokationsbaseret tidsplan for Casestudiet 190
Appendiks D Hjælpeark og dataark til Vico Office importering 191

Figurer

1.1 Udviklingen i materiale- og arbejdsomkostninger indenfor byggeri . . . 3
1.2 Forskellige niveauer i BIM . . . 4
1.3 Tidsbesparelse ved mængdeudtræk ved anvendelse af BIM-værktøj . . . 4
1.4 Problemområdets omfang i bygge- og anlægsbranchen . . . 7
1.5 Fordelingen af leverancetyper fra en leverandør til entreprenørvirksomheden . . . 8

3.1 Typer af kanbans . . . 14
3.2 Trækkende- og Produktionsordrerkanban . . . 15

4.1 Research Onion . . . 19
4.2 Abduktiv forskningstilgang . . . 21
4.3 Trin i Kontekstuel Design . . . 22
4.4 Tabel over forskningsstrategi for hver problemstilling . . . 23

5.1 Brainstorming for søgeord og søgekombinationer til søgestrengene i litteraturstudie . . . 27
5.2 PRISMA FLow Diagram for litteratursøgning for JIT . . . 28
5.3 PRISMA Flow Diagram for litteratursøgning for mængdeudtræk . . . 29
5.4 Model til gennemgang af materialer, der kan bestilles JIT . . . 31

6.1 Eksemepl på trækkende kanban . . . 39
6.2 Eksempel på produktionsordrekanban . . . 39
6.3 Eksempel på leverandør kanban . . . 40
6.4 Eksempel på signalkanban . . . 40
6.5 Eksempel på LBT . . . 44
6.6 Eksempel på lokationsopdeling . . . 45
6.7 Visualisering af lag et af de fem logiske lag i LBT . . . 47
6.8 Visualisering af lag to af de fem logiske lag i LBT . . . 47
6.9 Visualisering af lag tre af de fem logiske lag i LBT . . . 48
6.10 Visualisering af lag fire af de fem logiske lag i LBT . . . 48
6.11 Visualisering af lag fem af de fem logiske lag i LBT . . . 49
6.12 Last Planner Systemet . . . 51

7.1 Udbudsmuligheder for byggeprojekter . . . 64

8.1 Masterproduktionsplan, Produktionsbehovsprognosen og Kanbans . . . 68
8.2 Illustrering på eksempel på funktion af leverandørkanban . . . 69
8.3 Eksempel på trækkende og produktionsordrekanban for bygge- og anlægsbranchen . . . 70
8.4 Ordrer der kan bestilles og leveres JIT . . . 71
8.5 LBT for tømreraktiviteter . . . 73
8.6 LBT i Gantt-format . . . 74
8.7 Nuværende processer i Behovsafklaringsfasen i casestudiet . . . 76
8.8 Nuværende processer for byggeprojekt i Opstarts-, Ideoplægs- og Byggeprogramsfasen, . . . 76
8.9 Nuværende processer for byggeprojekter i Dispostionsforslag og projektforslag . . . 77
8.10 Nuværende processer for byggeprojekter i Myndighedsprojekt, hovedprojekt og udførsel 78
8.11 Billede af 30cm gips opsætning på Væg 2.side gips . . . 80
8.12 Eksempel på aktivitetslisten i det strategiske partnerskab . . . 81
8.13 Forløbet med udvikling af kode i Excelark til Vico Office . . . 84
8.14 Screenshot af New Component i Vico Office . . . 85
8.15 Opstilling af Excelark for ny bygningsdel . . . 85
8.16 Excelarket hvori dataarket fremgår . . . 86
8.17 Forslag til angivelse af produkttype i Excelark til Vico Office import . . . 87
8.18 Visualisering af opdelingen i aktivitetslisten for nemmere import i Excelark . . . 88

9.1 Informationer til JIT-leverancer . . . 90
9.2 Materialer der indgår i løsningsforlaget . . . 91

10.1 Materialer der indgår i løsningsforlaget . . . 97
10.2 Piktogram for proces for mængdeudtræk for dispositions- og projektforslaget . . . 100
10.3 Piktogram for proces for mængdeudtræk i hovedprojektet . . . 100
10.4 Oversigt over roller i proces og opstartsprocessen . . . 101
10.5 Proces for opstartsfasen i løsningsforslaget . . . 101
10.6 Input til mængdeudtræksprocessen i dispositionsforslaget . . . 102
10.7 Input til mængdeudtræksprocessen i projektforslaget . . . 102
10.8 Input til mængdeudtræksprocessen i hovedprojektet . . . 102

10.9 Overførelse af typekodning fra Revitmodellen til Vico Office . . . 103
10.10 Screenshot af TOI-builder til opsætning af Takeoff &Estimate . . . 104
10.11 Dekonstruktion af let indervæg til mængdeudtræk i Vico Office . . . 105
10.12 Importering af Excelark i Vico Office . . . 108
10.13 Rapport fra Vico Office . . . 109
10.14 Report entiteter til mængdeudtræk i Vico Office . . . 109
10.15 LBT i Gantt-format for tømreraktivitet . . . 110
10.16 LBT i flowdiagram for tømreraktivitet . . . 111
10.17 Screenshot af leverancedata i PowerQuery . . . 111
10.18 Screenshot af proces i PowerQuery . . . 112

11.1 Fremgangsmåde i hvert aftaletrin for JIT-leverancer . . . 119

12.1 Vandring af data for at udarbejde leveranceplaner . . . 123

13.1 Proces for mængdeudtræk . . . 131
13.2 Arbejdsopgaver for at opnå JIT-leverancer i byggeprocessen . . . 132

A.1 Aktivitetsbaseret tidsplan . . . 149
A.2 Eksempel på optimeret tidsplan med LBT . . . 149

H.1 Screenshot af Add-in knap til eksportering . . . 169
H.2 Screenshot af indlæsning af Revitmodel ti Vico Office . . . 169
H.3 Screenshot af import af BIM-noation til Vico Office . . . 170
H.4 Aktivering af 3D-modellen i Vico Office . . . 170
H.5 Lokationsopdeling af revitmodellen . . . 171
H.6 Lokationsopdeling af revitmodellen . . . 171
H.7 Markering af placering af *TOU-builder og Takeoff & Estimate* . . . 172
H.8 Screenshot af proces for importering af EXcelark . . . 172
H.9 Resultat af importering af 3D-model og Excelark . . . 173

I.1 Tag Editoren i Vico Office. . . . 174
I.2 Screenshot af hvordan nye tag oprettes og defineres . . . 175
I.3 Tag til Cost planeer/Estimate . . . 176
I.4 Tag til importering af Excelark . . . 176
I.5 Tag til Take off & Estimate . . . 177
I.6 Inkludering af tag til rapport . . . 177

A.1 Nuværende processer i det strategiske partnerskab . . . 185

B.1 Screenshot af PowerBI til dashboard . . . 187
B.2 Screenshot af dekonstruering af sammensat element i PowerBI . . . 188
B.3 Screenshot af dashboard med pakkeinddeling og informationer om pakkerne . . . 189
B.4 Screenshot af dashboard med highlight af udvalgt materiale . . . 189

C.1 LBT for casestudiet . . . 190

Tabeller

7.1 Liste over aktørers udfordring ved udbud med mængder 60
7.2 Liste over aktørers udfordring ved udbud med mængder 61
7.3 Liste over aktørers udfordring ved udbud med mængder 62
7.4 Regulativer for mængdeudtræk 63

8.1 Forkortelser anvendt i det strategiske partnerskab 75

10.1 Skabelonkolonner, som anvendes til importering i Vico Office. 105
10.2 Forklaringe af koder i Excelarket 105
10.3 Forklaring af navngivning og opmålingsregel i Excelarket 106
10.4 Forklaring af produktkode, spild og enhed 106
10.5 Forklaring af felttype og pakkenummer i Excelarket 107
10.6 Datapunkter i mængdeudtrækket fra import til rapporteksportering. 109
10.7 Leveranceplan 113

Rapport

Kapitel 1 Indledning 2

Kapitel 2 Problemformulering 9

Kapitel 3 Just-in-time i Produktionsbranchen 12

Kapitel 4 Metode 19

Kapitel 5 Litteraturstudie 26

Kapitel 6 Teori 38

Kapitel 7 Indledende analyse 56

Kapitel 8 Analyse 67

Kapitel 9 Resultater fra analysen 90

Kapitel 10 Løsningsforslag 95

Kapitel 11 Udbredelse til bygge- og anlægsbranchen 115

Kapitel 12 Diskussion 121

Kapitel 13 Konklusion 127

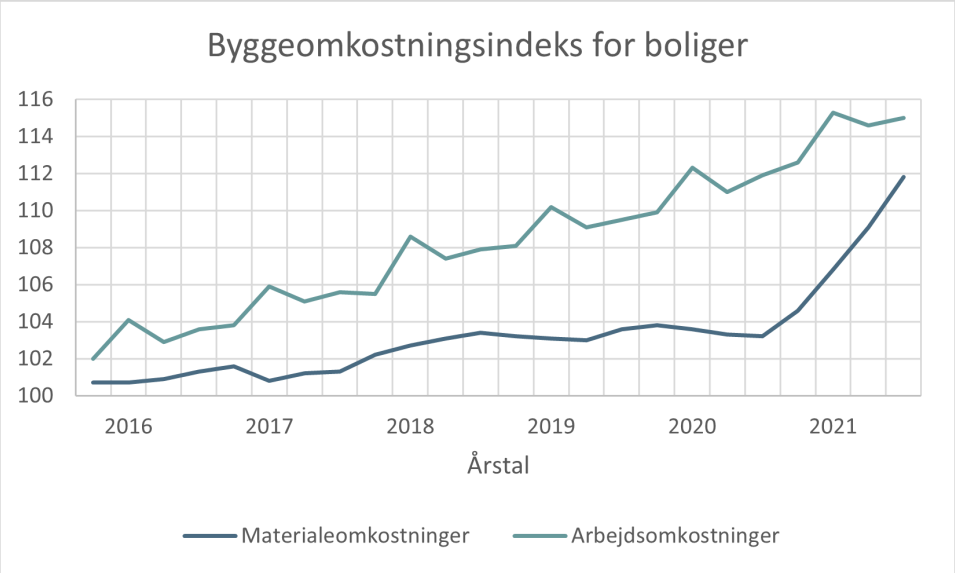
Kapitel 14 Det videre arbejde 134

Kapitel 15 Litteraturliste 138

1 | Indledning

I dette kapitel beskrives, hvorledes problemformuleringen opstillet i kapitel 2 er relevant for samfundet. Her klarlægges hvorledes fokus på en grønnere verden påvirkes af bygge- og anlægsbranchens aktiviteter og udviklingen indfor digitalisering i branchen , samt hvorledes løsningen på problemformuleringen og -stillinger kan gavne alle aktører indenfor bygge- og anlægsbranchen.

Fokus på bæredygtighed har tidligst eksisteret siden 1987, hvor Brundtlandsrapporten blev til. Heri defineres bæredygtighed, som har dannet grundlaget for fremtidige aspekter om bæredygtighed. (Jan Johansson, 2020)
Også UNDP Danmark (2022) er dannet på grundlag af Brundtlandsrapporten. I UNDP Danmark (2022) kan det ses, at FN's medlemslande i 2015 mødtes for at definere og opstille mål for, hvorledes landene sammen skal skabe en mere bæredygtig verden for både mennesker og planeten i nutiden og fremtiden. På sammen møde forpligter alle medlemslandene sig til at opfylde de 17 verdensmål, der skal sikre en bæredygtig verden frem mod 2030.
I verdensmål nummer 13 indgår blandt andet, at mængden af CO_2-udslip skal reduceres (UNDP Danmark, 2022). Ifølge aftalen skal medlemslandene være med til at reducere den globale CO_2-udledning med 45 % frem mod 2030 fra niveauet i 2010 (United Nations, 2021), hvor Danmark skal reducere CO_2-udslippet med 70 % (Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget, 2019-2020).
I Danmark blev der i 2022 udledt 42 mioton CO2-ækvivalenter (Danmarks statistik, 2021). Hvor bygge- og anlægsbranchen ifølge Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget (2019-2020) står for en tredje del af CO_2-udslippet. Dette er ikke gået politikkerne forbi, som arbejder på at indføre kvoter for maksimale udledning af CO_2 for nybyggeri på over $1000m^2$. Politikkerne vil i 2023 indføre en maksimal grænse på 12kg $CO_2e/m^2/r$ for hele livscyklussen af et nybyggeri (Andersen, 2021). Dette sammen med indførelsen af, at transport, energiforbrug , vandforbrug og mængden af byggeaffald skal dokumenteres fra 2023 i forbindelse med lovliggørelsen af den frivillige bæredygtighedsklasse, bliver der fortsat sat større og større fokus på den grønne omstilling i bygge- og anlægsbranchen.
Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget (2019-2020) tilkendegiver også, at bygge- og anlægsbranchen udleder megen CO_2 gennem hele byggeriets livscyklus. Særligt lægges der vægt på, at selve opførelsen af byggerier og produktionen af byggematerialer er meget belastende, idet det udgør 10% af Danmarks CO_2-udslip.
Et andet aspekt i forhold til bygge- og anlægsbranchens negative indvirkning på miljøet og bæredygtighed, er materialelogistikken, der i stor grad påvirkes af, at 10% af det samlede materialeforbrug udgør materialespild på grund af, at materialer forsvinder eller ødelægges. Derudover påpeges det, at 20% af håndværkernes tid benyttes til at finde, flytte og genbestille materialer, hvilket skyldes, at materialet er forfaldet eller forkerte materialer er blevet leveret. (Malmgreen, den 7.juni 2021)
Genbestillingen og generel indkøb af materialer er ikke uden omkostninger, hvor der af Statistik (2021) fremgår, at omkostninger til materialer i forbindelse med byggeomkostninger er steget med 1,4% i første kvartal af 2021. Denne omkostning er steget stødt igennem de sidste år, hvilket fremgår af figur 1.1.

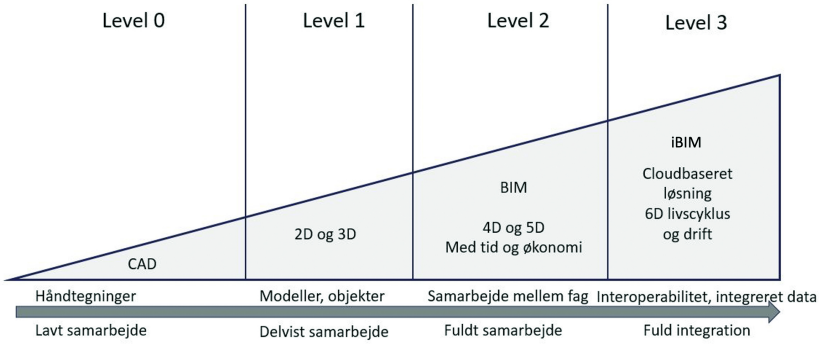


Figur 1.1: Af grafen fremgår udviklingen i omkostninger til materiale og arbejdstimer indenfor byggeri siden 2016. Grafen er udarbejdet på baggrund af data fra Statistik (2021).

Det fremgår også af figur 1.1, at arbejdsomkostningerne også er steget stødt siden 2016. Ses dette i sammenhæng med, at en håndværker arbejder effektivt 33% af tiden, som vedkommende er på byggepladsen (Jaudan og SiteHub, 2021), er dette en meget lav produktivitet. Heggland (2020) påpeger, at en tredjedel af arbejdstiden på byggepladsen skyldes spildtid og ventetid, fordi der mangler materialer. Dermed påvirkes bygge- og anlægsbranchens produktivitet, som ofte bliver sammenlignet med produktivitetsniveauet i produktionsindustrien. Der er dog hjælp at hente i form af digitale værktøjer (Heggland, 2020), hvor der er sket en udvikling indenfor de seneste år.

1.1 Digitale værktøjer

Udviklingen af digitale værktøjer har sat skub i udviklingen af BIM-værktøjer således, der kommer et helhedsfokus på byggeriets mange faser. Niveauer indenfor BIM-værktøjer er afbilledet i figur 1.2. Når der arbejdes med 4D og 5D kan der arbejdes i Level 2, hvor der i dag, ifølge *BIM-kurset* på Byggelederuddannelsen, arbejdes i Level 0 og Level 1 i størstedelen af bygge- og anlægsbranchen. Dermed kan der i overensstemmelse med 3D-modellen skabes sammenhæng mellem tidsplaner og økonomi.



Figur 1.2: Af figuren fremgår niveauer i BIM, der kan arbejdes med indenfor byggeprojekter. Figuren er udarbejdet på baggrund af Sacks et al. (2018)

Udviklingen i BIM-værktøjer har været nødvendige specielt i forbindelse med kalkulering af materialer i et byggeprojekt, hvor der anvendes megen tid på at kvantificere mængder. Ved mængeopmåling med 2D-software anvendes op til $50 - 80\%$ af arbejdstiden på kvantificering af materialer. Ved at anvende BIM-værktøjer til mængdeudtræk kan arbejdstiden reduceres betydeligt, hvilket fremgår af figur 1.3. Wahab og Wang (2022)

Kategori	Indhold	Tid (Minutter)	
		Manuel	Revit
Tabel over værelser	Gulve og loftsammensætningær	40	20
Fundamenter	Søjlefundament, stribefundament, pladefundament	125	20
Udførelsesfase	Vægge, søjler, dragere	420	10
Vertikale bygningsdele	Murværk, isolation	450	30
Væg overflade	Puds, maling	330	20
Loftsammensætning	Loftsammensætning	20	15
Gulvsammensætning	Gulvsammensætning	40	15
Vægsammensætning	Vægsammensætning	100	20
Facade	Facade	240	20
Tagsammensætning	Tagsammensætning	20	5
Altansammensætning	Altansammensætning	50	15
Jordarbejde	Udgravninger, volde, fjernelse	120	-
Trapper	Trapper	60	-
Andre konstruktioner og arbejde	Rengøring, tildækning	70	20
Tabeller for mængdeudtræk		-	130
Total		2085	340

Figur 1.3: Af tabellen fremgår tidsbesparelsen ved at anvende BIM-værktøjer til mængdeudtræk. Værdierne er baseret på Wahab og Wang (2022).

BIM-modeller kan reducere den anvendte tid, idet mål og mængder af hvert bygningselement kan trækkes ud direkte fra modellen. Der findes BIM-softwareapplikationer, som har egenskaben for mængdeudtræk. Dette kan reducere arbejdstiden til mængdeudtræk med 80%, hvor nøjagtigheden af mængderne ligger indenfor 3% ifølge Olsen og Taylor (2017).
Denne digitale udvikling er derved med til at påvirke arbejdsgange og effektiveringen af disse. Det område, der påvirker miljøet negativt, indenfor bygge- og anlægsbranchen, kan ifølge Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget (2019-2020) påvirkes gennem materialestyring. For at kunne reducere CO_2-udslippet igennem hele et byggeris livscyklus, opstiller Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget (2019-2020) en række anbefalinger, der blandt andet omfatter at reducere mængden af byggeaffald, der udgør 4,5mio ton CO_2 om året, ved at anvende mindre mængder materialer, skabe materialeoptimering og benytte materialerne bedst muligt i nødvendige mængder. Derudover anbefales det, at der på det enkelte byggeri bruges tid på at planlægge byggepladsens logistik herunder materialeopbevaring, planlægning af materialeflow og ugentlige kontrol af aktiviteter med nødvendige materialer for at kunne udføre disse aktiviteter. Anbefalingerne, der opstilles af Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget (2019-2020) til at reducere CO_2-udslippet under udførelsesfasen af et byggeprojekt, kan ifølge projektgruppen sammenlignes med den japanske produktionsfilosofi Just-in-Time (JIT), som er defineret hos bilproducenten Toyota.
Ved at anvende JIT produceres og leveres færdige produkter i tide til at blive solgt. De rigtige materialer leveres med den rigtige kvalitet og mængde til det rigtige sted på det rigtige tidspunkt lige i tide til at blive samlet til færdige produkter (Ohno, 1988). Ved at anvende principper indenfor JIT formås ikke alene at reducere CO_2, opnå kvalitet, reducere materialespild men også at skabe produktivitet.
Der er da også sket en udvikling i bygge- og anlægsbranchen, der omfatter udviklingen i digitale værktøjer til effektivisering samt indførelsen af IKT-bekendtgørelsen, der gør det muligt at kombinere den japanske filosofi med digitale værktøjer til at opnå effektivisering samt at rette materialer i den rette mængde og kvalitet leveres til den rigtige lokation i byggeriet. Dermed gavner optimeringen i forhold til JIT ikke kun FN's 17 verdensmål, men kan også gavne den enkelte aktør i bygge- og anlægsbranchen, hvilket belyses nærmere i det følgende.

1.2 Just-in-time i bygge- og anlægsbranchen

Resultatet af JIT gavner ikke kun den enkelte aktør, men ville også kunne gavne hele branchen i fællesskab ved at skabe tættere samarbejde i bygge- og anlægsbranchen. Anvendelsen af JIT i bygge- og anlægsbranchen vedrører og gavner ikke kun leverandøren i branchen, men også entreprenøren og bygherren. (Akintoye, 1994)

Fordele for entreprenøren

Ved at anvende og implementere JIT på byggeprojekter, opnår entreprenøren at reducere opbevaringsplads til unødig materiale, som også reducerer omkostninger, idet der ikke etableres et lager og intet unødvendig materiale indkøbes. Omkostningen reduceres yderligere, idet omkostninger til materiale i forhold til forsikring, beskyttelse mod tyveri og ødelagte materialer ikke opstår i forbindelse med materialeopbevaring på byggepladsen.
Udover økonomiske besparelser, kan anvendelsen af JIT gøre entreprenøren i stand til at konkurrere bedre i forhold til prissætning af byggeprojekter.
Filosofien gavner ikke kun entreprenøren økonomisk og konkurrencemæssigt, men kan også skabe

kortere cyklustid samt hurtigere og gnidningsfrie arbejds- og materialeflow for byggematerialet, hvilket er en vigtig faktor for reducering af lagerplads og antallet af leverancer.(Akintoye, 1994)

Fordele for leverandøren

Leverandøren opnår ved JIT at minimere håndteringsomkostninger ved at leverancer planlægges. Produkter produceres af leverandøren ud fra den mængde entreprenøren tilkendegiver for hver levering, som leverandøren leverer i angivet mængder med hyppig levering direkte til lokationen på byggepladsen til den rette tid. Hermed kommer leverandøren hurtigt af med sine produkter og undgår derved etablering af et lager og reducerer sine omkostninger. Dette forårsager også, at leverandørens leveringsevne bliver bedre.(Akintoye, 1994)

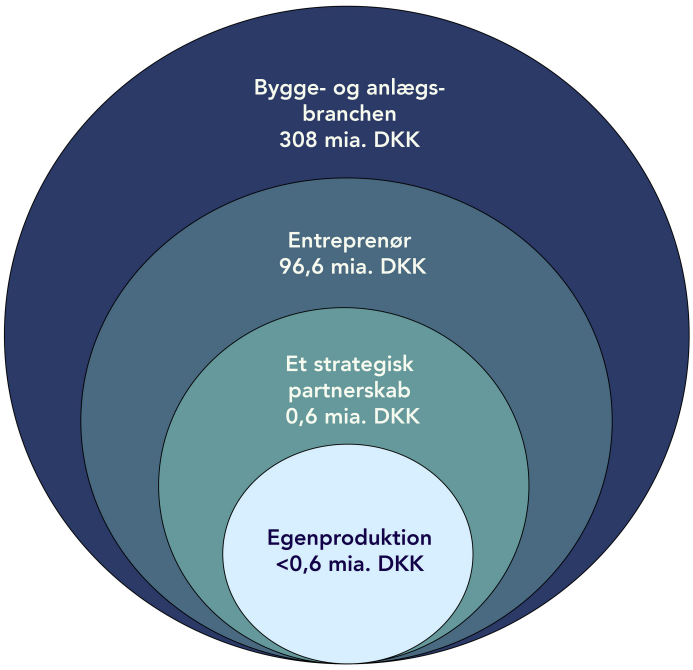
Fordele for bygherre

Fordele for bygherren ved anvendelsen af JIT er, at kvaliteten af både mellemprodukter og slutproduktet forbedres. Derudover sikres leveringsdygtigheden af alle aktørerne.

Gennem anvendelsen af JIT i bygge- og anlægsbranchen er en af fordelene fra JIT, at der gøres plads til aktiviteter, der tilføjer værdi og dermed minimerer spild i form af overproduktion, ventetid, transport af materiale, materialehåndtering, materialelager, bevægelse og defekte produkter foruden at gøre bygge- og anlægsbranchen mere produktiv og mere miljøvenlig. (Akintoye, 1994; Ang og Low, 2003; Pheng og Hui, 1998)

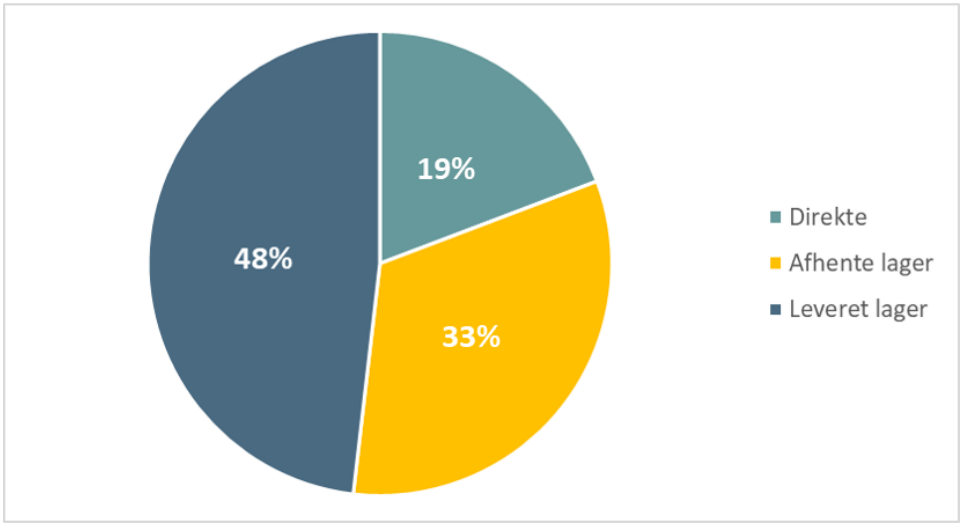
Omfanget af problemområdet

For at beskrive hvor stort problemområdet er, opsættes en model for at illustrere hvor stor en del af bygge- og anlægsbranchen, der direkte kan påvirkes af løsningsforslaget i dette projekt. Dette beskrives ved at opsætte omsætningen for de forskellige områder i bygge- og anlægsbranchen. Ifølge Danmarks Statistik omsatte bygge- og anlægsbranchen for 308mia DKK i 2020 (Lubson, 2021). Deraf havde entreprenører en omsætning på 96,6mia DKK (Lubson, 2021), hvoraf det strategiske partnerskab, omsætter for 2,5mia DKK i løbet af fire år (TRUST, 2022; Redaktionen/stkj, 24. november 2021), hvilket i gennemsnit svarer til 0,6mia DKK årligt. Dette er også illustreret på figur 1.4.



Figur 1.4: Problemområdets omfang ud fra årlig omsætning i bygge- og anlægsbranchen i forhold til det strategiske partnerskab. Boblernes størrelse er ikke repræsentative, men anvendes til at skabe forståelse for omfanget af problemområdet. Data i figuren er baseret på Lubson (2021) og Redaktionen/stkj (24. november 2021)

Relevansen af nærværende projekt bliver endnu tydeligere, hvis der tages udgangspunkt i leverancedata fra en leverandør til entreprenørvirksomheden, der tages udgangspunkt i denne rapport. Dette er fremgår af figur 1.5. I figur 1.5 ses det, at 33 % af ordre er afhentet hos leverandøren. Dette kan indikere, at der er plads til forbedring af planlægningen af materialebestillinger og -leverancer, hvormed entreprenører i bygge- og anlægsbranchen kan være med til at reducere branchens negative aftryk på verdenen og skabe bedre flows i materialer og aktiviteter på byggepladsen.



Figur 1.5: Af figuren fremgår fordelingen af leverancetyper fra en leverandør til entreprenørvirksomheden fra casestudiet for de sidste 12 måneder. I figuren udgør *direkte leverancer*, leverancer fra underleverandør til byggepladsen. *Afhente lager* referer til afhentning af materialer fra lager af byggeledelsen og *leveret lager* betyder leverandør leverer materialer ved hjælp af en lastbil til byggepladsen. Fordelingen er baseret på leverancedata, som entreprenørvirksomheden har modtaget fra leverandør. Der er indhentet skriftlig godkendelse fra indkøberen hos entreprenørvirksomheden til offentliggørelse af denne data.

På baggrund af disse kendsgerninger forsøger projektgruppen at opstille et grundlag for bedre materialelogistik for et byggeprojekt.

2 | Problemformulering

I dette kapitel beskrives problemformuleringen for denne rapport. Problemformuleringen definerer projektets formål og i problemstillingerne stilles spørgsmålene, som skal bidrage til at besvare problemformuleringen.

Interessen for dette projekt er opstået på baggrund af virksomhedsophold på 3.semester af byggeledelses uddannelsen på Aalborg Universitet, hvor projektgruppen gjort sig nogle observationer, der belyser problematikker vedrørende materialestyring.

Virksomhedsophold ved entreprenør med egnproduktion

I forbindelse med et virksomhedsophold hos en entreprenør med egenproduktion i form af tømrerarbejde og murerarbejde, observeres det, at materialer bestilles på en ineffektiv måde.
Materialebestillingen starter, når byggeledelsen får besked om, at et sjak er klar til nye materialer gennem formanden. Derefter foretages der opmåling af de pågældende områder, hvor opmålingen udføres manuelt enten ved at måle op ude på byggepladsen eller på 2D-projekttegninger ved hjælp af programmet BlueBeam Revu. Derudover observeres det, at opmålingen foretages af ikke kvalificerede personer, som ikke havde stor interesse for opgaven.
Efter opmålingen bestilles materialer direkte hos leverandøren telefonisk eller per mail. Materialerne leveres herefter af leverandøren, som kan levere med én dags varsel, hvis bestillingen udelukkende indeholder lagervarer, som største delen af egenproduktionens materialer er. Derfor kunne byggeledelsen tillade sig at bestille med kort tids varsel.

Virksomhedsophold ved entreprenør uden egenproduktion

Ved et virksomhedsophold hos en entreprenørvirksomhed uden egenproduktion, opleves også udfordringer med opmåling. Her anvendes også Bluebeam Revu samt 3D-modeller i Dalux, hvor arbejdsopgaven tildeles en ledig medarbejder.
På baggrund af opmålingen foretages bestillinger, som i nogle tilfælde deles med relevante aktører i Dalux. Her videregives informationer som tegninger, mængder og lignende, som deles med kontaktpersonen hos leverendøren, hvor kontaktpersonen har også mulighed for at dele filer med entreprenøren.

I forbindelse med et andet virksomhedsophold ved en entreprenør uden egenproduktion opleves det, at materialestyring var en centralt punkt i udførelsesfasen grundet byggepladsens placering. Byggeriet blev opført på en gågade, hvorfor pladsen var begrænset.
Idet forholdene indtil byggepladsen var begrænset, opleves det, at UE bestiller materialer til byggeriet i store partier selvom, det ikke skal bruges indenfor de næste tre uger. Dette medførte megen dobbelthåndtering, idet andre UE ved påbegyndelse af et arbejde skulle bruge megen tid på at fjerne materialer indenfor det pågældende arbejdsområde, hvilket resulterede i et forstyrret arbejdsflow. Yderligere opleves arbejdsstop, idet UE nægtede at udføre arbejde medmindre de ansvarlige for materialerne fjernede materialerne.
Derudover opleves det også, at der på byggepladsen i nogle tilfælde var en mangel på materialestyring, hvor store mængder materialer blev leveret uden, at UE havde sørget for, at der kunne foretage uforstyrret leveranceflow til den pågældende lokation.

Relevans til bygge- og anlægsbranchen

Materialestyringen er ikke kun observeret af projektgruppen som værende et problem i bygge- og anlægsbranchen.
I indledningen belyses dette også som værende en problemstilling i bygge- og anlægsbranchen, som kan være med til at reducere branchens negative aftryk på miljøet.
Materialestyringen minimerer ikke kun det negative aftryk på klimaet og optimerer produktiviteten (Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget, 2019-2020), men ifølge JIT-filosofien kan dette også øge kvaliteten og økonomien i et byggeprojekt og kan skabe fordele for alle aktører i bygge- og anlægsbranchen ved at foretage mængdeudtræk til rettidige leverancer af materialer i den rette mængde til den rigtige lokation i byggeriet.
Som det også fremgår af kapitel 5 har bygge- og anlægsbranchen ikke høstet værdierne i JIT filosofien eller kombineret dette med den digitale udvikling. Formålet med projektet er derfor, at lægge grundstenene for at gøre JIT leverancer mulige ud fra digitale bygningsmodeller og lokationsbaseret tidsplaner (LBT). Det er disse bevæggrunde, der danner grundlag for følgende problemformulering og problemstillinger:

> *Hvordan kan der laves Just-In-Time-leveranceplan ud fra mængdeudtræk på et byggeprojekt?*

2.1 Problemstillinger

Følgende problemstillinger skal hjælpe til at besvare ovenstående problemformulering:

1. Hvordan foregår nuværende processer for mængdeudtræk?
2. Hvilke forudsætninger er der for at kunne foretage et mængdeudtræk, som kan fungere til JIT-leverancer?
3. Hvordan kan der anvendes JIT i bygge- og anlægsbranchen?
4. Hvordan trækkes BIM-baserede mængder ud af et byggeprojekt?
5. Hvilke processer skal opsættes for at kunne muliggøre JIT-leverancer på et byggeprojekt?

2.2 Afgrænsning

Projektet handler om at opnå JIT med hjælp af et mængdeudtræk. Grundet den begrænsede tidsramme for projektet, afgrænses projektet. Afgrænsningen har til formål at undersøge en løsning under nogle specifikke vilkår, hvormed at andre projekter med lignende vilkår vil kunne bruge det opstillede løsningsforslag i kapitel 10. Der forsøges dog at foretage en generalisering af løsningsforslaget, således vigtige elementer kan viderebearbejdes til byggesager med andre vilkår indenfor bygge- og anlægsbranchen. Dette fremgår af kapitel 11.

Løsningsforslaget baseres og afprøves som udgangspunkt på et casestudie indenfor et strategiske partnerskab, hvor en dansk kommune varetager rollen som bygherre. Derudover undersøges mængdeudtræk udelukkende på egenproduktionsleverancer, som hovedsageligt kommer fra en leverandør.

Projektet vil også hovedsageligt beskæftige sig med perioden omkring overdragelsen af hovedprojektet fra rådgiverne til entreprenørerne, som skal stå for udførselsfasen. Derudover vil projektet have fokus på mængdeudtræk fra digitale bygningsmodeller til egenproduktionen, idet det er her, byggeledelsen bruger meget tid på selv at efterberegne mængderne i de relevante mængder, som der skal bruges på byggepladsen.
Idet formålet med projektet er at gøre JIT-leverancer mulige baseret på mængdeudtræk, afgrænses projektet til kun at fokusere på at opstille et system, der kan gøre dette muligt. Derfor undersøges det ikke, hvorledes systemet skal implementeres. Dette anbefales i stedet at undersøge i et selvstændigt studie. Se dog gerne appendiks B, hvor der er opstillet indledende systemer, der skal gøre det nemmere for beregnere og byggeledere at anvende systemet. Systemet er opstillet af Skovbogaard (2022), hvor den opstillede data i dette projekt, danner grundlaget for dashboardet. Data til dette projekt manipuleres for at kunne benyttes til det visuelle dashboard i appendiks B, der gør mængdeudtrækket mere overskueligt for brugeren. For at muliggøre dette afgrænses projektets data til at kunne tilpasses dette dashboard.

3 | Just-in-time i Produktionsbranchen

I dette kapitel defineres Just-in-time (JIT) samt grundlæggende principper. Kapitlet gennemgår kort teorien bag JIT, som lægge grundlag for resten af teorien i rapporten. Kapitlet tager udgangspunkt i teori fra Monden (1998) og Ohno (1988).

I dette kapitel hvad JIT defineres som, samt hvilke principper filosofien indebærer. Derudover gengives også baggrunden for, hvordan og hvorfor filosofien opstod.

Definering af JIT

JIT er en produktions- og managementfilosofi indenfor Lean Produktion. JIT kendes oprindeligt fra Toyota Produktionssystemet (TPS), som sammen med autonomation (automatisering med et menneskeligt bidrag), udgør søjlerne til TPS (Ohno, 1988; Monden, 2012). Taiichi Ohno siges at være faderen af JIT og beskriver, at der ved anvendelse af JIT, kan opnås at modtage de rette materialer til produktionen på det rette tidspunkt i rette de mængder, der er nødvendige et kontinuert arbejdsflow og materialeflow (Ohno, 1988). Andre har også forsøgt at forklare, hvad JIT betyder:

> "JIT is a philosophy of manufacturing which concentrates on continuous improvement through eliminating waste and minimising inventory."
> - Phan og Matsui (2010)

> "JIT purchasing strategy should include the following: Reduction in order sizes, reduction in order lead time, quality control measures such as supplier quality certification, preventive maintenance programs, receiving quality inspection, and supplier selection and evaluation."
> - Yan Dong og Dresner (2001)

> "Materials management (JIT, red) ensures that the right quality and quantity of materials and equipment are appropriately specified in a timely manner, are obtained at a reasonable cost, and are available at the point of use when needed."
> - Ang og Low (2003)

Citaterne beskriver, hvordan JIT er en filosofi og hvilke hovedkoncepter, som JIT følger.

3.1 Principper for JIT

Udover, at JIT kort kan beskrives, som at materialer bliver leveret til det rigtige tidspunkt på det rigtige sted (Ohno, 1988), indgår der også følgende syv principper: (Pheng og Jayawickrama, 2012)

- Eliminering af spild
- Kanban og træksystem
- Produktionsjævning
- Total kvalitetskontrol (TQM)
- Medarbejderinvolvering
- Leverandørsamarbejde
- Kontinuerte forbedringer, Kaizen

Eliminering af spild

Et fundamentalt princip for JIT, er elimineringen af spild. Dette beskrives også i følgende citat:

> "...wartime passion for avoiding the waste of resources laid the foundations of one of post-war Japan's most successful managerial techniques: the famous 'just-intime' system"
> - van Driel og Dolfsma (2009)

Spild kan defineres som noget, der ikke giver værdi til kunden, som eksempelvis overproduktion, ventetid, transport, bevægelse, oplagring og produktion af defekte produkter. Ved at eliminere disse typer af spild kan produktionen effektiviseres. Effektiviseringen består i frigørelse af arbejdskraft. Ved frigørelse af tid og arbejdskraft kan arbejdskraften anvendes andre steder i produktionen. Ved at effektivisere argumenteres der for at gøre arbejdet mere meningsfuldt for medarbejderne. (Ohno, 1988)

Overproduktion: Monden (1998, 2012) beskriver fire typer af overproduktion:

1. Overproduktion af materialer
2. Overproduktion gennem arbejde
3. For stort lager
4. Unødvendig binding af kapital i materialer

Overproduktion er brug af tid, der ikke er værdiskabende. Kapaciteten i en arbejdsgang, kan defineres ved (Ohno, 1988):

$$\text{Nuværende kapacitet} = \text{arbejde} + \text{ventetid} \tag{3.1}$$

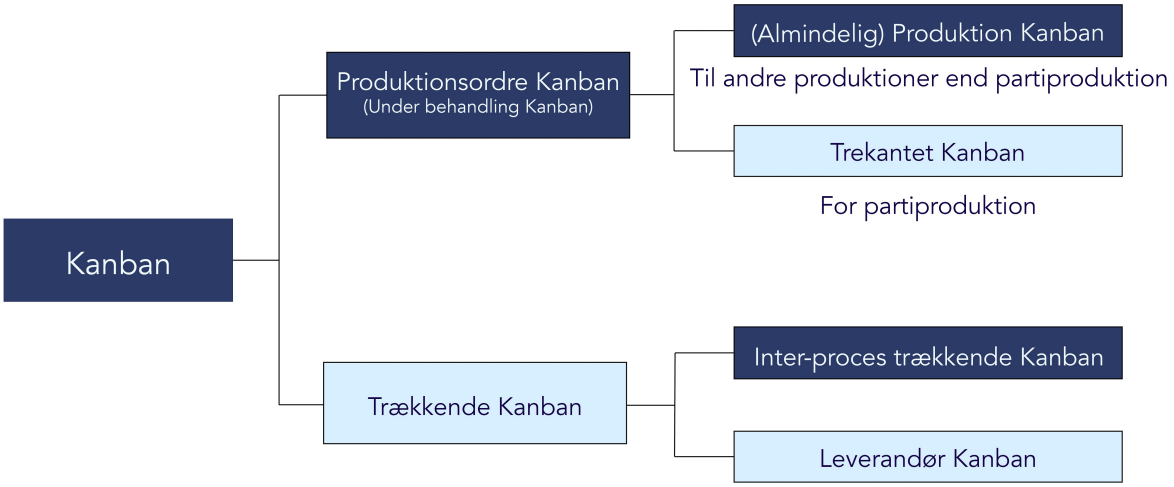
For at undgå ikke-værdiskabende aktivitet, skal de forskellige typer af overproduktion elimineres.
Ventetid: Ved ventetid forstås den tid, hvor der enten ventes på materialer, materiel, mennesker, informationer og andre ydre forhold, der gør det muligt at producere.
Transport: Transport er den tid, hvor materiale transporteres over til lokationen for den primære produktion.
Bevægelse: Bevægelse kan betragtes som den tid, der anvendes til bevægelse omkring en maskine eller til at hente materialer til produktionen, som allerede er placeret ved arbejdsstationen.
Oplagring: Lagerplads kan blive fyldt med overskydende, forældet og defekte materialer, forkert produktion og materiale fra igangværende arbejde. Ved oplagring af materialer øges risikoen for skader på materialer såsom skader forårsaget af vejrliget når materialerne udenfor. Derudover udgør opbevaringen af materialer i sig selv en omkostning. Ved at opbevare materialer bindes likvider i materiale, som ikke giver kunden værdi. (Pheng og Jayawickrama, 2012; Monden,

1998)
Produktion af defekte materialer: Når der bliver produceret defekte materialer giver det ikke værdi til kunden og er dermed spild. Denne form for spild skal ifølge Pheng og Jayawickrama (2012); Monden (1998) elimineres mest muligt. (Pheng og Jayawickrama, 2012; Monden, 1998)

Kanban og træksystem

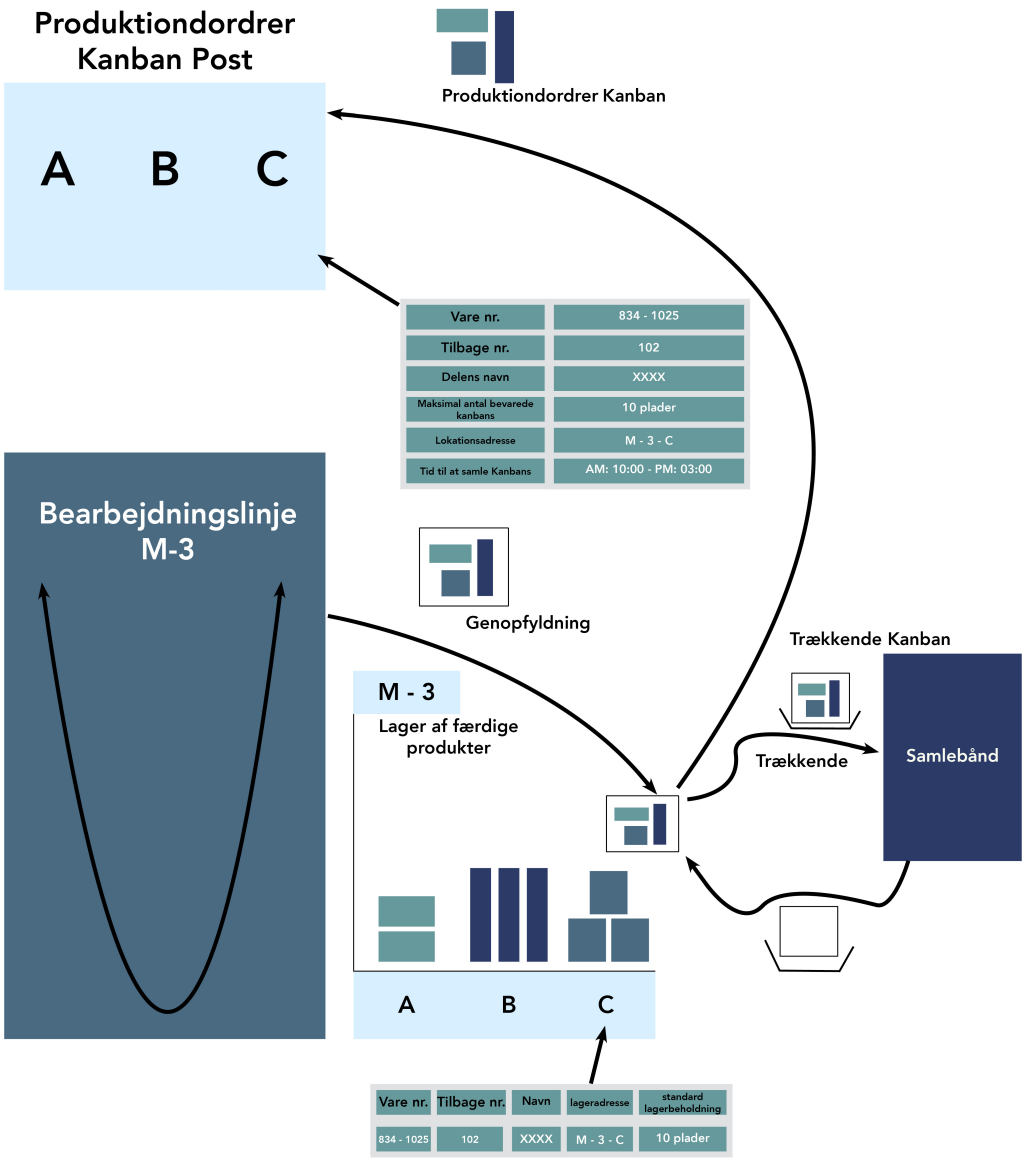
Kanban kan betyde flere ting, og i sammenhæng med JIT betyder Kanban "skilt"eller "tavle", som kommer fra tavlesystemet med kort/skilte (Ohno, 1988), der anvendes til at signalere leverancer til en arbejdsstation. Kanbans anvendes for at muliggøre det fundamentale koncept bag JIT, som er at levere ressourcer udelukkende ved behov i den rigtige mængde, på det rigtige tidspunkt. (Pheng og Jayawickrama, 2012; Monden, 1998, 2012)
Kanban beskrives af (Monden, 1998) som værende et stykke papir med informationer om produktionen af et objekt. De to mest anvendte typer af Kanban, der også er illustreret i figur 3.2:

1. Withdrawal (trækkende) kanban
2. Produktionsordre kanban



Figur 3.1: De forskellige typer af Kanbans, opdelt efter de to primære kanbans. Figuren tager udgangspunkt i lignende figur fra Monden (2012).

De to primært anvendte kanbans illustreres på figur 3.2.



Figur 3.2: Illustration af Trækkende- og Produktionsordrer kanban. Illustrationen er udarbejdet på baggrund af Monden (1998).

Disse typer af kanban og andre typer af kanbans forklares yderligere i Kapitel 6.

Produktionsudjævning

Rationalet bag dette princip, er at tilpasse produktionen efter efterspørgslen men uden at skabe for store udsving. Udsving i efterspørgslen skal gradvist tilpasses således, at medarbejdere jævnt mærker ændringer i produktionen(Monden, 2012). Effektivisering af arbejdsgangene og reducering af fejl samt automatisering og vedligeholdelse af materiel vil bidrage til at blive i flow og forhindre produktionsstop (Pheng og Jayawickrama, 2012). Monden (2012) beskriver et fænomen med at arbejde efter en takt således, at medarbejderne er klar over generel forventningen til arbejdet.

Takten bliver skabt ved at udregne den månedlige produktion og fordele produktionen på antallet af produktionsaktive dage. Dermed kan taktslaget for arbejdet fastlægges, hvilket resultere i et fast antal produkter pr. time. Ved produktionsudjævning er formålet at ændre mindst muligt på taktslaget for medarbejderne ved enten at forlænge arbejdsdagen eller ved at sætte mere mandskab på produktionen.

Total kvalitetskontrol (TQM)

For at kunne opnå princippet med at eliminere spild på grund af fejl i materialerne og opretholde et kontinuert arbejdsflow, er det nødvendigt at inkorporere et TQM-system for at materialisere et JIT-system. Dette kræver kvalitetskontrol af materialer ved modtagelsen samt et personligt ansvar for kvaliteten af et stykke arbejde, hvilket også vedrør nedenstående princip. (Pheng og Jayawickrama, 2012)

Medarbejderinvolvering

Idet JIT påvirker mange led af en produktion, skal alle medarbejdere involveres for at opnå succes med systemet. Især er involveringen af øverste og nederste organisatoriske niveau nødvendig for at opnå en succesfuld implementering af JIT. Pheng og Jayawickrama (2012) mener, at succesen er afhængig af, hvor involveret ledelsen er, samt medarbejderinvolvering før, under og efter implementeringsperioden. (Pheng og Jayawickrama, 2012)
Monden (2012) beskriver, at i Toyota findes en mindre gruppe, Kvalitetskontrolcirklen, som alle medarbejdere kan komme med forslag til. I Kvalitetskontrolcirklen tages forslagene løbende op og muligheden for implementeringen af forbedringen vurderes.

Leverandørsamarbejde

Leverandører er eksterne entiteter for virksomheden, som i JIT har en stor indflydelse på produktionen i virksomheden. Som tidligere beskrevet anvender JIT et træksystem, som leverandøren skal kunne levere til (Monden, 1998). Dermed kræves der et robust samarbejde mellem produktionen og leverandøren. Den kvalitet, som de valgte leverandører skal levere, bør være i overensstemmelse med den kvalitet, som kunden forventer, at produktionen leverer. (Pheng og Jayawickrama, 2012)
Effektiv og agil kommunikation og koordinering af leverancerne er også vigtige for at sikre et kontinuert materialeflow, som sikrer kontinuerte arbejdsflow. Dette lægger også op til at have et længere samarbejde med en leverandør således, at der skabes tillid imellem leverandøren og produktionsvirksomheden. (Pheng og Jayawickrama, 2012)

Kontinuerte forbedringer, Kaizen

Opfordringer til kontinuerte forbedringer, også kaldet Kaizen, er en stor del af JIT-filosofien. Det er noget, som aldrig må stoppe. Der opfordres til at alle medarbejder løbende bidrager til at forbedre systemet. (Pheng og Jayawickrama, 2012)
Løbende forbedringer indbefatter også at minimere opsætningstiden, som sker inden produktiv produktion (Monden, 2012). Dermed går det hurtigere med at opsætte til en ny aktivitet, som kan gøre produktionen mere effektiv.

JIT og de syv principper er opstået igennem en længere proces i Toyota. I det følgende gengives

historien om JIT, hvordan den opstod hos Toyota, samt hvilke omstændigheder JIT opstod under.

3.2 Historie

I artiklen af van Driel og Dolfsma (2009) og i bogen af Ohno (1988) beskrives historien om Toyota samt udviklingen af JIT og Lean-filosofien. I artiklen undersøges det, hvilke omstændigheder udviklingen af JIT opstod under. Dette giver en forståelse for, hvordan og hvorfor nogle af elementerne i JIT opstod i sin tid.
Formålet med at beskrive historien er, at senere kunne perspektivere forholdene og vilkårene til bygge- og anlægsbranchen og hvordan det påvirker bygge- og anlægsbranchen.

Vævefabrikken

Toyota startede ud af en vævefabrik og blev grundlagt i 1937 af Kiichiro Toyoda (van Driel og Dolfsma, 2009; Ohno, 1988). Vævefabrikken blev dannet på baggrund af et patent på den første automatiske vævemaskine, som var udviklet af Kiichiro Toyodas far, Sakichi Toyoda. Sakichi udviklede, forbedrede og videreudviklede på væven ud fra oplæring om tekstil fra sin far. Denne forbedring og videreudvikling på maskiner arbejdede Kiichiro Toyoda også videre på samtidig med, at han tog en maskiningeniørgrad fra Tokyo Universitet. Samtidig med arbejdet i vævevirksomheden, arbejdede Kiichiro også på at forstå og eksperimentere med bildesigns og bilproduktion indtil 1930. Dette var i modsætning til Nissan (en konkurrerende bilproducent til Toyota i Japan), som havde amerikanske ingeniører og importerede maskiner til at understøtte produktionen. (van Driel og Dolfsma, 2009; Ohno, 1988)

Første tid med JIT i Toyota

Toyota introducerede første gang JIT på Koromo-fabrikken i 1938. Kiichiro besluttede at finde flaskehalse ved at lade ansatte tage hjem, når arbejdet var færdigt. Dermed kunne ledelsen finde flaskehalsene i produktionen og tilpasse produktionen dertil. Idet Kiichiro og de andre medarbejdere forstod, hvordan produktionen var skruet sammen, kunne de tilpasse og forbedre produktionen ved at eksperimentere med processerne på fabrikken. Deraf kommer princippet om at eksperimentere og tilpasse produktionen løbende. (van Driel og Dolfsma, 2009)
Kiichiro udarbejdede rapporter om produktionen og organisationen, hvor han havde et tæt samarbejde med fabriksarbejderne. Det tætte samarbejde var ikke normalt på den tid i japanske virksomheder. Det tætte samarbejde og kendskabet til fabriksarbejderne gjorde det muligt at overdrage erfaringer fra fabriksgulvet til ledelsen på fabrikken, som derefter kunne forbedre produktionen. For at forbedre fabrikken, efterlevede Kiichiro og Taichi Ohno filosofien “at prøve kommer først", hvorfor de fokuserede på at studere fabrikken fremfor at studere lærebøger for at forbedre den. (van Driel og Dolfsma, 2009)
Da Taiichi Ohno i 1947 blev fabriksleder på Koromo-fabrikken, blev forholdene for alvor efterlevet. Her forsøgte han at lægge maskinerne i forlængelse af hinanden og lade én person arbejde med flere maskiner samtidig. Trods modstand fortsatte Taiichi Ohno denne form for arbejde mod at opnå JIT og dermed effektivisering. Dermed kunne én person stå for en række processer i stedet for at én maskine skulle opereres af én mand, hverved effektiviserede han produktionen. (Ohno, 1988)
Det skal bemærkes, at Taiichi Ohno brugte en mekanisme fra den automatiske væv, som stoppede,

når tråden knækkede, til at udvikle TPS. For at identificere fejl ved produktionsstoppene anvendtes metoden om at spørge "Hvorfor"fem gange. (Ohno, 1988)

Efterspørgsel

Det tidlige japanske bilmarked (før 1940) havde en fragmenteret efterspørgsel, hvor forholdene for bilerne var dårlige veje og lav indkomst befolkning. Kiichiro Toyoda havde dog ambitioner om at konkurrere med de amerikanske bilproducenter. Men i 1939 blev fabrikken omstillet til at producere militærbiler på grund af en lovmæssig begrænsning i produktionen af personbiler. På samme tid i 1941 måtte udenlandske bilfabrikanter ikke producere eller eksportere til Japan på grund af den internationale embargo i juni 1941. (van Driel og Dolfsma, 2009; Ohno, 1988)
I 1948 præsenterede regeringen en femårsplan for Japan, hvor der blev opstillet et mål om at producere 120.000 biler årligt. På baggrund af dette opstillede Toyota et mål om at producere 15.840 biler i 1949, hvor de i 1947 havde produceret 3.900 biler. Men i 1949 havde Toyota produceret så mange biler, at de havde et stigende antal usolgte biler, som satte Toyota på randen til bankerot. Bankerne reddede Toyota med kravet om at Toyotas salgs- og marketingsafdeling skulle skilles fra produktionsdelen af virksomheden, som kom til at hedde Toyota Motor Co. Denne opdeling skulle forhindre fremtidig overproduktion. Opdelingen medførte, at produktionen af biler blev tilpasset efterspørgslen, som i begyndelsen var lille. I den forbindelse blev mange medarbejdere fyret. (van Driel og Dolfsma, 2009)

Kort tid efter afskedigelsen af medarbejderne begyndte Korea-krigen, som reddede den japanske bilindustri, idet USA afgav store ordrer hos Toyota på militærlastbiler. Det skabte et produktionspres med en reduceret arbejdsstyrke. Med de omstændigheder blev JIT videreudviklet og tilpasset den øgede efterspørgsel.

Konsolidering af JIT i Toyota

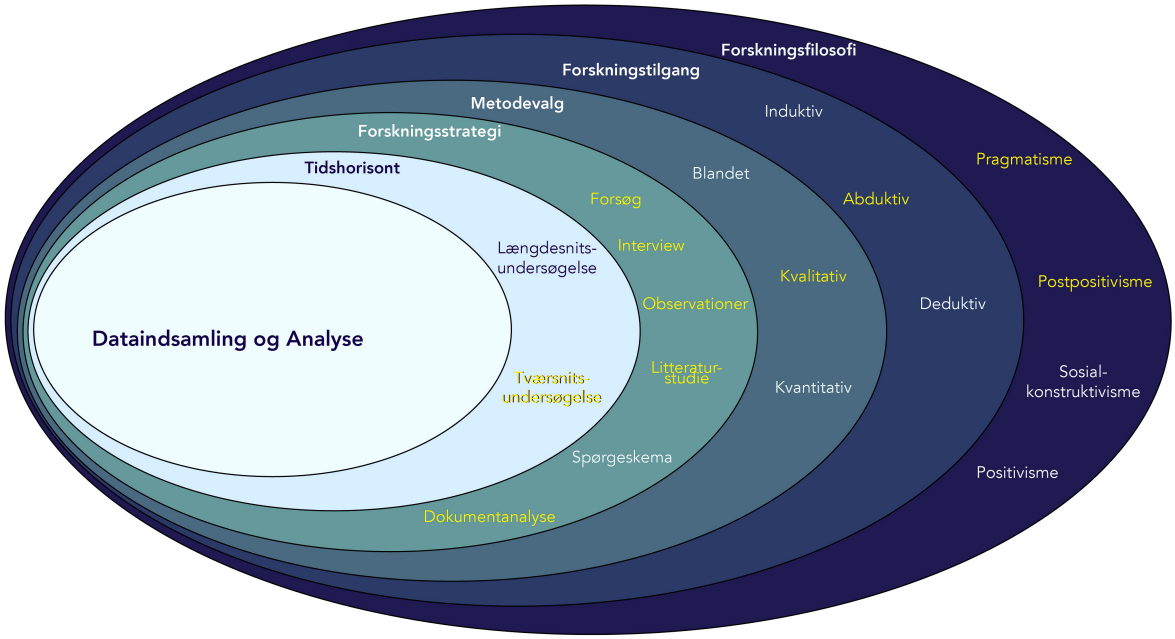
Op gennem 1950'erne introduceres JIT flere og flere steder i Toyotas produktion på forskellige fabrikker ved oplevelse af øget efterspørgsel. Idet medarbejderne var vant til at afprøve og forbedre, var de forandringsparate til ændringerne i modsætning til Nissan. Lagerplads var en udfordring for både Toyota og Nissan, hvor Toyota bedre kunne håndtere denne udfordring ved at tilpasse processer løbende. (van Driel og Dolfsma, 2009)
Toyota fortsatte med at lave relative små ordrestørrelser men med fortsat øget hastighed. Det blev også muligt at lave flere forskellige typer af biler på samme fabrik, som tidligere ikke var normalt. Dette krævede en reduceret lagerbeholdning og reduceret produktionstid, hvilket Toyota lykkedes med at opnå. (van Driel og Dolfsma, 2009)
I forbindelse med oliekrisen i 1973 og den verdensomspændende økonomiske krise, blev flere bilproducenter opmærksomme på TPS og forsøgte at implementere det. (van Driel og Dolfsma, 2009; Ohno, 1988)

JIT defineres som, at materialer leveres i den rette mængde, kvalitet, lokation og tidspunkt. For at dette kan lade sig gøre, er de syv principper i JIT grundlæggende elementer: eliminering af spild, kanbans, produktionsudjævning, TQM, medarbejderinvolvering, leverandørsamarbejde og Kaizen.
JIT og de syv principper er udviklet i takt med Toyota. I takt med omgivelsernes udfordringer og muligheder udviklede fabrikken JIT-produktionsfilosofien og produktionsprocesser til at kunne producere biler.

4 | Metode

I dette kapitel beskrives de metoder, der anvendes for at indhente og evaluere data for at besvare de opstillede problemstillingerne og efterfølgende problemformuleringen, der fremgår af kapitel 2.

Dalland (2012) beskriver, at for at undersøge et problem, skal de rette redskaber anvendes. Disse redskaber udgør undersøgelsens metoder. For at beskrive tilrettelæggelsen af nærværende projektarbejde og anvendte metoder, tages der udgangspunkt i Research Onion, som er udviklet af Saunders et al. (2019). Gennem Research Onion beskrives projektarbejdets filosofiske ståsted, hvorudfra forskningstilgangen, metoder og forskningsstrategi vælges. Anvendte metoder i projektet er afbilledet i et Research Onion, der er fremhævet med gul skrift. Dette fremgår af figur 4.1.



Figur 4.1: Af Research Onion fremgår tilgangen til projektet. Teksten fremhævet med gult angiver hvilke valg, der er gældende for projektet. Figuren er udarbejdet på baggrund af Saunders et al. (2019).

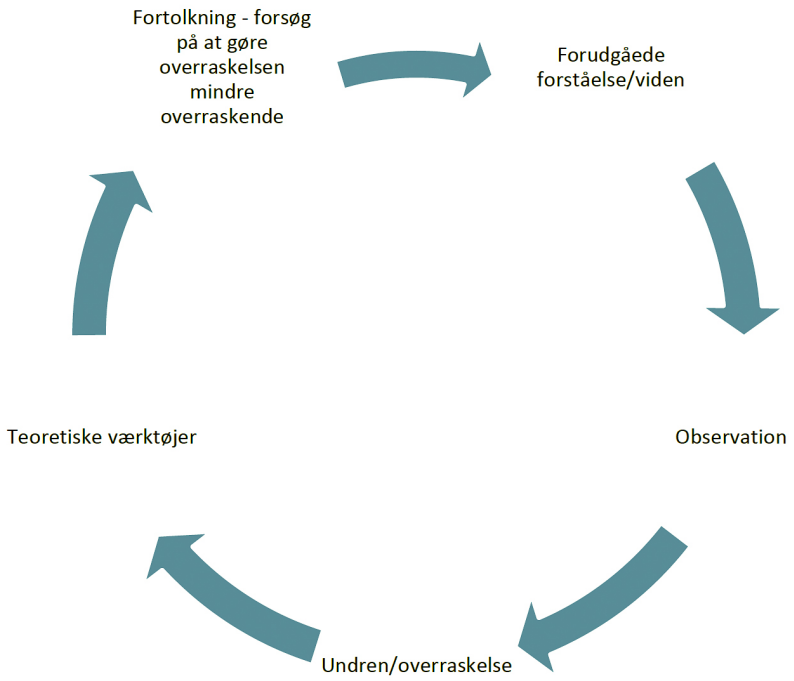
4.1 Forskningsfilosofi

Grundlaget for hvorledes projektarbejdet skal foretages, afhænger af den valgte forskningsfilosofi, hvor kriteriet for valget af forskningsfilosofien er, at forskningsfilosofien skal kunne håndtere det, der skal undersøges og den tilhørerende proces (Flick, 2011; May, 2011). På baggrund af denne hensyntagen til valg af forskningsfilosofi i forskning, vælger projektgruppen, at tilgå projektet ud fra både postpositivisme og pragmatisme.
Postpositivismen anvendes, idet denne forskningsfilosofi påpeger, at viden ikke er objektivt, men er afhængig af subjektiviteten ved det enkelte individ (Creswell, 2009). Dette er vigtigt for

projektet, idet projektgruppen subjektivt vurderer, hvorledes JIT i produktionsindustrien kan omsættes til JIT i bygge- og anlægsbranchen.
Som tidligere beskrevet benyttes også pragmatismen hvor, der ikke er nogen fastlagt forskningsfilosofi og verdensbillede, hvilket giver anledning til metodefrihed så længe metoderne passer til formålet og undersøger problemorådet (Creswell, 2009). Dette afspejles i projektet ved at forskninsstrategier vælges, således det giver mest mulige indsigt og viden indenfor den pågældende problemstilling, som skal gøre projektgruppen i stand til at opstille praktiske og tilpassede løsninger, som også er vigtigt indenfor pragmatismen (Creswell, 2009). For mere hersom se afsnit 4.4.

4.2 Forskningstilgang

I dette projekt undersøges problemområdet ud fra en abduktiv tilgang, hvor der gennem observationer og erfaringer fra virksomhedsophold i forbindelse med 3. semester på kandidaten af Byggeledelsesuddannelsen på Aalborg Universitet (AAU) lægges mærke til et problemområde. For at undersøge problemområdet benyttes teorien om JIT i produktionsbranchen, som omsættes til anvendelse på udvalgte byggeprojekter (casestudier) i et strategisk partnerskab. Igennem casestudierne undersøges problemstillingerne, hvorefter der opstilles løsningsforslag til JIT leverancer baseret på mængdeudtræk og lokationsbaseret tidsplan (LBT). Baseret på indsamlet data og opstillede løsningsforslag, udbredes resultaterne til den danske bygge- og anlægsbranche med visse afgræsninger, der er beskrevet i afsnit 2.2. Udbredelsen til bygge- og anlægsbranchen kan læses mere om i kapitel 11. Intentionen er, at de casespecifikke løsninger skal kunne fungere i praksis, hvilket er i overensstemmelse med pragmatismen. (Bryman, 2012)
Hermed tages udgangspunkt i konkrete observationer, som undersøges i virkeligheden. Undersøgelserne giver herefter anledning til en generalisering.Processen i den aduktive metode er afbilledet i figur 4.2.



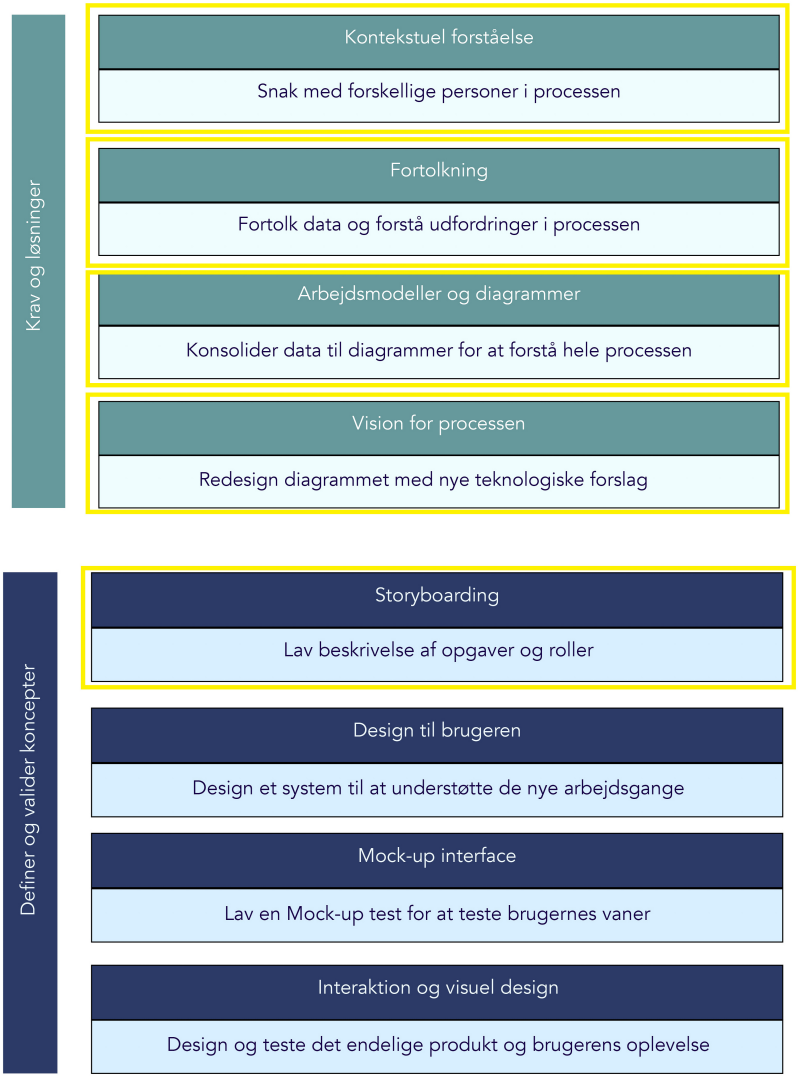
Figur 4.2: Illustration af processen ved den abduktive forskningstilgang. Illustrationen er lavet på baggrund af Akadamiet for Talentfulde Unge (2017).

4.3 Metodevalg

For at undersøge casestudierne, hvorudfra der skal foretages generalisering, benyttes kvalitative metoder.
Helhedsbilledet af problemområdet sikres undersøgt ved at vælge forskningsstrategien, Kontekstuel Design (Contextual Design) (Holtzblatt og Beyer, 2021). Det skal bemærkes, at projektgruppen er bevidste om, at Kontekstuel Design er forbeholdt IT-udviklingsprojekter og kun passer ind i forbindelse med projektets digitale aspekt og procesaspekt. Dog lader projektgruppen sig inspirere af konceptet for at sikre, at der opnås et helhedsbillede og strukturering af forskningsstrategien.

4.4 Forskningsstrategi

Forskningsstrategierne vælges ud fra udvalgte trin i Kontekstuel Design, hvormed konceptet tilpasses projektet, hvilket er i overensstemmelse med pragmatismen. Forskningsstrategierne udvælges baseret på de første fem trin af Kontekstuel Design. De udvalgte trin er markeret med en gul firkant i figur 4.3.



Figur 4.3: Af figuren fremgår trinnene i Kontekstuel Design, som projektgruppen benytter til inspiration for bestemmelse af forskningsstrategier til at undersøge problemområdet. De trin i modellen, som projektgruppen benytter, er markeret med en gul firkant. Figuren er udarbejdet på baggrund af Holtzblatt og Beyer (2021).

Første trin i Kontekstuel Design undersøges gennem kvalitative metoder som kontekstuelle interviews, observationer og forsøg. Interviewene foretages for at få en dybere forståelse for den interviewedes oplevelse af problemområdet og en dybere forståelse af den interviewedes arbejde og udfordringer (Kvale, 1997). For hvert interview udarbejdes, i overensstemmelse med Olsson (2011), en interviewguide med interviewspørgsmål.
Derudover benyttes observationer til at observere, hvorledes mængdeudtræk foretages i entreprenørvirksomheden i casestudiet. (Erik Fossåskaret, 1997). Derudover deltageles i runderinger på byggepladsen og observationer dannes en forståelse af processen og den generelle procedure i praksis. Derudover undersøges det igennem dokumentanalyse og interviews med en LEAN produktionssupportchefen, en beregner, rådgivere og entreprenører, hvordan mængdeudtræk og tidsplaner udarbejdes og benyttes i dag. Dette er essentielt for at kunne udarbejde et tilpasset løsningsforslag til at kunne muliggøre JIT-leverancer. Observationerne foretages også for at skabe en forståelse af udfordringer i disse processer. På baggrund af

indsamlet data foretages forsøg i form af lokationsbaseret mængdeudtræk i Vico Office og Location Based Schedule (lokationsbaseret tidsplan, LBT) i Vico Schedule Planner. Der foretages også dokumentanalyse af de lovmæssige forhold omkring mængdeudtræk i AB18, ABR18, ABT18 og lignende. Hermed undersøges trin to i kontekstuel design.
Herefter konsolideres data således, der skabes en sammenhæng imellem mængdeudtræk og LBT, som tilsammen danner leveranceplaner, således JIT-leverancer muliggøres. Konsolideringen skal ske gennem konsolideringen af problemstillingerne, der undersøges gennem de forskellige forskningsstrategier, der fremgår af figur 4.4

Forsknings-spørgsmål	Litteratur	Lovforhold og regulativer	Dokumentanalyse	Observationer	Interviews	Forsøg
Hvordan foregår nuværende processer for mængdeudtræk?	X	X	X	X	X	
Hvilke forudsætninger er der for at kunne foretage et mængdeudtræk, som kan fungere til JIT-leverancer?	X	X	X		X	X
Hvordan kan der anvendes JIT i bygge- og anlægsbranchen?	X	X				X
Hvordan trækkes BIM-baserede mængder ud af et byggeprojekt?	X	X	X	X	X	X
Hvilke processer skal opsættes for at kunne muliggøre JIT-leverancer på et byggeprojekt?	X	X	X		X	X

Figur 4.4: Af figuren fremgår, hvilke forskningsstrategier, der skal anvendes for at besvare hver problemstilling. Ud fra den indsamlede data skal der foretages en konsolidering for at forstå processerne i forhold til rettidige JIT leverancer baseret på mængdeudtræk og LBT.

Som sidste trin i Kontekstuel Design, viderformidles løsningsforslaget til aktørerne ved at foretage en storyboarding.

4.5 Tidshorisont

Idet projektet udføres over fire måneder, kan projektet, ifølge Bryman (2012), kategoriseres som værende en tværsnitsundersøgelse. Projektet undersøger problemområdet ud fra et øjebliksbillede af den aktuelle JIT-status i branchen, samt hvordan leveringsprocesser foregår i et udvalgt casestudie. Løsningsforslaget vil tage udgangspunkt i det arbejde, der er udført i tidsperioden for projektarbejdet.

4.6 Dataindsamling og analyse

Dataen der lægger til grund for løsningsforlaget indsamles gennem forskningsstrategierne, der er afbilledet i figur 4.4. Dette uddybes nærmere i det følgende.

Dokumentanalyse

Dokumentanalyse er analyser, der hovedsageligt anvender dokumenter, der er fremstillet til andre formål end forskningen (Tjora, 2021). Ved at analysere eksisterende dokumenter kan der opnås indsigt om informationer, om områder der skal opnås ny viden indenfor. Her skal der tages hensyn til, hvem dokumentet henvender sig til og af hvem dokumenterne er udarbejdet af. Dokumentanalysen indebærer blandt andet en analyse af lovtekst og almene betingelser omkring digitalt mængdeudtræk, som eksempelvis udbudsloven, AB18 og lignende.

Litteraturstudie

Litteraturstudiet er udarbejdet til at give en større baggrundsviden om problemområdet. Litteraturstudiet samler og gengiver relevant og eksisterende forskning (Kitchenham og Charters, 2007). Den eksisterende forskning benyttes som grundlag til videreudvikling af det belyste problemområde.
Hovedformålet med litteraturstudiet er at undersøge anvendelsen af JIT og mængdeudtræk i bygge- og anlægsbranchen samt belyse, hvor langt bygge- og anlægsbranchen er med anvendelsen af digitalt mængdeudtræk og opnåelse af JIT-leverancer. Derudover skal litteraturstudiet også belyse hvilke faktorer, der har indflydelse på problemområdet.
Der er gennemført et struktureret litteraturstudie, hvor arbejdsgangen fra brug af søgemaskine til snowballing er beskrevet i kapitel 5.

Forsøg

Forsøget i dette projekt vil have til formål at belyse mulighederne for et digitalt mængdeudtræk, som skal bidrage med at opnå JIT-leverancer. For at lave det digitale mængdeudtræk i forsøget, er der anvendt Vico Office. Det digitalt mængdeudtræk er baseret på en 3D-model fra Revit. Efter mængdeudtrækket skal dette sammen med en lokationsbaseret tidsplan danne grundlaget for en leveranceplan gennem datamanipulation i PowerQuery.

Observationer

Derudover foretages observationer af, hvorledes mængdeudtræk foregår på nuværende tidspunkt i det strategiske partnerskab.
Observationer af processen er essentielt, idet det giver anledning til at designe en løsning, der tager højde for alle relevante aktører i forhold til ordrerafgivelse og leverancer efter JIT principper.

4.6.1 Interviews

Under projektarbejdet foretages interviews for at forstå processer inden udførselsfasen i et casestudie. Dermed kan det undersøges, hvordan projekteringen forberedes til at generere data, således der kan foretages mængdeudtræk til kalkulationen, bestilling og leverancer. Gennem deltagelse på møder dannes en grundig forståelse af processen og den generelle procedure i praksis.

Reliabilitet og Validitet

For at løsningsforslaget er mest optimalt, vurderer projektgruppen, at den indsamlede data og projektarbejdet skal være af høj reliabilitet. Dette skyldes, at reliabiliteten fortæller, om holdbarheden af den præsenterede løsning samt hvor robust/troværdig en undersøgelse og data er (Nyeng, 2012).
For at sikre reliabiliteten sørger projektgruppen for, at data kan gentages flere gange under de samme forhold med samme resultat (Olsson, 2011). Dette sikrer projektgruppen ved at systematisere projektarbejdet i litteraturstudiet, så disse er mulige at gentage med samme udfald.
Derudover beskrives metoderne til eksempelvis mængdeudtræk nøje, derudover opstilles og beskrives kriterier og forudsætninger for processer, således disse kan gentages med samme forudsætninger.
Data, som anvendes i PowerQuery, bliver oplyst, så det er muligt at foretage ligende undersøgelser for dermed at højne reliabiliteten.
Litteraturstudiet, observationer og interviews om processer sikrer også validitet, idet der tages udgangspunkt i eksisterende forskning og processer, der videreudvikles på, idet den digitale udvikling indenfor dette område tillader dette.
Løsningsforslagets eksterne validitet sikres ved at undersøge, hvilke forudsætninger løsningsforslaget kan anvendes under, hvorefter proceduren for anvendelsen af løsningsforslaget beskrives i detaljer. Dermed sikres det, at løsningen kan anvendes i andre situationer under lignende forudsætninger. (Bryman, 2012)

Projektet tager udgangspunkt i den postpositiviske og pragmatiske forskningfilosofi, idet postpositivismen gør opmærksom på subjektive verdensbillede, imens pragmatismen gør det muligt at tilrettelægge undersøgelsen ved anvendelse af flere forskellige forskningsstrategier, således problemstillingerne klarlægges bedst muligt. Der anvendes en abduktiv tilgang til projekatbejdet, hvor der foretages observationer, dokumentanalyse, interviews og forsøg for at undersøge problemområdet. Forskningsstrategierne benyttes under de forskellige trin i Kontekstuel Design, som projektgruppen inspireres af til klarlæggelse af problemområdet. Problemområdet undersøges over en kort periode, hvormed der foretages en tværsnitsundersøgelse. Den indsamlede data over denne periode benyttes til at opstille en ny Vision for processen og Storyboarding.

5 | Litteraturstudie

I dette kapitel undersøges og gengives eksisterende forskning omkring anvendelsen af JIT i bygge- og anlægsbranchen for at skabe det bedste videnskabelige grundlag for projektarbejdet og udarbejdelsen af et løsningsforslag. Derudover undersøges også forskning indenfor mængdeudtræk i bygge- og anlægsbranchen, idet der i problemformuleringen i kapitel 2 undersøges to elementer; **JIT-leverancer** *baseret på* **mængdeudtræk**.

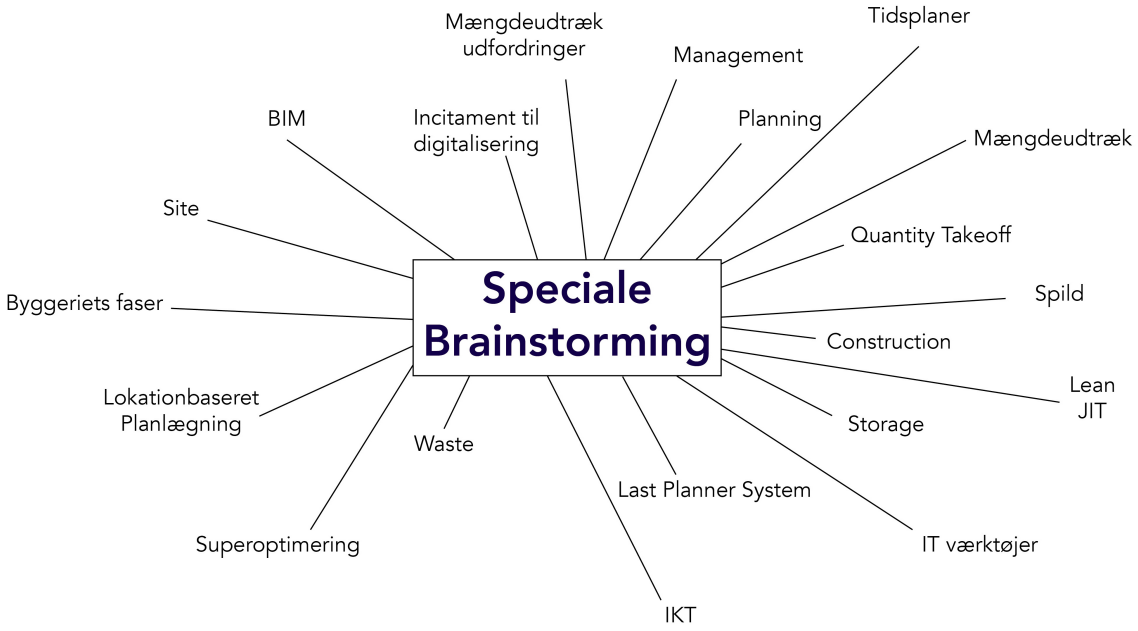
For at opnå indsigt i eksisterende viden omkring anvendelsen af JIT og mængeudtræk i bygge- og anlægsbranchen, undersøges forskning indenfor disse områder. Søgningen efter relevant litteratur beskrives i det følgende afsnit, hvorefter forskning indenfor JIT og mængdeudtræk i bygge- og anlægsbranchen gengives.

5.1 Litteratursøgning

Litteratursøgningen foretages på Aalborg Universitets Biblioteks hjemmeside (AUB), som søger via Primo Library, der søger gennem andre biblioteker og akademiske systemer (ExlibrisPrimo, 2018). Litteraturstudiet systematiseres for at sikre reliabilitet, således samme resultater kan opnås ved en gentagelse af litteratursøgningen.
Systematiseringen af litteraturstudiet sker på baggrund af en søgestreng, som indeholder bestemte søgeord. Søgestrengen sikrer en sammenhæng mellem alt litteratur samt begrænser udvalget i litteraturen til hovedemner, indenfor det anvendte søgeord. I søgestrengen anvendes eksempelvis søgeord som *JIT*, *construction* og *management*. Udover at anvende bestemte søgeord begrænses mængden af litteratur ved at lade AUB sortere litteraturen, således kun fagbedømte artikler vises. Ikke-fagbedømte artikler frasorteres, idet validiteten af artiklen er lav. Derudover sorterer AUB litteraturen efter relevans. Relevansen vurderer søgemaskinen på baggrund af indtastede søgeord i søgstrengen, således der fremgår litteratur, der indeholder indtastede søgeord samt bøjninger, synonymer og lignende af indtastede ord. På baggrund af dette fremvises relevante resultater. (Aalborg Universitetsbibliotek, 2017)

Søgestreng

Anvendelsen af søgeord i søgestrengene fastlægges på baggrund af en brainstorming. Brainstormingen udarbejdes af hele projektgruppen på baggrund af tilegnet viden i forbindelse med Byggeledelsesuddannelsen, virksomhedsophold, indledende møder med entreprenørvirksomheden samt indledende litteratur anvendt til at forstå JIT-konceptet. Resultatet af denne brainstorming fremgår af figur 5.1



Figur 5.1: Af figuren fremgår resultatet af brainstormingen for fastlæggelse af søgeord og søgekombinationer til anvendte søgestrenge for fremsøgningen af relevant forskning indenfor emnerne JIT og mængdeudtræk i bygge- og anlægsbranchen.

På baggrund af brainstormingen undersøges, hvilke kombinationer der giver anledning til flest søgehits. I denne sortering af søgeord og søgekombinationer fastlægges det, at relevante artikler skal findes på baggrund af engelske søgeord og -kombinationer. Anvendelsen af engelske søgeord sørger for, at der favnes så bredt som muligt og inkluderer forskning fra udlandet. Danske søgeord og -kombinationer giver anledning til få eller ingen hits.
Søgeord og -kombinationer med flest hits undersøges nærmere og sorteres, således relevant litteratur i forhold til problemformuleringen findes.

Sortering

For at undersøge emnerne, JIT og mængdeudtræk, foretages to separate litteratursøgninger, som beskrevet i afsnit 5.1. For alle søgeord anvendes samme sorteringsmetode for at finde relevant litteratur.
For hvert søgestreng gennemgås de første 50 fagbedømte artikler, idet en gennemgang af alt litteratur for hvert søgeord ville være for tidskrævende. Derudover sorterer AUB i forvejen resultaterne efter relevans. Herefter foretages endnu en sortering af de 50 fagbedømte artikler, hvor artiklernes relevans i forhold til den opstillede problemformuleringen og problemstillingerne vurderes på baggrund af artiklernes titel. Næste trin i sorteringen af artiklerne sker på baggrund af en gennemgang af artiklernes resume og konklusion. Resultaterne af sorteringerne for hvert trin for hvert søgestreng er afbilledet gennem et PRISMA Flow Diagram i figur 5.2 og 5.3.

Yderligere foretages forward og backward snowballing af det udvalgte litteratur, således projektgruppen opnår state-of-the-art viden. Forward snowballing foretages på Google Scholar, mens backward snowballing foretages ved at gennemgå referencer angivet i de udvalgte artikler. Udvælgelsen af relevante referencer foretages på samme måde som ved sortering af artiklerne i

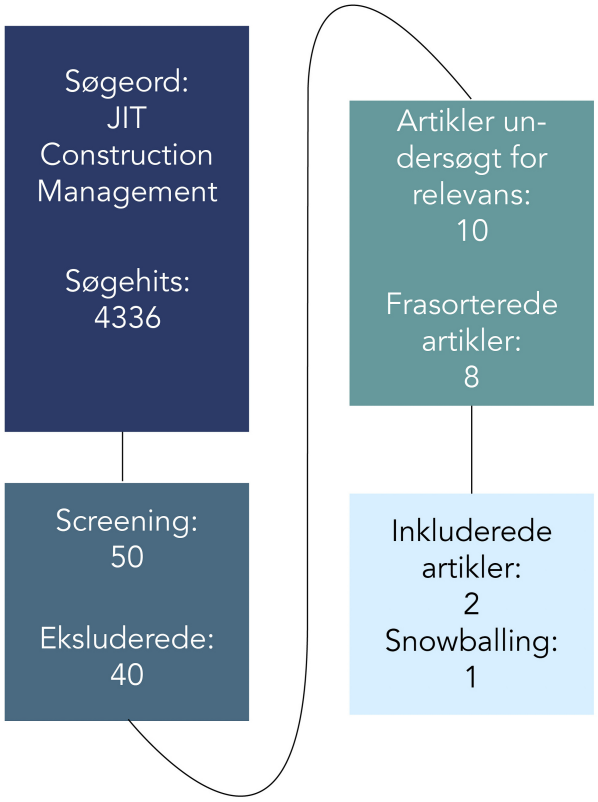
AUB.

5.2 Udvælgelse af litteratur

Baseret på ovenstående beskrivelse af litteratursøgning og udvælgelseskriterier, er relevant litteratur udvalgt i forhold til emnerne: JIT og mængdeudtræk. I det følgende beskrives hvilke søgesord og artikler, der er anvendt i henholdsvis litteratursøgningen og i gengivelsen af eksisterende forskning.

JIT

For at finde relevant litteratur omhandlende JIT i bygge- og anlægsbranchen anvendes søgeorderne *JIT construction management*, der giver 4336 fagbedømte artikler på AUB. Baseret på sorteringsmetoden beskrevet i afsnittet om sortering, findes to relevante artikler, der er skrevet af Ang og Low (2003) og Pheng og Hui (1998). Herefter foretages forward og backward snowballing, hvormed yderligere en artikel udvælges. Ved en forward snowballing af artiklen skrevet af Ang og Low (2003), udvælges artiklen skrevet af Akintoye (1994).
Herved medfører JIT litteratursøgningen i alt udvælgelse af tre relevante artikler.



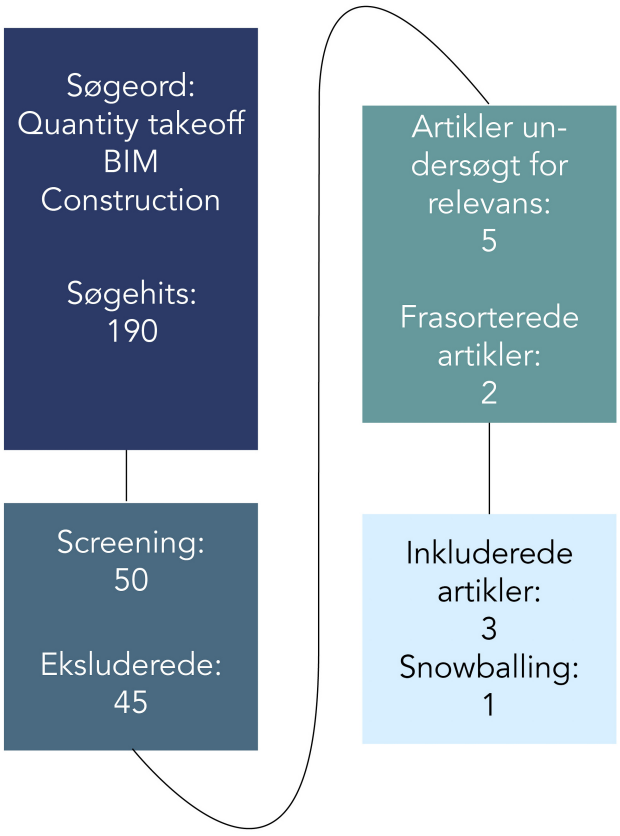
Figur 5.2: Af denne figur er sorteringen af litteraturen for søgeordene vedrørende JIT i bygge- og anlægsbranchen illustreret ved brug af et PRISMA Flow Diagram.

Det skal bemærkes, at litteraturen om JIT i bygge- og anlægsbranchen, med vinklingen på JIT-leverancer og muliggørelsen af dette, er begrænset. Megen litteratur omhandlende JIT i bygge- og anlægsbranchen omhandler reducering og eliminering af spild på byggepladsen

gennem effektiv indretning og anvendelse af de syv principper fra JIT, som er beskrevet i kapitel 3, i ledelsesstrategier på byggepladsen. Litteratur om JIT-bestillinger og -leverancer i bygge- og anlægsbranchen er begrænset og projektgruppen bemærker, at der indenfor dette område eksisterer et research gap, hvilket giver anledning til anvendelsen af få litterære artikler indenfor dette emne.

Mængdeudtræk

For at finde litteratur omhandlende mængdeudtræk i bygge- og anlægsbranchen anvendes søgeordene *Quantity takeoff, BIM, Construction*, der giver anledning til 190 fagbedømte artikler på AUB. Baseret på sorteringsmetoden beskrevet i afsnittet om sortering, findes tre relevante artikler, der er skrevet af Wahab og Wang (2022); Monteiro og Martins (2013); Olsen og Taylor (2017). Herefter foretages backward snowballing på artiklen af Wahab og Wang (2022), hvormed artiklen skrevet af Seongah et al. (2019) inkluderes. Herved medfører litteratursøgningen omkring mængdeudtræk i alt udvælgelse af fire relevante artikler.



Figur 5.3: Af denne figur er sorteringen af litteraturen for søgeordene vedrørende mængdeudtræk i bygge- og anlægsbranchen illustreret ved brug af et PRISMA Flow Diagram.

Baseret på litteratursøgningen beskrevet i afsnit 5.1 gengives relevant forskning indenfor JIT og mængdeudtræk i de følgende afsnit. Den eksisterende forskning anvendes som grundlag for undersøgelserne foretaget i forbindelse med projektet og udarbejdelsen af et løsningsforslag.

5.3 JIT i bygge- og anlægsbranchen

Som beskrevet i kapitel 3 er JIT en japansk produktionsfilosofi udviklet til produktionsindsutrien. Gennem anvendelsen af JIT kan det nødvendige materiale leveres i den rigtige mængde og kvalitet på det rigtige sted til det rigtige tidspunkt (Akintoye, 1994; Pheng og Hui, 1998; Ang og Low, 2003). Derudover kan der igennem anvendelse af JIT opnås bedre indkøb og koordinering af materialer på byggepladsen Ang og Low (2003).
Akintoye (1994) påstår, at anvendelsen og implementeringen af JIT på alle byggeprojekter i bygge- og anlægsbranchen, til trods for projekternes variation og kompleksitet, er muligt. Dette skyldes, at for alle byggeprojekter gælder det, at der skal anskaffes materiale. Også Pheng og Hui (1998) er enig i, at JIT kan implementeres i bygge- og anlægsbranchen med enkelte tilpasninger i JIT-konceptet. Ang og Low (2003) påpeger, at anvendelsen og implementering af JIT er muligt på tværs af kulturer og adfærdsmønstre, der adskiller sig fra den japanske kultur og adfærd. Ang og Low (2003) påpeger yderligere, at JIT konceptet er generisk og kan tilpasses alle, men konceptet skal implementeres sammen med 5S-konceptet for at implementere JIT uden yderligere omkostninger. Akintoye (1994) tilkendegiver dog, at JIT ikke blot er en standardmodel, som blot kan implementeres i alle organisationer. I stedet skal de grundlæggende principper i JIT tilpasses organisationens kultur og miljø. Akintoye (1994) foreslår nogle punkter, der skal tages højde for, når JIT skal tilpasses, implementeres og anvendes i en organisation i bygge- og anlægsbranchen. Punkterne, der skal tages højde for JIT i bygge- og anlægsbranchen, er byggeprojektets slutprodukt, mængder, produktionsplaner, projekteringsprocesser, byggeentreprenørens og leverandørens relation og indkøb af materiale.

5.3.1 JIT materialestyring

Byggeprojektets slutprodukt, mængder, produktionsplaner, projekteringsprocesser, byggeentreprenørens og leverandørens relationer og indkøb af materiale, er ifølge Akintoye (1994); Ang og Low (2003); Pheng og Hui (1998) processer, der kan tages højde for i bygge- og anlægsbranchen gennem materialestyring.
Materialestyring defineres som:

> "...systemet for planlægning og kontrol til sikring af at rette mængde samt kvalitet af materialer og udstyr er speficieret i rette tid, anskaffet til en fornuftig pris og er tilgængelige på brugsstedet, når det er nødvendigt."
> - Akintoye (1994)

Både Akintoye (1994); Ang og Low (2003); Pheng og Hui (1998) foreslår, at denne type materialestyring er JIT. Dog tilføjer Pheng og Hui (1998), at materialestyringen også omfatter byggepladsindretning, idet det styrer, hvor materialer aflæsses på byggepladsen, lokation for opbevaring, nødvendige beskyttelse af materiale og flytningen af materialet. Forskning omkring byggepladsindretningen i forhold til JIT-leverancer beskrives yderligere i afsnit 5.3.2.
For at kunne foretage JIT materialestyring, er det ifølge Akintoye (1994); Pheng og Hui (1998) vigtigt at tage højde for materialeflowet på et byggeprojekt. Ifølge Akintoye (1994) skal materialeflowet på et byggeprojekt stemme overens med det endelige produkt, byggeriet. For at opnå det endelige produkt kan materialeflowet foregå på to forskellige måder:

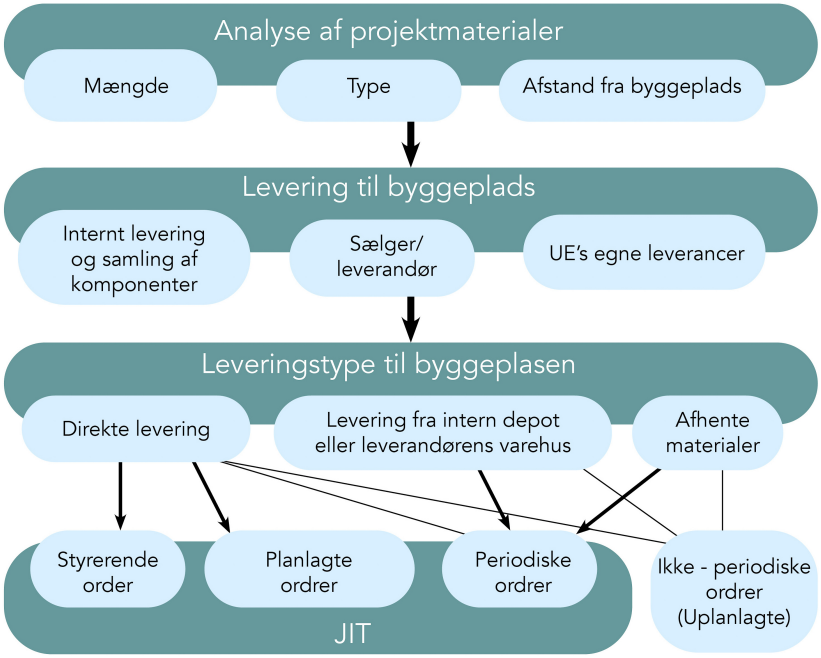
1. Materialer behandles, produceres og kombineres til underenheder eller præfabrikationer i et fabriksmiljø før det leveres til byggepladsen for installation.

2. Nogle materialer behandles og samles på byggepladsen som en del af igangværende arbejde

Pheng og Hui (1998) påpeger også flow som et vigtigt element i materialestyring. Dog påpeges en anden form for flow, arbejdsflow. I artiklen belyses det at for at foretage JIT-indkøb og -leverancer, er det vigtigt, at arbejdsflows er uforstyrrede, og der anvendes Kanban eller et træksystem. Kanbans skal anvendes til at indkøbe på det rigtige tidspunkt og i rigtige mængde baseret på forbrugsniveauet på byggepladsen (Pheng og Hui, 1998). Kanbans skal også anvendes for at sikre, at kun det rigtige materiale bestilles og leveres til byggepladsen (Ang og Low, 2003).

5.3.2 Materialer til JIT bestilling

Det er dog ikke alle former for materialer, der kan bestilles JIT (Akintoye, 1994). Akintoye (1994) foreslår en model, der er baseret på et sammendrag af forskelligt litteratur fra forskerens eget litteraturstudie. Modellen kan anvendes til at klarlægge hvilke materialer, der kan bestilles JIT. Denne model er illustreret i figur 5.4 og forklares i det følgende afsnit.



Figur 5.4: Af denne figur fremgår en model, der illustrer hvilke materialer, der kan bestilles JIT. Figuren er inspireret af Akintoye (1994).

For at fastlægge hvilke materialer, der kan bestilles JIT, skal nødvendige materialer i byggeprojektet identificeres baseret på det foreliggende projektmateriale og kontrakter. Baseret på dette materiale defineres mængde og type af hvert materiale samt afstanden fra materialets afhentningssted til lokationen, hvor materialet skal bruges på byggepladsen. Baseret på dette kategoriseres identificerede materialer indenfor fire bestillingssystemer:

- **Styrerende ordrer** - materialer af samme skala som præfabrikerede elementer, ventilationsanlæg og lignende, der bestilles lang tid i forvejen, som ikke uden videre kan afkaldes. Størstedelen af denne form for ordrer skal bestilles i store mængder, men leveres på byggepladsen i små partier (Akintoye, 1994).
- **Planlagte ordrer** - Ordrer baseret på mængdeudtræk/opmåling, der bestilles i god tid.

- **Periodiske ordrer** - Ordrer med konstant bestillingsmængde eller -interval eksempelvis materialer som søm og skruer.
- **Ikke-periodiske ordrer** - Materialer der er uforudsigelige. Det er materialer, der bestilles, når behovet opstår. Det er varer der indkøbes på grund af forglemmelse.

Baseret på ovenstående klarlægges det, hvordan materialet produceres. Produceringen af materialet til byggeprojektet, kan ifølge Akintoye (1994) foretages på tre måder:

- Intern levering og samling af komponenter, hvor materialer produceres internt på entreprenørens værksted.
- Sælger/leverandør leverer materiale produceret off site.
- Underentreprenørs (UE's) egne leverancer, hvor UE producerer dele og komponenter.

Baseret på hvorledes materialet produceres, defineres det, hvorledes disse materialer leveres til byggepladsen. Leveringen kan ske på følgende tre måder afhængig af produktionsmetoden (Akintoye, 1994):

- **Direkte levering** - hvor materiale leveres direkte fra produktionen til byggepladsen.
- **Levering fra intern depot eller leverandørs varehus** - hvor materiale leveres direkte fra UE's eller leverandørs varehus til byggepladsen.
- **Afhente materiale** - hvor flere materialer afhentes fra flere leverandører.

Ifølge Akintoye (1994) kan der kun foretages JIT på materialer, der kategoriseres som styrerende-, planlagte- eller periodiske ordrer. Dermed kan der ikke foretages JIT på ikke-periodiske ordrer. De styrerende-, planlagte- og periodiske ordrer skal ifølge Pheng og Hui (1998), bestilles igennem de ansvarlige på byggepladsen imens materiale, der ikke er byggeprojektspecifikke, men er gængse materialer for alle organisationens byggeprojekter såsom sikkerhedssko, gængse skruer og bolte, skal indkøbes gennem organisationens indkøbsansvarlige.
Det skal også påpeges, at det ifølge Akintoye (1994); Pheng og Hui (1998); Ang og Low (2003), er vigtigt i forhold til JIT-bestillinger, at materialer, der skal installeres i et byggeprojekt, simplificeres og standardisere så meget som muligt i projekteringsfasen. Standardmaterialer gør det muligt at anvende tilgængelige materialer, der skaber gnindningsfrie arbejdsflows og gentagelse af arbejdsflows. For at standardisere og simplificere således, at JIT materialestyring og leverancer muliggøres samtidig med, at bygherrens krav og ønsker tilgodses, er det nødvendigt at inddrage det projekterende team så tidligt som muligt i projektet. Ingeniørerne standardiserer og simplificer bygningsdele så meget som muligt, imens arkitekterne tilgodeser bygherrens krav og ønsker. (Akintoye, 1994)

Selvom udvalgte materialer kan standardiseres og simplificeres til at muliggøre JIT-leverancer fastslår Ang og Low (2003); Pheng og Hui (1998), at JIT ikke fuldstændig kan eliminere opbevaring på byggepladsen. Dog gælder der for denne opbevaring, at materialerne skal anvendes indenfor to dage. (Pheng og Hui, 1998; Ang og Low, 2003)

Planer for JIT

Udover at materialer skal kategorisering, standardiseres og simplificeres for at muliggøre JIT-leverancer, skal der også anvendes planer (Akintoye, 1994; Ang og Low, 2003; Pheng og Hui, 1998). Planerne gør det muligt for aktørerne at planlægge produktionen, anvendelsen af materialer og udstyr samt eliminere leveringen af unødig materiale på byggepladsen.
JIT er afhængig af to former for planer: tidsplanen for byggeprojektet og byggepladsindretningen.

Tidsplanen for byggeprojektet kan inddeles i tre tidsplaner (Ang og Low, 2003):

1. **Hovedtidsplanen**, hvori hovedaktiviteter angives. Denne udarbejdes tidligt i projektet og udleveres til projekterende, byggepladsledelsen, håndværkere og UE'ere.
2. **Projekteringstidsplan** der udleveres til projekterende, byggeledelsen og relevante UE'ere og leverandører (Ang og Low, 2003). Derudover skal denne tidsplan tage højde for tidspunkter for bestilling og produktion af kritiske materialer. (Pheng og Hui, 1998)
3. **Udførelsestidsplan** i form af en LBT, idet der skal tages udgangspunkt i hovedtidsplanen, men angiver en detaljeret beskrivelse af aktiviteternes indhold, rækkefølge, placering og varighed (Pheng og Hui, 1998; Ang og Low, 2003). Denne udleveres også til projekterende, byggepladsledelsen, håndværkere og nødvendige UE'ere. Pheng og Hui (1998) påpeger, at det er vigtigt at inddrage håndværkere i planlægningen og organiseringen af aktiviteterne for at LBT bliver mest retvisende og skaber gnidningsfri arbejdsflow.

Pheng og Hui (1998) angiver nogle faktorer, der skal overvejes i forhold til tidspunkter for bestilling af materiale, der skal angives i projekteringstidsplanen:

- Tidsbehovet for at indhente nødvendige tilbud fra forskellige leverandører.
- Tidsbehovet for leverandørerne at forberede vareprøver til bygherren og arkitekterne.
- Tidsbehovet for bygherren og arkitekterne til at godkende prøverne.
- Tidsbehovet for levering af materialet fra depot/varehus til byggepladsen.
- Opbevaringsmuligheder på byggepladsen.

Fælles for alle planer er, at de skal revideres og tilrettes løbende i henhold til fremgangen og ændringer i byggeprojektet. Derudover skal relevante aktører løbende informeres og opdateres om eventuelle ændringer, idet dette har indvirkning på kanbans, som afhænger af præcise data og muliggør JIT-leverancer (Ang og Low, 2003). Den løbende opdatering er også vigtig i forhold til bestilling af materialer, idet Pheng og Hui (1998) påpeger, at bestillingen af materialer ikke skal baseres på den tidligt udarbejde hovedtidsplan, men snarer baseres på aktuelle aktiviteter på byggepladsen og ifølge Pheng og Hui (1998) også baseret på feedbacken fra formændene. Ifølge Akintoye (1994) er projektets fremgang og aktiviteter også vigtige at kommunikere effektivt videre imellem byggelederen og leverandøren. Baseret på disse informationer skal byggelederen videreformidle tidspunkter, mængder, typer og ændringer af leveringstidspunkter til leverandøren. Derudover kan eventuelle afkaldelser forudses i god tid, håndteres og viderformidles til leverandøren. (Akintoye, 1994)
Andre planer der belyses, som værende vigtige for JIT i bygge- og anlægsbranchen, er udarbejdelse af leveranceplaner baseret på projektets aktiviteter. Disse bør digitaliseres i en database, så denne hele tiden er opdateret om aktuelle forbrugsniveau af materialerne, hvorudfra der kan bestilles materiale løbende. (Ang og Low, 2003)

Leverandørforhold og krav

Ligesom der beskrives i kapitel 6, er længerevarende leverandørforhold vigtige i forhold til at kunne foretage JIT i produktionsvirksomheder, ligeså er det ifølge Akintoye (1994) med forholdet imellem entreprenøren og leverandøren for for JIT i bygge- og anlægsbranchen (Akintoye, 1994; Pheng og Hui, 1998; Ang og Low, 2003). Den anvendte leverandør skal indgå som en partner (Akintoye, 1994) og udvælges på baggrund af tidligere erfaringer. For effektiv JIT skal leverandøren også vurderes på baggrund af vedkommendes beliggenhed i forhold til byggepladsen. (Ang og Low, 2003)

Derudover er der også krav til forholdet imellem entreprenøren og leverandøren. Et af kravene er, at forholdet ikke må være ensidig, men skal ifølge Pheng og Hui (1998) være gensidig, hvor entreprenøren ikke må se leverandørens varehus som et eksternt lager, som kan påduttes omkostningerne ved opbevaring af lageret. I stedet skal begge parter tilgodese hinandens behov ved eksempelvis at entreprenøren inddrager leverandøren så tidligt som muligt i byggeprojektet, således at leverandøren kan tilrettelægge sine produktionsplaner. Dog må leverandøren ikke levere materialer alene baseret på de tidligt udarbejdede planer. Derudover skal leveringen af materialer følge træksystemet, så der kun leveres i forhold til det aktuelle forbrugsniveau (Pheng og Hui, 1998). Det er også vigtigt, at leverandøren og entreprenøren aftaler og indordner sig den samme kvalitetsstandard således, der igennem JIT ikke kun foretages rettidig og direkte levering af materiale til lokationen men at modtaget materiale også er af den aftalte kvalitet. (Akintoye, 1994; Pheng og Hui, 1998; Ang og Low, 2003)
For at lette den efterfølgende installation af materialet efter levering, foreslår Pheng og Hui (1998), at entreprenøren skal stille krav til leverandøren om, hvorledes materialerne skal pakkes, tydelig mærkning af indholdet i hver palle og krav om at materialer aflæsses på de lokationer, som materialet skal anvendes på. Pheng og Hui (1998)
Alle disse krav til og forholdet imellem byggeentreprenøren og leverandøren kræver, at leverandøren allerede arbejder JIT. (Pheng og Hui, 1998)

Byggepladsindretning for JIT

Ved at tage hensyn til kravene i foregående afsnit kan JIT-bestillinger og -leverancer muliggøres. I litteraturen påpeges dog, at byggepladsen skal planlægges og indrettes således, at der kan tages imod JIT materialer.
Byggepladsindretningen er et vigtigt element, idet det er denne plan, der afgør, hvor materialer skal leveres, aflæsses og opbevares, således disse står mest hensigtsmæssigt i forhold til lokationen, hvor det skal bruges. For at materialet kan afleveres på brugsstedet er det vigtigt, at byggepladsen holdes ryddelig og rent således, at materialet uforhindret kan leveres og aflæsses det pågældende sted. Derudover er det vigtigt, at eventuelt udstyr er tilgængeligt på aflæsningsstedet til afhjælpning af aflæsning for at undgå dobbelthåndtering. (Pheng og Hui, 1998; Ang og Low, 2003; Akintoye, 1994)

5.4 BIM-baseret mængdeudtræk i bygge- og anlægsbranchen

I en byggeproces er mængdeudtræk en af hovedopgaverne for at kunne opnå JIT-leverancer. At trække mængder beskrives som en funktionopgave, der prioriteres for vigtige opgaver såsom udbud, tilbud eller planlægning. Det vil sige for at komme frem til målet med at lave et udbud, må mængdeudtræk udføres først. Proceduren for mængdeudtræk foregår i de fleste tilfælde manuelt på 2D-tegninger såsom plantegninger, facadetegninger, snit og andre lignende dokumenter. Opmålinger af bygningselementerne benyttes til at kalkulere pris og forventet arbejdsmængde, men på grund af menneskelige fortolkninger i denne metode, er der stor sandsynlighed for fejl. (Monteiro og Martins, 2013)

Mængdeudtræksprocessen påvirker store beslutninger i et projekt, da mængdeudtrækket er den eneste måde at opnå grundig indsigt i forskellige priser og produktivitet af et stykke arbejde. I en entreprenørs økonomi, er kalkulationsarbejdet en løbende og iterativ proces, hvor et præcis mængdeudtræk er afgørende for prisen på byggeprojektet. (Monteiro og Martins, 2013) Derudover

er samarbejde, nøjagtighed og detaljeringsgrad væsentlige aspekter i mængdeudtræksprocessen, hvor forskellige alternativer overvejes for at blive indenfor budgetrammen (Wahab og Wang, 2022).

BIM-baseret mængdeudtræksmetoder i bygge- og anlægsbranchen

Som tidligere nævnt er mængdeudtræk er en stor del af processen til prissætning af et byggeprojekts økonomi. Wahab og Wang (2022) oplyser i sin spørgeundersøgelse, at på nuværende tidspunkt benyttes 2D-software i USA for at udføre mængdeudtræk. Dog kan der også anvendes 3D-mængdeudtræk via BIM-værktøjer for samme opgave. Her indeholder alle værktøjer processer til automatisk mængdeudtræk fra modellen, hvor programmer tillader valg af alle objekttyper i en 3D-model, hvilket gør det muligt at trække mængder ud afhængig af typen af bygningselement. (Monteiro og Martins, 2013)

Derudover er der en række forskellige applikationer i BIM-værktøjer, der gør det muligt for brugeren at udføre mængdeudtræk på BIM-modeller. *Vico Office, Solibri Model Checker og Autodesk Navisworks* er eksempler på modelkontrolapplikationer, der dekonstruerer modellen til objekter for at gøre mængdeudtræk muligt. (Monteiro og Martins, 2013)

Anvendelse af BIM til mængdeudtræk

Ifølge Wahab og Wang (2022) er BIM på nuværende tidspunkt det mest detaljerede og mest præcise værktøj til mængdeudtræk, hvorfor anvendelsen af BIM-modeller til mængdeudtræk giver mulighed for mere detaljeret information om komplekse geometriske former. Derudover fastslår Seongah et al. (2019); Monteiro og Martins (2013) vigtigheden af BIM til beregning af nøjagtige mængder, der kan give anledning til væsentlig reducering i tidsforbruget for prissætningen af byggeprojektet. Ifølge Monteiro og Martins (2013) skyldes dette, at der er mulighed for at bestemme specifikke egenskaber og rummelige størrelser for hvert objekt i modellen. (Monteiro og Martins, 2013)

Dog påpeger Monteiro og Martins (2013); Wahab og Wang (2022), at BIM-design-værktøj såsom Revit eller ArchiCAD, ikke kan manipulere, behandle eller administrere data i mængdeudtrækstabeller. Hertil skal der anvendes støttende software eller applikationer. Informationudvekslingen mellem BIM-design-værktøj og -software kan normalt foregå på en af to følgende måder:

1. **Lukkede standarder:** Begge systemer bruger det samme format til produktdatadefinition, hvor udvekslingen foregår problemfrit uden tab af data.
2. **Åbne standarder**: Systemerne bruger forskellige formater, og udvekslingen sker ved at konvertere datasættene til et tredje fælles format såsom Industry Foundation Classes (IFC).

Standarden for modellerne er også et af udfordringer ved mængdeudtræk, idet der ved lukkede standarder ikke nødvendigvis overføres information fra et program til et andet program.

5.4.1 Udfordringer og begrænsninger ved mængdeudtræk

Som det også er nævnt i afsnittet om mængdeudtræksmetoder er prissætningsprocessen en tidskrævende proces, hvis der anvendes 2D-mængdeudtræk, idet mængderne først fastlægges

manuelt, hvorefter priser beregnes. Derudover kan der ved 2D-mængdeudtræk forekomme forkerte input og fortolkninger. (Monteiro og Martins, 2013)

Ifølge Wahab og Wang (2022) er 2D-mængdeudtræk mindre præcist og kan give anledning til fejl og mangler på grund af manglende detaljeringsgrader. I stedet anbefales det at anvende BIM-baserede 3D-modeller, idet dataene heri er mere nøjagtige og detaljeret til efterfølgende mængdeudtræk (Wahab og Wang, 2022). Dette tilkendegives også i undersøgelser foretaget af Olsen og Taylor (2017), hvori det yderligere tilkendegives, at der ved 2D-mængdeudtræk benyttes meget tid på at undersøge modeller og korrigere forkerte eller ikke relevante data i modellen. I samme undersøgelse fremgår det, at brugen af BIM-baserede mængdeudtræk sandsynligvis vil stige i fremtiden. Dette vil medføre, at manglerne i modellens design sandsynligvis vil blive fyldestgørende og mere detaljeret.

Ifølge Monteiro og Martins (2013) kan der opstå udfordringer med mændgeudtræk, selvom der foretages mængdeudtræk baseret på 3D CAD-værktøjer, hvor brugeren og ikke softwaren foretager opmålinger. Heri nævnes følgende problematikker:

- *Overlapping*, hvor der i modellen ikke skelnes imellem materialelagene i en opbygning som eksempelvis i en væg, der består af skeletkonstruktion, isolering og gipsplader på begge sider af træskelettet. I 3D-modeller indtegnes væggen blot som en samlet væg uden differentiering i opbygningen.
- *Ikke-eksisterende mængder fra sammensatte elementer*, er mængder, som ikke projekteres af arkitekten. Mængderne kan i stedet trækkes fra andre elementer, eksempelvis gulvlister, maling, loftslister og lignende.
- *Kvaliteten* af digitale modeller påvirker nøjagtigeden af mængderne, der trækkes ud. Afvigelse opstår i mængderesultater, når projekterende udarbejder ufuldstændige modeller og benytter utilstrækkelige modelleringsmetoder.

En af de største problemer i BIM er mangler ved opbygningen af sammensatte elementer såsom gulv, etageadskiller og vægge. Lignende elementer består ofte af flere materialelag og kræver modellering i forhold til de virkelige forhold, ellers vil der opstå fejl i mængdeudtrækket. I praksis udvikles BIM-modellen i designfasen, og når modellen ikke er detaljeret, er det vanskelig og tidskrævende at vedligeholde løbende for at kunne trække de nødvendige mængder ud af modellen. Khosakitchalert et al. (2019) beskriver en løsning for at kunne minimere denne fejl ved at lave en tilsvarende individuel model med den faktiske konstruktionen for hvert materialelag. Vanskeligheden med denne løsningen er kompleksiteten i geometrien i modellen, filstørrelsen kan blive stor samt at løsningen er meget tidskrævende. (Khosakitchalert et al., 2019)

Monteiro og Martins (2013) påpeger også andre udfordringer som inddragelsen af forskellige discipliner, der anvender forskellige programmer til at varetage deres arbejdeområder, som gør udvekslingen af data udfordrende, idet elementerne og/eller opmålinger er defineret anderledes fra software til software.

> "...Typisk er BIM-baseret mængdeudtræk en opgave, der er tildelt BIM-eksperter, idet kræver en omfattende forståelse af input-output dynamikken i værktøjene, da udtrækning af informationen i henhold til de ønskede specifikationer afhænger af, hvordan elementerne er modelleret..."
> -(Monteiro og Martins, 2013)

En anden kendt problemstilling ligger i brugen af IFC-formatet, som har været det gængse udvekslingsformat i de senere år. Processen fungerer ikke fejlfrit, da der er tab af information ved hver import-eksport proces, hvilket kan føre til fejlagtige resultater og i sidste ende med forkerte mængder og kalkulationer. Denne form for problemer løses i øjeblikket ved at skabe modellerings- og standardmetoder, der angiver retningslinjer for arkitekter, ingeniører og entreprenører til design, dataudveksling og mængdeudtræk. (Monteiro og Martins, 2013)

For at foretage en effektiv undersøgelse af opstillede problemstillinger og dermed problemformulering i kapitel 2 samt foreslå et optimalt løsningsforslag, foretages en systematiseret litteratursøgning på AUB samt forward snowballing gennem Google Scholar. Systematisering samt den efterfølgende sortering, der blandt andet kun omfatter fagbedømte artikler højner litteraturstudiets reliabilitet og artiklernes validitet. Litteratursøgningen foretages for at belyse eksisterende forskning indenfor JIT og mængdeudtræk i bygge- og anlægsbranchen.
Litteraturen om JIT-bestillinger og leverancer i bygge- og anlægsbranchen er begrænset og der eksisterer ifølge projektgruppen et research gap. Tiltrods for begrænsning i litteraturen, tages der udgangspunkt i forskning om JIT i bygge- og anlægsbranchen foretaget af Akintoye (1994), Ang og Low (2003) og Pheng og Hui (1998)
Alle artiklerne er enige om, at JIT er mulig i bygge- og anlægsbranchen trods forskellige kulturer og varierende byggeprojekter. JIT konceptet skal blot tilpasses den aktuelle organisation. Artiklerne tilkendegiver også, at JIT kan foretages igennem materialestyring, der skal sikre, at det rette materiale i rette mængder, kvalitet og pris bestilles og leveres i rette tid. Det er afgørende, at alle materialer i et byggeprojekt standardiseres og simplificeres så meget som muligt for at muliggøre gnidningsfrie arbejds- og matererialeflows, der er afgørende for muliggørelsen af JIT.

Akintoye (1994) foreslår, at styrende, planlagte og periodiske ordrer kan bestilles JIT. Disse materialer skal bestilles baseret på det aktuelle forbrugsniveau samt tidsplaner udarbejdet af entreprenøren. Tidsplanerne udgøres af en hovedtidpslan, projekteringstidsplan og udførelsestidsplan. Derudover skal der tages højde for byggepladsindretningen for at kunne muliggøre leverancer. Litteraturen angående metoder til mængdeudtræk i bygge- og anlægsbranchen er fundet på baggrund af engelske søgeord, da søgemaskinen ikke viste resultater på dansk. Af de engelske resultater anvendes artiklerne skrevet af Wahab og Wang (2022); Monteiro og Martins (2013); Olsen og Taylor (2017); Seongah et al. (2019) for at undersøge, hvordan BIM anvendes til mængdeudtræk samt eventuelle udfordringer og muligheder ved anvendelse af metoderne.
I disse artikler lægges der vægt på, at anvendelsen af BIM værktøjer til mængdeudtræk ikke kun kan gøre mængdeudtræk hurtigere, men kan også medføre, at komplekse geometriske bygningsdele lettere kan foretages mændeudtræk på, idet der i modellerne indlægges egenskaber og informationer til hvert bygningsdel. Dog kræver dette, at der projekteres med dette fra projekteringsfasen. Derudover kræver det, ifølge Monteiro og Martins (2013), fastlægges retningslinjer for modellering for alle faggrupper i projektet. Derudover opstår der udfordringer med modellerne ved udveksling af modeller, der giver anledning til udfordringer i forbindelse med mængdeudtræk baseret på modellerne.

6 | Teori

I dette kapitel fastlægges teorier om JIT, LBT og kodninger i modelleringsprogrammer. Teorierne danner grundlag for projektgruppens forståelse af JIT, LBT og kodninger, der skal anvendes til udarbejdelse af et løsningsforslag.

I kapitel 3 forklares grundlæggende elementer i JIT. I det følgende uddybes disse elementer for at skabe bedre forståelse af, hvad de syv principper indebærer. Derudover beskrives teorien bag LBT, idet opstillingen af LBT skal forstås for at kunne udnyttes i dette projektarbejde.

6.1 JIT i produktionsindustrien

I bogen fra Monden (2012) og en tidligere version af Monden (1998) om TPS, beskrives koncepter, metoder og målepunkter til at opnå JIT. Dette forklares, og bruges videre i rapporten i en direkte eller tilpasset udgave til bygge- og anlægsbranchen.

Undervejs i Monden (2012) beskrives forskellige koncepter:

- Kanban. For mere herom se afsnit 6.2
- Informationssystemet til bestilling af varer. For mere herom se afsnit 6.3
- Bestilling af varer via Kanban. For mere herom se afsnit 6.4.
- Økonomiske målepunkter. For mere herom se bilag A afsnit A.0.1

6.2 Kanban

Kanban er et værktøj til at opnå JIT (Monden, 2012). Det er et kort, som normalvist lægges i en vinylchartek og anvendes til at lave ordre mellem processer i en produktion.

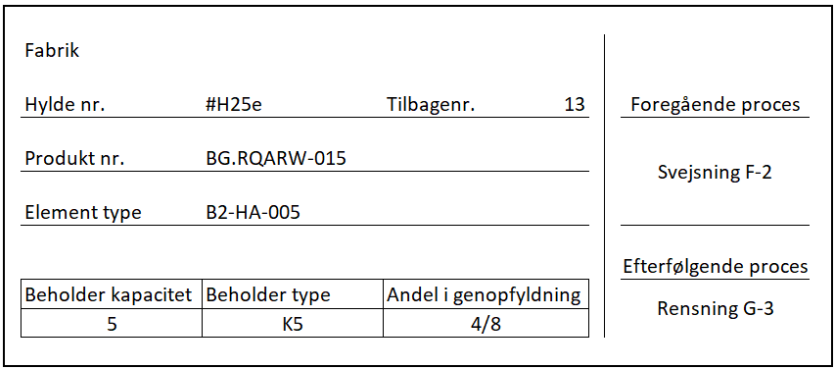
I kapitel 3 beskrives det kort, at der i Toyota hovedsageligt bliver brugt to typer af Kanban:

1. **Trækkende (withdrawal) kanban**
2. **Produktionsordre kanban**

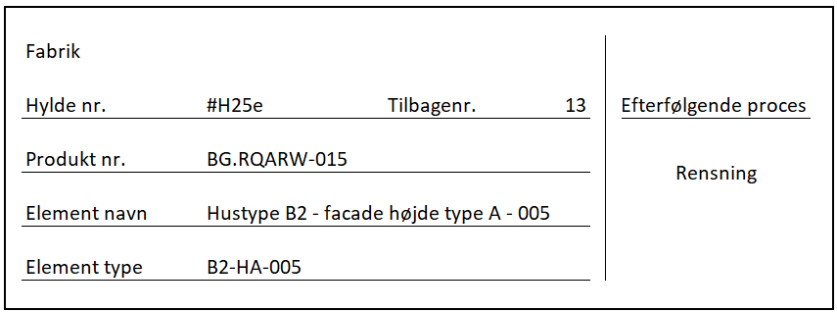
Trækkende kanbans anvendes til at signalere til næste aktivitet at den kan påbegyndes. Det er en kommunikation fra en forrige proces til den efterfølgende proces om at arbejdet kan påbegyndes. Dermed trækkes arbejdet fremad fra de forrige processer, og arbejdet går ikke fremad hvis ikke der er besked fra processen om at de er færdige. Trækkende kanban indeholder beskrivelse om hvilken type og kvalitet et produkt skal være, samt hvilken station det er muligt at hente det nødvendige materiale fra.

I en **produktionsordre kanban** specificeres typen og antallet, der forventes til produktionen og hvilke forudgående processer, som må producere produkterne. (Monden, 1998; Ohno, 1988)

Eksempler på Kanbans fremgår af figurerne 6.1 og 6.2.

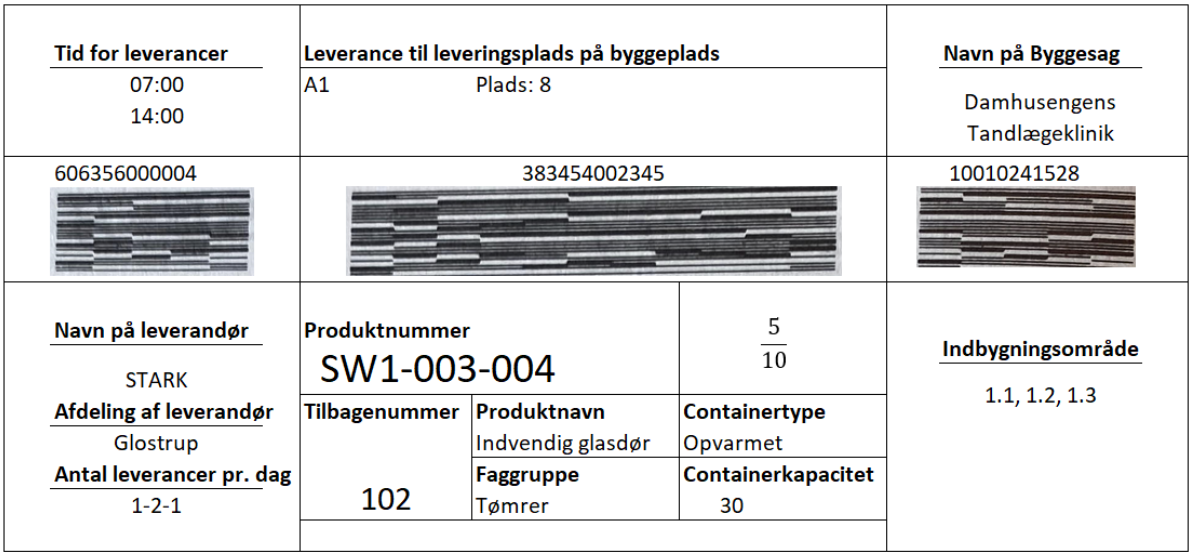


Figur 6.1: Af figuren fremgår en Trækkende (withdrawal) kanban, som indeholder information om foregående proces, efterfølgende proces, hvor materialer til produktet kan findes, hvor det forarbejdede produkt skal placeres efter produktion, produktnavn, type af færdige produkt, kapacitet i pallen, bokstypen og udstedelsesnummer. Figuren er udarbejdet på baggrund af (Monden, 2012).



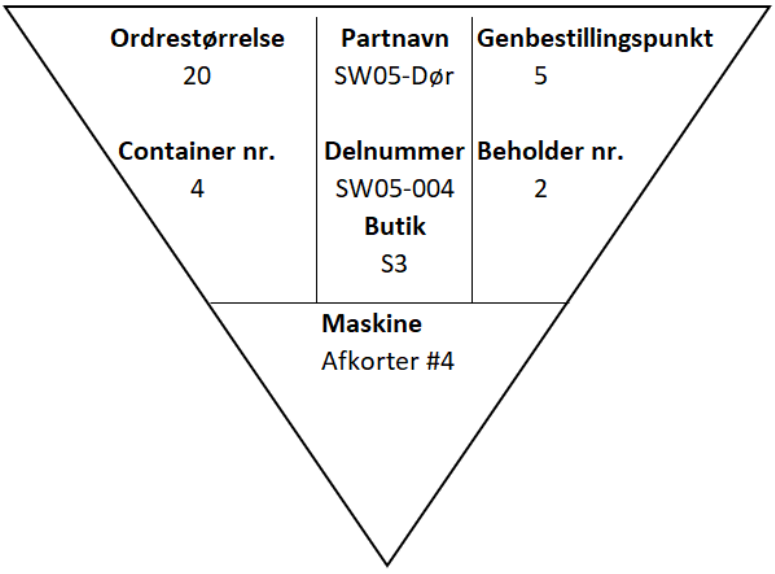
Figur 6.2: Af figuren fremgår en Produktionsordrekanban, som indeholder information om processen, materialets placering, hvor det forarbejdede materiale skal placeres efter forarbejdning, produktnummeret, produktnavnet og typen af samlet produkt. Figuren er udarbejdet på baggrund af (Monden, 2012).

En anden form for Kanban er **leverandørkanban**. Denne beskrives af Monden (2012,s. 37), som værende en kanban, der indeholder informationer om bestillingen til leverandøren. Leverandørkanbans kan sammenlignes med trækkende kanbans men med en scanningskode og information om, hvorhenne materialet specifikt skal leveres. Eksempelvis har Toyota ikke noget lager, som leverandørerne kan aflevere deres varer til, men i stedet er der aflæsningspladser inde på fabrikken.



Figur 6.3: Af figuren fremgår et eksempel på en Leverandørkanban. Figuren er er udarbejdet på baggrund af (Monden, 2012).

En anden form for kanban er **signalkanban**. Dette anvendes til genbestilling af varer, hvis lagerbeholdning er lavt. Niveauet for, hvornår der skal foretages genbestilling, er defineret som det punkt, der skal bestilles et nyt batch af denne varer.
Kanbannen er opdelt i to stykker papir, som er placeret på materialet. Den ene er en materialebestillingsseddel og den anden kanban er trekantet. Begge kanbans indeholder næsten samme data. Kanbannerne indeholder information om processerne, som materialet indgår i, tilbagenummeret (nummeret på leverancelokation, hvor de tomme beholder, som skal sendes til), materialenavnet, materialestørrelsen, beholderens indhold, beholderkapacitet, partistørrelse og antallet af beholdere for fuld kapacitet. (Monden, 2012)



Figur 6.4: Af figuren fremgår et eksempel på et signalkanban. Figuren er inspireret af illustration i (Monden, 2012).

6.3 Informationssystemet til bestilling af varer

Når Toyota skal bestille varer fra en leverandør, er der krav til, at leverandøren kan levere varerne JIT. Dette kræver dog, at produktionssystemerne bliver tilpasset dertil. At implementere JIT-produktionsmetoden hos Toyotas underleverandører har taget mange år og har krævet et længerevarende samarbejde Monden (2012); Ohno (1988). Herunder forklares hvilke tilpasninger, der skal ske hos leverandøren og hvordan samarbejdet kan forløbe. Det skal dog bemærkes, at Monden (2012,s. 59) og Ohno (1988) forklarer i hver deres litteratur at udskiftning af leverandørerne tog over 10 år for Toyota at gennemføre. Derfor kan det forventes at tage lang tid at oprette sådant et samarbejde.

Produktionsplaner

Der findes to typer af produktionsplaner hos Toyota (Monden, 1998):

1. Master produktionsplan
2. Produktionsdelsbehovsprognose

En **master produktionsplan** udarbejdes på baggrund af de bestillinger, der er lavet af salgsafdelinger globalt. Der beregnes, hvor mange af de forskellige typer færdige produkter, som skal produceres. Derefter tages der højde for produktionsjævning i forhold til sidste måned, hvorudfra der udarbejdes en passende produktionsplan. (Monden, 1998)
Produktionsdelsbehovsprognosen er baseret på master produktionsplanen, hvorudfra der skal bestilles materialer til den planlagte produktion. Sammen med master produktionsplanen sendes produktionsdelsbehovsprognosen til leverandørerne, som skal producere de færdige produkter og levere materiale til produktionen. Prognosen anvendes til at give leverandørerne en indikation af produktionsmængden for en måned, som bliver tilpasset løbende af dagelige kanbans. Ud fra den månedlige forventede prognose kan leverandøren bestemme deres cyklustid for hver proces, standard produktionsrutiner, som kan tilpasse antallet af medarbejdere, mængde af materialer, som skal bestilles fra deres underleverandører og antallet af kanbans for hver leverandør (Monden, 2012). Opsummeret betyder det, at der sendes en månedlig prognose til leverandørerne til at forberede, hvorefter materialer til reel produktion, vil blive bestilt ved daglige kanbans . (Monden, 2012)

Månedlig og dagelige informationer til leverandøren

Som beskrevet sender Toyota løbende to typer af informationer til sine leverandører (Monden, 2012):

1. **Forventet ordre** (Produktionsdelsbehovsprognosen) til leverandøren, som leveres i midten af den foreløbende måned;
2. **Daglig information** som specificere det aktuelle antal af produkter, som er nødvendig den pågældende dag.

Den daglige information findes på to forskellige former: en kanban eller sekvensskema (unit order table). Hver af disse metoder anvender træksystemet. Toyota bruger to typer af trækkemetoder for produkter fra leverandøren, som beskrives i Monden (1998):

1. **Senere genopfyldning** (*later replenishment system*) - Når en maskine, som bruger dele til produktionen, bliver færdig med kassen med dele, bliver kassen udskiftet med en fyldt kasse med samme dele (som på japansk kaldes "Ato-Hoju").
2. **Sekvens trækning** (*sequenced withdrawal*) - Toyota giver et skema til leverandøren, om hvordan leverancen skal pakkes, så det passer til rækkenfølgen, når det indarbejdes i produktionen på fabrikken (som på japansk hedder "Junjo-Biki").

Ved senere genopfyldningsmetoden vil der blive lavet en stabel af kanbans til, når en transport afleverer sine materialer. Transporten vil tage de tomme kasser og leverandørkanbans med tilbage til fabrikken, som producerer det nødvendige antal til den næste transport med materialer til fabrikken. (Monden, 2012,s.61-64)

Ved sekvenstrækning sendes informationen om pakningsrækkefølgen direkte til leverandøren, som opdateres en gang i timen. Dermed får leverandøren 8-16 informationer om de næste ordrer til fabrikken, som er planlagt til fire timer senere på dagen. Sekvenstrækning anvendes på materialer til store partier. (Monden, 2012)

6.4 Bestilling af varer via Kanban

I teorien om JIT beskrives to typer af lagerkonstrolsystemer (Monden, 2012):

1. Konstant bestillingsmængde system - hvor der opstilles en fast mængde, når varer når et bestemt lavpunkt. Her er ordrestørrelsen er fast, men ordredatoerne er ikke faste.
2. Konstant bestillingscyklus system - hvor ordredatoen er fast, men ordrestørrelsen er forskellig fra gang til gang afhængig af forbruget mellem datoerne.

Disse to bestillingssystemer ligner Toyotas men med den forskel, at der i stedet for at tjekke lagerbeholdningen, bestilles der efter Kanban. (Monden, 2012)

Ved **Konstant bestillingsmængde system** kan der være risiko for, at leverandøren kan løbe tør for materialer, hvis efterspørgslen efter et bestemt materiale er meget højt. (Monden, 2012) For at bestemme mængden af materialer, der skal bestilles, kan følgende formel anvendes:

$$Q_{\text{måned}} = Q_{\text{daglig}} \cdot (i + t_{\text{gennemløb}}) + S \tag{6.1}$$

Hvor:

Q_{daglig}	=	dagligt materialebehov [mængde/dage]
i	=	interval for ordre per dag [dage]
$t_{\text{gennemløb}}$	=	gennemløbstiden. Fra ordretidspunkt til ankomst af materialer. [dage]
S	=	sikkerhedslager [mængde]

For at bestemme et partis størrelse (L) kan følgende formel anvendes (Monden, 2012,s.366):

$$L = \frac{n_{\text{daglig}}}{t_{\text{opstilling}}} + S_{\text{daglig}} \tag{6.2}$$

n_{daglig}	=	gennemsnitlig daglig produktion [stk]
$t_{\text{opstilling}}$	=	opstillingstiden [min]
S	=	gennemsnitlige sikkerhedslager pr. dag [stk]

Monden (2012) beskriver at ved et højt antal af materialer, bør partistørrelsen være så lille som muligt for at have et hurtigt gennemløb. Dermed forhindres blokering af en maskine. For et lille antal materialer kan partistørrelsen være større.

Ved bestillingsmetoden **konstant bestillingscyklus system** varierer mængden af materialer, som bestilles. Toyota bruger udelukkende denne metode til deres eksterne leverandører.
Metoden til at bestemme mængden afhænger af antallet af kanbans, som findes ved transportens aflevering og tilbagebringelse af disse kanbans til leverandørfabrikken. (Monden, 2012)
Mængderne af materiale, som skal leveres, kan variere meget og vil afhænge af produktionstidspunktet i en fabrik, hvilket kan være en risiko for et produktionssystem. (Monden, 2012)

For at kunne bestille det korrekte antal af leverandørekanbans (N), kan der anvendes følgende ligning:

$$N_{\text{leverandørkanban}} = \frac{Q_{\text{daglig}} \cdot (i + t_{\text{gennemløb}}) + S}{c} \tag{6.3}$$

Hvor:

Q_{daglig}	=	dagligt materialebehov [mængde/dage]
i	=	interval for ordre per dag til leverandøren [dage]
$t_{\text{gennemløb}}$	=	gennemløbstiden. Fra ordretidspunkt til ankomst af materialer. [dage]
S	=	sikkerhedslager [mængde]
c	=	kapacitet af beholder [stk]

Ordreintervallet og en produktions gennemløbstid kaldes tilsammen genopfyldningstiden.

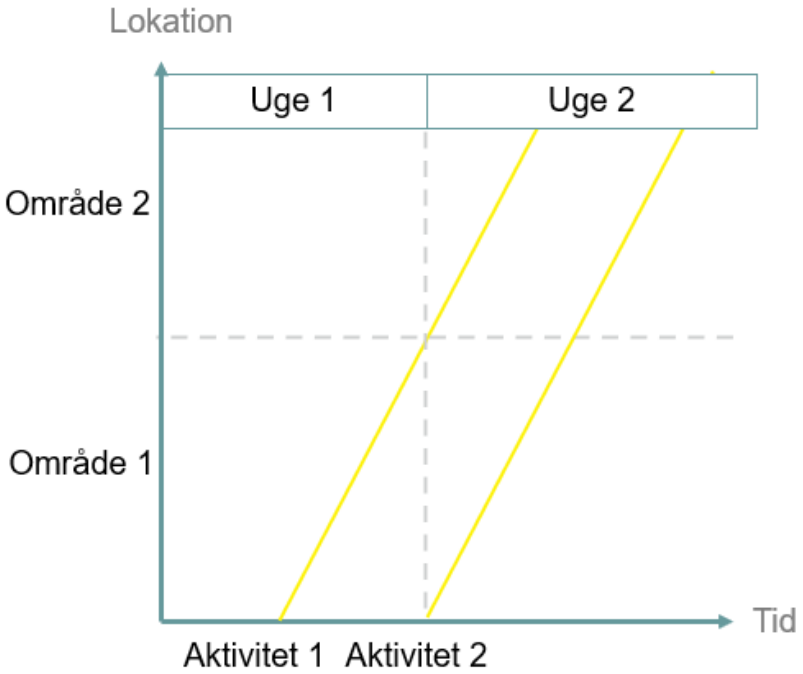
6.5 Lokationsbaseret planlægning

Dette afsnit omhandler lokationsbaseret tidsplanlægning (LBT) og tager udgangspunkt i teorien fra (Kenley og Seppänen, 2010).

Karakteristikken for projekter, som egner sig til LBT, kan beskrives ved følgende (Kenley og Seppänen, 2010):

- Flere aktive lokationer
- On-site og kontinuerte montage/samling af komponenter
- Kompleks montage/samling, som gentages på forskellige lokationer, som indebærer forskellige typer aktiviteter
- Fælles parallelle og sekventielle stier
- Ressourcehåndtering er et flowoptimeringsproblem, som er designet til at opnå et jævnt flow og kontinuitet i brugen af ressourcer.

Den mest anvendte form for LBT er flowlines (Kenley og Seppänen, 2010). En tidsplan med flowline består af tid hen af x-aksen, lokationer op af y-aksen og aktiviteters angives som skrå streger på planen som illustreret på figur 6.5. Med flowlines er det muligt at forstå hvilke hold, der arbejder med hvilke aktiviteter på bestemte lokationer (Kenley og Seppänen, 2010). En LBT med flowline er illustreret på figur 6.5.



Figur 6.5: Eksempel på en lokationsbaseret tidsplan.

Fordelen ved at lave en LBT er, at der nemt kan dannes overblik over, hvornår en ny aktivitet i en given lokation kan påbegyndes, idet den tydeligt angiver, hvornår foregående aktivitet i den givne lokation er færdig. (Kenley og Seppänen, 2010)

Aktivitetstyper ved LBT
I LBT kan aktiviteter opdeles i fire forskellige typer (Kenley og Seppänen, 2010):

1. **Forberedende aktiviteter** - enkelte aktiviteter, som skal færdiggøres inden gentagelser kan igangsættes i byggeriet.
2. **Generelle gentagelsesaktiviteter** - er aktiviteter, der gentages for et bestemt arbejdshold. Denne aktivitetsform er den tætteste på en produktionslinje i produktionsindustrien.
3. **Forbundne aktiviteter** - aktiviteter som hænger sammen med en anden aktivitet i en lokation.
4. **Eksterne aktiviteter** - aktiviteter som ikke er en del af det primære byggeri.

Anvendelsen af forskellige aktivitetstyper giver mulighed for at identificere kritiske aktiviteter på bestemte lokationer. (Kenley og Seppänen, 2010)

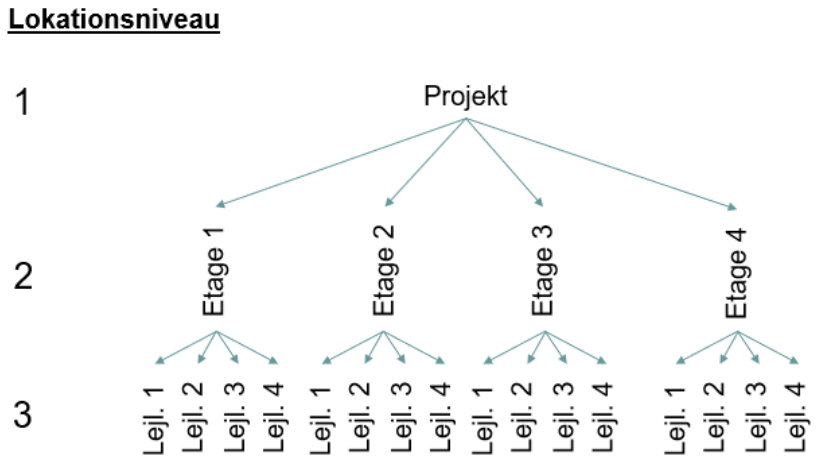
Lokationsopdeling

For at kunne lave en LBT er det nødvendigt at kunne opdele det pågældende projekt til logiske hierarkiske niveauer, Location Breakdown Structure (lokationsopdeling) (Kenley og Seppänen, 2010).
Ofte kan lokationsopdelingen opdeles nemt og logisk. Kun ved renoveringer kan der være behov for at opdele lokationerne efter eksempelvis adgangsveje. Kenley og Seppänen (2010)
Hvert hierarkisk niveau har forskellige formål. De højeste lokationsniveauer anvendes til at optimere rækkefølgen af aktiviteter og generel produktion. De mellemliggende niveauer anvendes til at bestemme og tilrette arbejdsflowet til flowet som gør det muligt at nå byggeprojektets

deadline. De nederste niveauer i planlægningen anvendes til at detaileplanlægge og slutplanlægge. (Kenley og Seppänen, 2010)
Kenley og Seppänen (2010) beskriver retningslinjer for de forskellige niveauer:

- **Højeste lokationsniveau** - i disse lokationer bør det være muligt at kunne bygge særdelte konstruktioner individuelt.
- **Mellem lokationsniveau** - disse lokationer anvendes til at fastlægge aktiviteters flow gennem et projekt, som fastlægger hastigheden på en aktivitet, således at deadline for projektet kan nås. Disse lokation bør opdeles i etager/opgange.
- **Laveste lokationsniveau** - disse er generelt mindre områder end etager. Eksempelvis kan der anvendes en opdeling af etager eller lejligheder i boligbyggeri. Det skal være muligt at opdele lokationerne for hvert arbejde tydeligt.

Af figur 6.6 fremgår et eksempel på en lokationsopdeling for en bygning på fire etager med fire lejligheder på hver etage.



Figur 6.6: Eksempel på lokationsopdeling med tre lokationsniveauer.

Hver aktivitet tilknyttes et lokationsniveau Kenley og Seppänen (2010). Lokationsopdelingen bør dog ikke være af for mange niveauer, hvilket Kenley og Seppänen (2010) foreslår vil gøre planlægningen uoverskuelig og anbefaler maksimalt 6 lokationsniveauer.

6.5.1 Lokationsbaserede mængder

Mængder, som er opdelt på lokationsniveau, er en central del af LBT (Kenley og Seppänen, 2010). Ved anvendelse af LBT er det nødvendigt med en Bill of quantities (BOQ). En BOQ anvendes til at beskrive en mængde, der svarer til et stykke arbejde, som skal udføres, inden arbejdet kan anses som færdigt (Kenley og Seppänen, 2010). Mængderne kan variere afhængigt af lokationsopdelingen. Dog bør lokationsopdelingen opdeles således, at mængdernes variation er så lille som muligt imellem de forskellige lokationer. Ifølge Kenley og Seppänen (2010) kan der ud fra en LBT og moderne softwares som Vico Office laves den samme lokationsopdeling, som mængderne bør trækkes ud fra og planlægges efter.

Ifølge Kenley og Seppänen (2010) kan mængder opdeles til aktiviteter hvis:

- Mængden kan knyttes til et stykke arbejde, som kan udføres af et arbejdshold som

eksempelvis tømrer.
- Arbejdet har samme afhængighed til andre arbejder uanset lokation.
- Arbejdet kan færdiggøres helt i et område, før næste aktivitet i lokationen påbegyndes.

Et stykke arbejdes varighed på en lokation for hele projektet kan, ifølge Kenley og Seppänen (2010), beregnes ved formlen:

$$T_j^X = \frac{\frac{h_j}{P_j}}{h_{\text{dag}}} \cdot sv_j \tag{6.4}$$

Hvor:

T_j^X	=	Tid anvendt for arbejdet på lokationen j [dage/arbejde]
h_j	=	Antal timer på lokationen j [timer]
P_j	=	Produktiviteten på lokation j[-]
h_{dag}	=	Antal timer på en arbejdsdag [timer/dag]
sv_j	=	Sværhedsgrad for arbejdet på lokation j

Antallet af timer (h_j) på en lokation (j) kan regnes ved formlen (Kenley og Seppänen, 2010):

$$h_j = \Sigma(Q_j \cdot R_j) \tag{6.5}$$

Hvor:

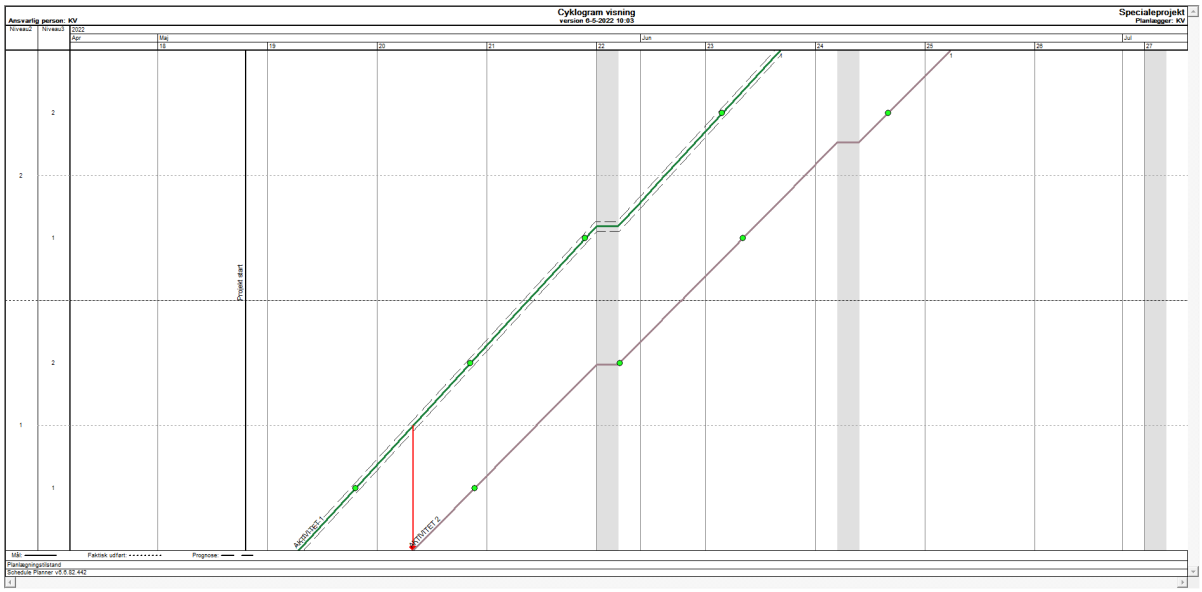
Q_j	=	Mængden af materiale som skal indarbejdes i bygningen ved arbejde på lokationen j [mængde]
R_j	=	Produktivitet på lokation j [mængde/time]

Logikken bag lokationsbaseret planlægning

Kenley og Seppänen (2010) beskriver logikken og funktionerne bag tidsplanlægningsmetoden ud fra fem logiske lag:

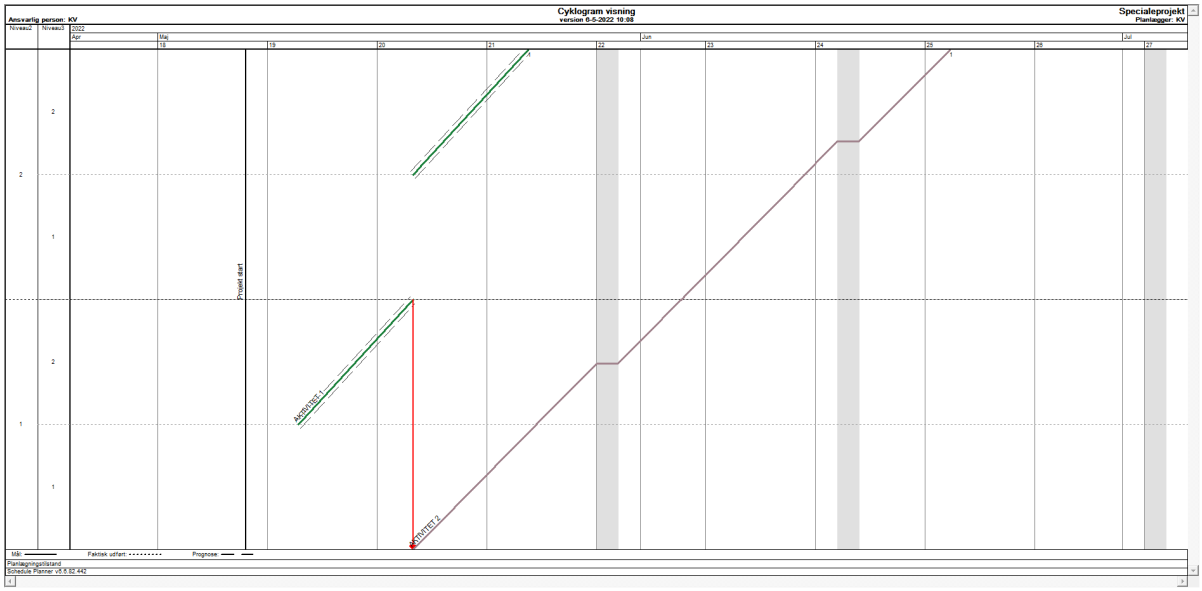
1. Eksterne logiske forhold mellem aktiviteter i lokationer
2. Eksterne logiske forhold mellem aktiviteter på højere lokationsniveauer drevet af forskellige detaljeringsniveauer
3. Intern logik mellem aktiviteter i arbejdspakker
4. Hybrid logik mellem forskellige arbejder på samme lokation
5. Standard CPM-forbindelser mellem arbejdspakker og lokationer

Hvorledes disse fem logiske lag ifølge Kenley og Seppänen (2010) fungerer, er visualiseret i figur 6.7, 6.8, 6.9, 6.10 og 6.11.



Figur 6.7: Lag et af fem logiske lag i LBT. Figuren er et skærmklip fra Vico Schedule Planner. Figuren er udarbejdet på baggrund af Kenley og Seppänen (2010).

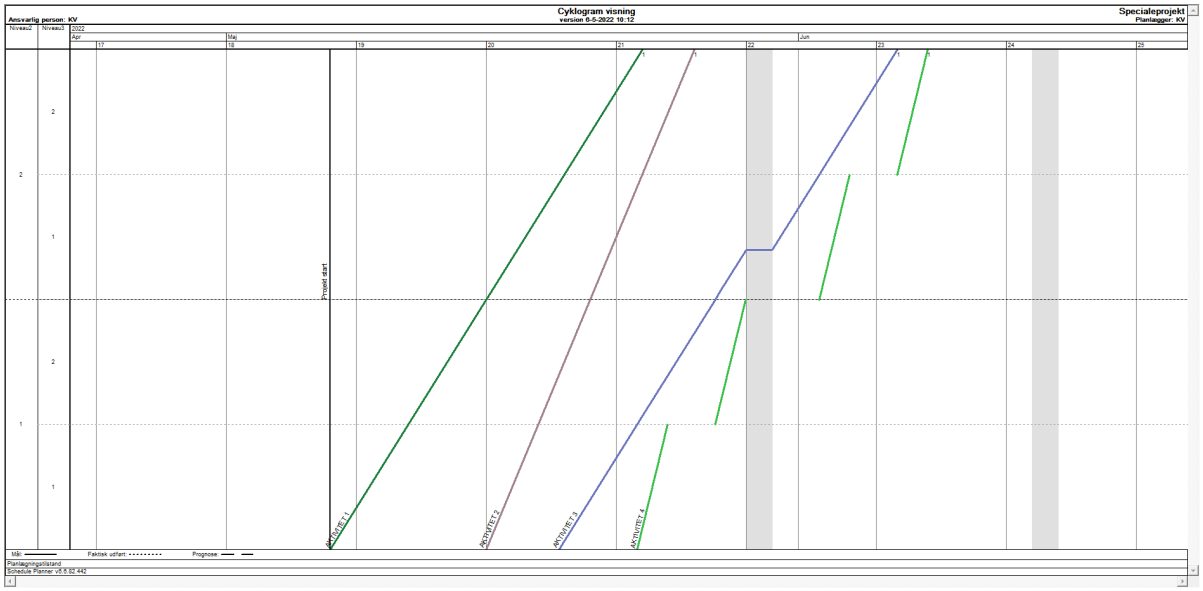
Figur 6.7 beskriver det logiske lag 1. Begge aktiviteter er kontinuerte og er forbundet med en afhængighed på lokationsniveau. Når aktiviteten 1 i område 1-1 er færdiggjort, påbegyndes aktivitet 2 i område 1-1. Samtidig påbegyndes aktivitet 1 i område 1-2. (Kenley og Seppänen, 2010)



Figur 6.8: Lag 2 af de fem logiske lag i LBT. Figuren er et skærmklip fra Vico Schedule Planner. Figuren er udarbejdet på baggrund af Kenley og Seppänen (2010).

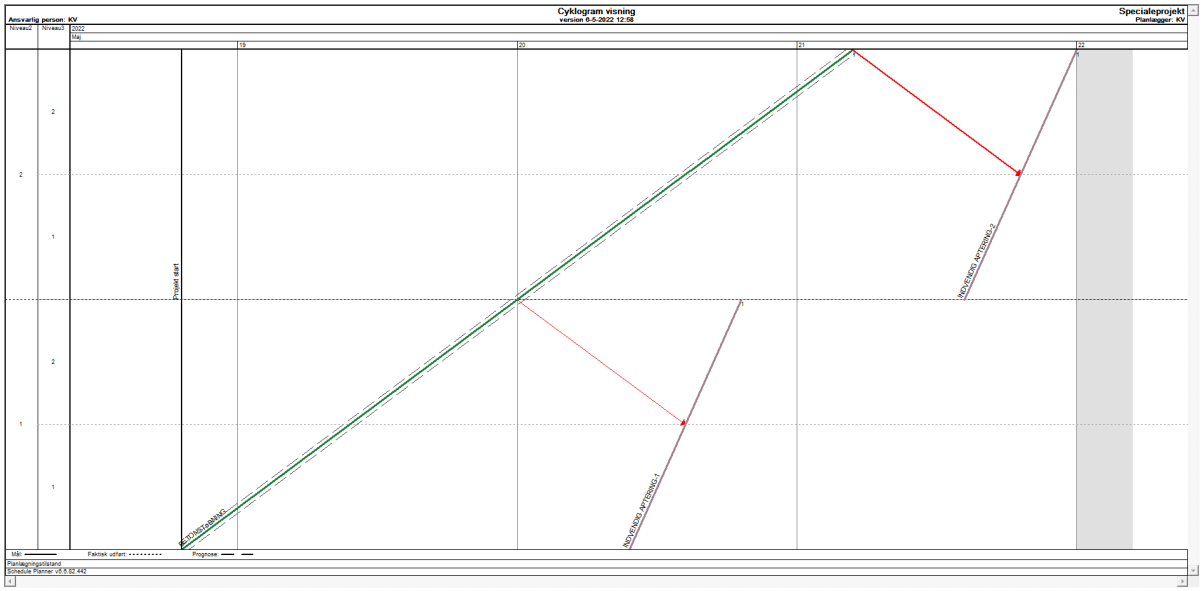
Figur 6.8 beskriver logik 2: *Eksterne logiske forhold mellem aktiviteter på højere lokationsniveauer drevet af forskellige detaljeringsniveauer*. I figuren illustreres, at aktivitet 1 ligger i et andet område end, der hvor aktivitet 2 skal starte. Der er en afhængighed, idet aktivitet 2 skal være færdig i område 1-2, inden aktivitet 2 kan starte i område 1-1. Et eksempel på denne logik kunne være ved farligt arbejde, som påvirker andre områder. Det farlige arbejde skulle være færdigt før

andet arbejde kunne påbegyndes. (Kenley og Seppänen, 2010)



Figur 6.9: Lag 3. Figuren er et skærmklip fra Vico Schedule Planner. Figuren er udarbejdet på baggrund af Kenley og Seppänen (2010).

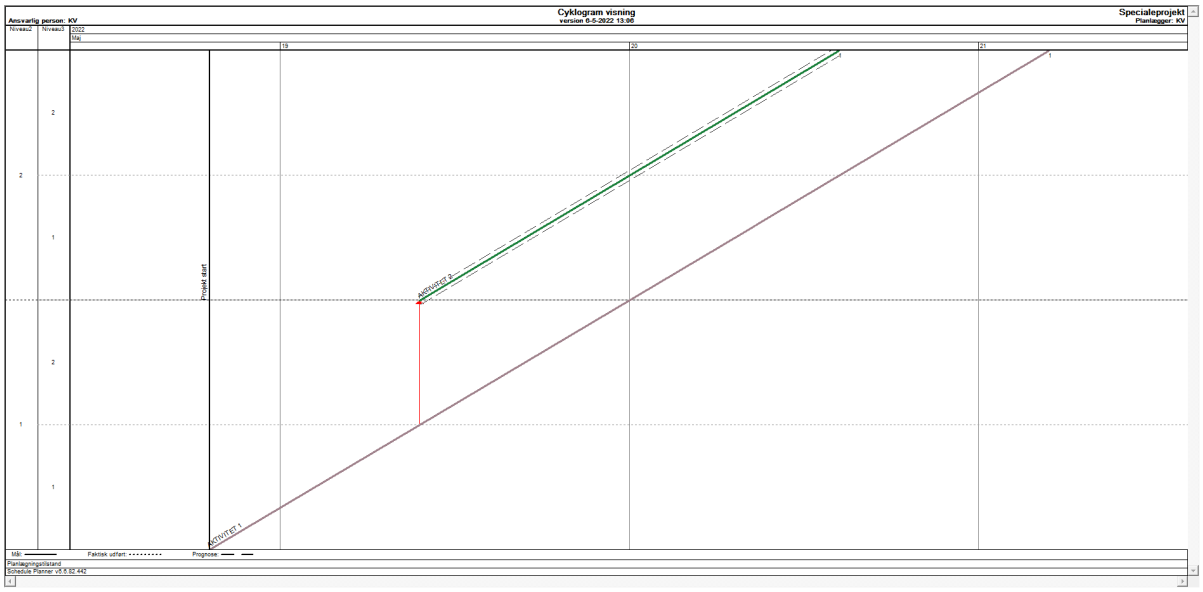
Figur 6.9 viser fire aktiviteter, som alle er en Finish-start-forbindelse, hvor aktivitet 2 har en kortere varighed end aktivitet 1. For at aktivitet 2 kan være kontinuert, er det nødvendigt, at aktivitet 2 starter senere end færdiggørelsen af aktivitet 1 i område 1-1.
Det skal bemærkes, at aktivitet 4 er kortere end aktivitet 3. Ved at lave aktivitet 4 diskontinuert, er der ophold i arbejdet for denne aktivitet. (Kenley og Seppänen, 2010)



Figur 6.10: Lag 4 er *hybrid logik mellem forskellige arbejder på samme lokation.* Figuren er et skærmklip fra Vico Schedule Planner og er udarbejdet på baggrund af Kenley og Seppänen (2010).

Figur 6.10 beskriver logik 4: *Hybrid logik mellem forskellige arbejder på samme lokation.* Dette

kan forklares med et eksempel som betonstøbning af dæk. Efter udstøbning af dæk, skal der senere foretages indvendig aptering, som først kan foretages efter betonen er størknet. Derfor skal der være et slæk på den lokation inden andre opgaver kan påbegyndes. (Kenley og Seppänen, 2010)



Figur 6.11: Lag 5 der er *Standard CPM-forbindelser mellem arbejdspakker og lokationer* Figuren er et skærmklip fra Vico Schedule Planner og er udarbejdet på baggrund af Kenley og Seppänen (2010).

Figur 6.11 beskriver logik 5: *Standard CPM-forbindelser mellem arbejdspakker og lokationer*. Dette beskrives ved at en aktivitets afhængighed, går til en højere lokationsniveau. Eksempelvis kunne dette være at VVS-montagen skal være færdig for alle områder inden en indregulering.

Styrende og ikke-styrende aktiviteter

Ved anvendelsen af LBT er den styrende proces for projektet den aktivitet med længst varighed på en lokation (Kenley og Seppänen, 2010). For at opnå et jævnt arbejdsflow skal tidsplanen tilpasses således, at alle aktiviteter har samme varighed på lokationerne. Når aktiviteterne ikke har samme varighed vil tidsplanen være ubalanceret. Dermed skal det vurderes, om tidsplanen skal balanceres ved at justere på ressourcerne eller om en ubalanceret tidsplan kan accepteres. (Kenley og Seppänen, 2010)

Eksempelvis havde Empire State building en takt på en etage om dagen. Dette krævede, at aktiviteterne blev opdelt så meget som muligt. Derfor arbejdede faggrupperne ikke på samme områder i det samme tidsrum, selvom alle faggrupper var igennem hele etagen på én dag. (Kenley og Seppänen, 2010)

Der kommer dog til at være aktiviteter, som ikke er direkte primære aktiviteter, men som skal ske for at projektet skal fortsætte, eksempelvis etablering af byggevand, byggestrøm, afløb og rengøring. Hvis det er en forudsætning for at primære aktiviteter kan ske, bør denne aktivitet være lige så kritisk som aktiviteter i en kritisk lokation. Hvis det ikke er en kritisk aktivitet og der ikke er andre aktiviteter, som er afhængig af denne aktivitet, kan denne tilføjes til en baglog. Baglog-aktiviteter er overskudsarbejde, som kan udføres i produktionspauser fra kritisk-lokations-arbejde. (Kenley og Seppänen, 2010)

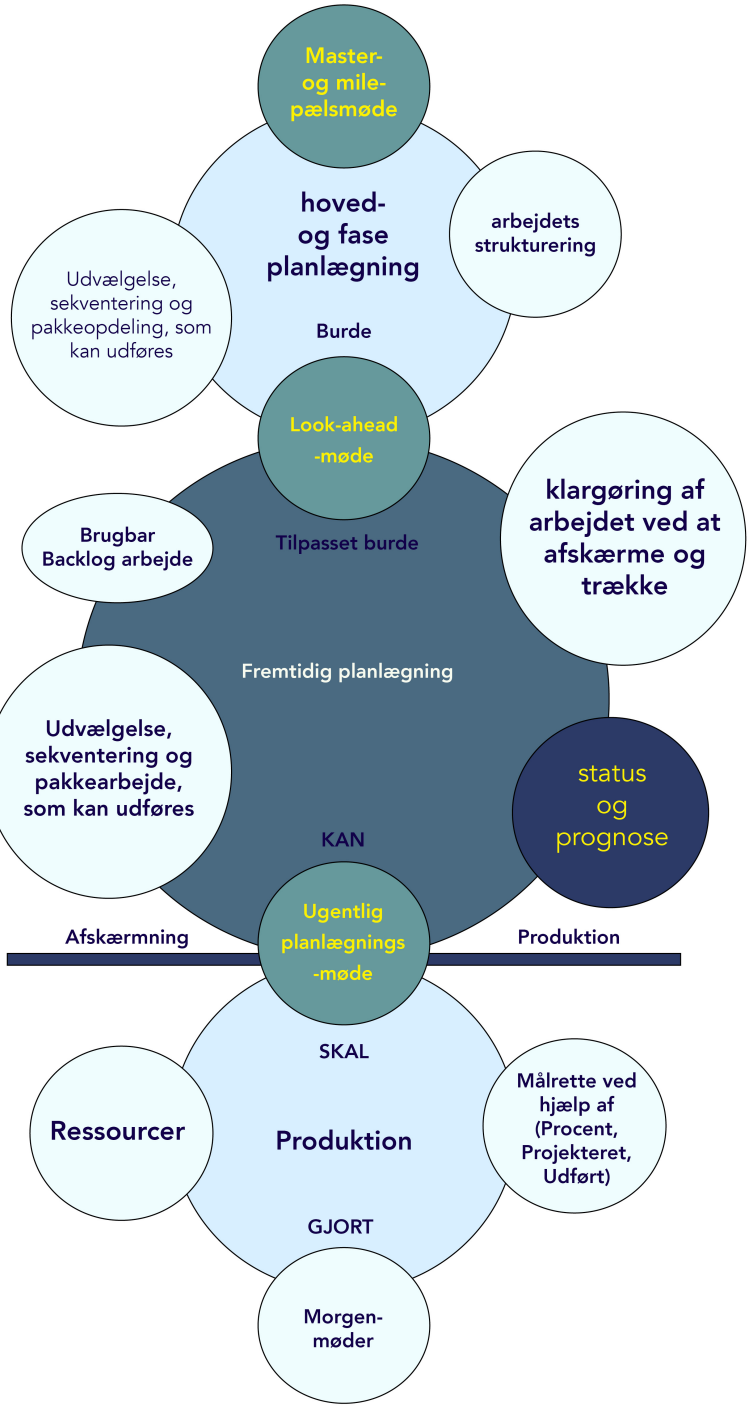
Ved backlog-aktiviteter skal byggelederen være opmærksom på leverancer. Kenley og Seppänen (2010)

6.6 Last Planner System

Last Planner Systemet (LPS) er et planlægnings og kontrolværktøj, der kan anses som to sider af samme sag. Planlægningsdelen handler om at lave en proces, som sikrer, at der sker produktion. Kontroldelen handler om at sikre, at de planlagte aktiviteter faktisk er blevet udført (Kenley og Seppänen, 2010).
LPS blev udviklet af Lean Construction Instituttet (Kenley og Seppänen, 2010), hvor specielt Glen Ballard har deltaget i at udvikle LPS. Ballard og Tommelein (2021) beskriver i deres benchmark i journalen om Lean Planning, at funktionerne i LPS er:

1. Projekt objektiver og funktioner
    - Definering af projektets objektiver og begrænsningerne for at kunne levere til korrekte kvalitet.
    - Vurdere risici i forbindelse med at opnå projektets formål.
    - Bestemme om projektet skal ændres, stoppes eller have tilført midler.
2. Funktioner for at styre mod en fastlagt tidsramme og budgetramme.
    - Tidsplanen
    - Kalkulation og budgettering
    - Gøre den nuværende og fremtidige stadie af økonomi for projektet synligt.
    - Planlægge mod færdiggørelse af projektet.
3. Projekt produktionsplanlægning og kontrolfunktioner.
    - Identificer og specificer kritiske aktiviteter, som skal færdiggøres af personel.
    - Klargøre planen således, at aktiviteter kan udføres.
    - Vælge hvilke aktiviteter som skal ske i løbet af kommende dage/uger.

På figur 6.12 angives LPS som et system, der har formål at give brugeren egenskaber til at planlægge og kontrollere tidsplanen, arbejdsplanen og leveranceplanen.



Figur 6.12: Af figuren fremgår Last Planner Systemet (LPS). Figuren er udarbejdet på baggrund af Kenley og Seppänen (2010).

I figur 6.12 er fire forskellige typer af møder angivet. Ifølge Ballard og Tommelein (2021)bør disse møder finde sted, når der anvendes LPS:

1. **Master- og milepælsmøde** - anvendes til at bestemme, hvilke aktiviteter der bør finde sted.
2. **Look ahead-møde** - har til formål at planlægge at en aktivitet kan finde sted.

3. **Ugentlige planlægningsmøder** - hvor der bestemmes ugentligt aktiviteter på projektet, som skal være udført, når ugen er omme.
4. **Morgenmøder** - finder sted ude på byggepladsen, som har til formål at definere håndværkernes arbejdsområde for den pågældende dag.

Til **master og milepælsmøder** deltager formænd for håndværkerne og byggepladsledelsen. Byggepladsledelsen deltager på alle møder i forbindelse med LPS. På master og milepælsmøder diskuteres rækkefølgen af arbejdet i projektet blandt formændene, hvormed det sikres, at projektet opsættes realistisk. Når håndværkerne selv indgår i planlægningsfasen, opstår der også fællesforståelse for, hvordan projektet skal gennemføres. Mastermøder skal afholdes i starten af projektet, hvorefter det skal afholdes en til to gange, hvis der skal foretages tilretninger eller evaluering af den opstillede tidsplan. Imens afholdes milepælsmøder, når projektet rammer en milepæl. (Ballard og Tommelein, 2021)
Look ahead-mødet afholdes hver fjerde uge. De deltagende til dette møde er de formændene, som skal arbejde på projektet i løbet af de næste fire uger.
Ugentlige planlægningsmøder afholdes hver uge, hvor ugens arbejde faslægges. Aftalerne der aftales i forbindelse med disse møder forpligter håndværkerne sig til.
Til **morgenmøder** gennemgås dagens aktiviteter og lokationen for diverse arbejdsgrupper. På morgenmøderne gennemgås planen for dagen og udførelsen af forudgående planlagte aktiviteter tjekkes ved hjælp af Procent-Projekteret-Udført (PPU). (Ballard og Tommelein, 2021)

6.7 Kodning af bygningsmodellen

I dette afsnit beskrives teorien om kodning i bygningsmodelleringsprogrammer.
De to mest almindelige typer af indhold i en bygningsmodel er objekter og sammensatte elementer (assemblies). Objekter er enestående komponenter som eksempelvis vinduer og døre, hvor sammensatte elementer er flere objekter i samme element som eksempelvis vægge, lofter, gulve og lignende. (Weygant, 2011)
For at kunne anvende en effektiv kode kræves det, at koden er tilgængelig for alle og har en logisk opsætning, hvor det anbefales, at der arbejdes i niveauer. Niveauerne skal tilføre yderligere detaljeringsniveauer til koden, som dermed kan blive yderligere specifik og forståelig. Eksempelvis kan en kode på de logiske niveauer se således ud (Kenley og Seppänen, 2010):

- Logiske niveau 1: Åbning
- Logiske niveau 2: Åbning - Vindue
- Logiske niveau 3: Åbning - Vindue - Træ
- Logiske niveau 4: Åbning - Vindue - Træ - Ramme

For at koden er entydig, kan det være en fordel at opstille retningslinjer for kodningen.

I de følgende afsnit gennemgås følgende koder:

- BIM7AA - se mere herom i afsnit 6.7.1
- Cuneco Classification System (CCS) - se mere herom i afsnit 6.7.2
- Masterformat®- se mere herom i afsnit 6.7.3

Ovenstående kodningssystemer kan anvendes til at beskrive elementer. Det fortrukne kodningssystem kan være forskellig fra land til land afhængigt af hvilke standarder, der arbejdes med.

6.7.1 BIM7AA

I Danmark anvendes der generelt BIM7AA koder, som er skabt i samarbejde imellem syv arkitektvirksomheder og ingeniørvirksomheder. BIM7AA findes også på svensk. (Arkitektskolen Aarhus et al., 2017) Koden er opdelt i ti hovedkategorier efter bygningsdelene: Generiske objekter, Bygningsbasis, Primære bygningsdele, Kompletterende bygningsdele, Overfladebygningsdele, VVS- og Ventilationsanlæg, El- og mekaniske anlæg, Inventar og teknisk udstyr, Beplantning og belægning samt Projektudstyr. (Arkitektskolen Aarhus et al., 2017) Herunder findes der underkategorier, hvor det er muligt at beskrive både objekter og sammensatte elementer. Sammensatte elementer, som er ens er mulig at identificere på baggrund af BIM7AA-koden. Eksempelvis kan en BIM7AA kode på de tre logiske niveauer være som følger (Arkitektskolen Aarhus et al., 2017):

- Logisk niveau 1: 2 (Primære bygningsdele)
- Logiske niveau 2: 224 (Skeletkonstruerede vægge)(BIM7AATypeCode)
- Logiske niveau 3: 224-001 (Skeletkonstruerede vægge nr. 1)(BIM7AATypeID + TypeNumber)

Et eventuelt fjerde logiske niveau kunne være selve opbygningen eller produktkoder. (Arkitektskolen Aarhus et al., 2017)

Normaltvist beskrives til og med det logiske niveau 2 for TypeCode (Arkitektskolen Aarhus et al., 2017). Typekoden lægger sig, ifølge Arkitektskolen Aarhus et al. (2017), tæt op ad det gennemtestede system Samarbetskomitén för Byggnadsfrågor (SfB), hvor BIM7AA-koden er tilpasset nutidens krav for at håndtere BIM-projekter i forskellige størrelser (Arkitektskolen Aarhus et al., 2017). Typekodningen er ikke oprettet med henblik på at være et klassifikationssystem, men egner sig godt til klassificering af bygningselementer alligevel (Arkitektskolen Aarhus et al., 2017). BIM7AA-koden bidrager med koder til $80-90\%$ af et projekt, hvor de resterende $10-20\%$ skal opstilles afhængig af det enkelte projekt.

6.7.2 Cuneco Classification System

En anden dansk kode, som i større grad anvendes af driftsorganisationer, er Cuneco Classification System, CCS (Molio, 2022). Molio (2022) beskriver selv, at CCS Klassifikation og CCS Identifikation er et åbent system, som gør det muligt at klassificere og identificere ensartede bygningsdele på forskellige måder.
Klassifikation gør det muligt at gruppere objekter eller sammensatte elementer med ens egenskaber. Altså har objekter i samme klasse en mængde med fælles egenskaber på tværs af projektet. (Molio, 2022)
Identifikationen gør det muligt at gruppere baseret på type, produkt, placering og funktion.
Bygningsdele er opdelt i tre hovedklasser, som er beskrevet ved antallet af bogstaver i koden. De tre hovedklasser har tre forskellige detaljeringsniveauer, hvor et højere antal niveauer angiver et højere detaljeringsniveau. (Molio, 2022)

- Et bogstav - funktionelt system
- To bogstaver - teknisk system
- Tre bogstaver - komponenter

Det funktionelle system repræsenterer eksempelvis tagsystemet (D), indretningssystemet

(P), dæksystemet (C), vægsystemet (B) og terrænsystemet (A) for arkitekter og konstruktionsingeniøren. Et **teknisk system** kan eksempelvis være en vægopbygning (AD i CCS), hvor en mursten kan være en komponent (ULG), som indgår i vægopbygningen. (Molio, 2022)

Et eksempel på en opbygning med CCS-koden kunne være:

- Logisk niveau 1: B - funktionelt system
- Logiske niveau 2: B.AD - opbygning
- Logiske niveau 3: B.AD.RQA - komponentnummer
- Logiske niveau 4: B.AD.RQA001 - løbenummer

Denne opbygning kan anvendes på forskellige måder. Det er muligt at anvende logiske niveau 2 og sætte et løbenummer direkte efterfølgende afhængigt af det nødvendige detaljeringsniveau i bygningsmodellen. I en Revit-model, hvor der anvendes sammensatte elementer, vil det normalt være tilstrækkeligt at benytte logisk niveau 2 efterfulgt af et løbenummer. Men dette ville også resultere i et højt antal løbenumre. (Molio, 2022)

6.7.3 Masterformat®

Masterformat®er en videreudvikling på Omniclass, som er et klassifikationssystem, der er vidt udbredt i USA (Weygant, 2011). Omniclass er mere detaljeret end Masterformat®ved at have flere tabeller, som indeholder projektinformationer til mange andre processer i et byggeprojekt såsom drift, produkter, processer, områdedefinitioner, værktøj og flere andre informationer. Weygant (2011)

Masterformat®klassificerer på et højere logiske niveauer eksempelvis 07 54 00, som kan forklare noget om en tagopbygning. Alle komponenter i tagopbygningen er beskrevet i det logiske niveau lige under eller flere logiske niveauer under.
Masterclass®følger et specifikt hierarki, som arkitekten anvender til at opbygge informationer i bygningsmodellen. For det øverste hierarki findes Division 00 til Division 49, som hver repræsentere en gruppe eller klasse af et projekt. I Masterformat®findes der fire hierarkiniveauer. Weygant (2011) beskriver, hvad de forskellige Divisioner (niveau 1) opdeles efter:

> - "Division 1: General Requirements Subgroup
> - Division 02–19: Facility Construction Subgroup
> - Division 20–29: Facility Services Subgroup
> - Division 30–39: Site and Infrastructure Subgroup
> - Division 40–49: Process Equipment Subgroup"
>
> - Weygant (2011)

Niveau 2, 3 og 4 detaljerer yderligere objektets placering og materialetype. De lavere niveauer knytter sig til de øvre niveauer og giver dermed en forståelse for en komponents placering og dens egenskaber. Eksempelvis kan en kode fra Masterformat ®se således ud, som er inspireret af eksemplet i bogen af (Weygant, 2011):

- Logisk niveau 1: 07 00 00 Varme og vandbeskyttelse
- Logisk niveau 2: 07 31 00 Tagdækning
- Logisk niveau 3: 07 31 13 Tagpap
- Logisk niveau 4: 07 31 13.13 Glasfiberforstærket tagpap

Ved at anvende Masterformat®er det muligt at eksportere skemaet til Omniclass, som er bredere end Masterclass®. Omniclass er en række tabeller, som gør det muligt at generalisere data på tværs af hele projektet, som gør det nemmere at dele information på tværs af hele projektet og dets interessenter. (Weygant, 2011)

I dette kapitel forklares de forskellige typer af kanban som trækkende kanban og produktionsodrer kanbans, der skal til for at understøtte JIT. Derudover klarlægges teorien om lokationsbaseret tidsplanlægning (LBT), der gør det nemmere og overskueligt at angive start og sluttidspunktet for en aktivitet afhængig af lokationen i byggeriet. I forbindelse med LBT beskrives også Last Planner Systemet (LPS), som er et system, der gør det muligt at have en tæt dialog med byggeriets interessenter, således kommende aktiviteter og afsluttede aktiviteter kan planlægges og vurderes i samarbejde. Til slut er forskellige kodningssprog, som er muligt at bruge til bygningsmodellering for at berige modellen med information blevet forklaret. Forklaringen baseres på tre koder BIM7AA af Arkitektskolen Aarhus et al. (2017), CCS af Molio (2022) og Masterformat®af Weygant (2011), der alle har det til fælles, at der benyttes logiske niveauer, der kan detaljere informationen om et objekt.

7 | Indledende analyse

I dette kapitel undersøges lovmæssige forhold, der kan have indflydelse på mængdeudtræk på byggeprojekter. Dette kapitel skal belyse forudsætningerne for problemstilling 3, der har indvirkning på udbredelse af opstillede løsningsforslag til den generelle bygge- og anlægsbranche. Derudover beskrives entrepriseformen for strategiske partnerskaber.

For at forstå hvilke begrænsninger der er i forhold til mængdeudtræk på et byggeprojekt, undersøges lovmæssige forhold og regulativer, der kan påvirke dette. I det følgende undersøges forhold omkring mængdeudtræk i Udbudsloven, Almindelige Betingelser for arbejder og leverancer i bygge- og anlægsbranchen (AB18), Almindelige Betingelser for Rådgivning og bistand i bygge- og anlægsbranchen (ABR18), Almindelige Betingelser for totalentreprise i bygge- og anlægsvirksomhed (ABT18), IKT-bekendtgørelsen og ydelsesbeskrivelsen for IKT. Hvorledes disse lovmæssige forhold påvirker udbud med mængder, fastlægges gennem anvendelsen af rapporten udarbejdet af Bygherreforeningen og Molio (2020). Derudover undersøges vejledninger om strategiske partnerskaber udarbejdet af Værdibyg og REBUS (2021a,b).

7.1 Udbudsloven

Udbudsloven er tiltænkt offentlige byggeprojekter, hvor rammerne for udbud og indkød er opstillet, således der ikke forskelsbehandles og offentlige midler udnyttes bedst muligt. Dermed opstilles i loven, hvorledes bygherre skal forholde sig ved et udbud eller indkøb. (Legal Desk, 2007)
Ved en gennemgang af paragraffer i Udbudsloven fremgår der ingen lovmæssige forhold, der forhindrer en bygherre i at udbyde byggeprojekter med mængder. Dog forlanges det af §103, at bygherren skal angive anslåede mængde ved Dynamiske indkøb. Her skal Dynamiske indkøb forstås som indkøb af ydelser, der dækker bygherrens behov, der er tilgængelige på markedet. (Transport og Boligministeriet, 2012)

7.2 AB18, ABR18 og ABT18

I dette afsnit undersøges forhold i regulativerne AB18, ABR18 og ABT18, der vedrør mængdeudtræk og bygningsmodeller.
Regulativerne har indvirkning på forskellige aktører i bygge- og anlægsbranchen. AB18 øver indflydelse på arbejde og leverancer i bygge- og anlægsvirksomhed, hvormed den påvirker aftaler imellem bygherre og entreprenør, hvor entreprenør udfører et arbejde for bygherren. Regulativet kan også have indflydelse på aftaler imellem entreprenører og UE, hvor UE udfører et arbejde for entreprenøren. ABR18 påvirker aftaler, der laves imellem bygherre og rådgiver eller entreprenør og dennes rådgivere, imens påvirker ABT18 aftaler mellem bygherre og totalentreprenør. (Selskabsadvokaterne, 2014) Ligesom i Udbudsloven fremgår der heller ikke i aftaledokumentet AB18, hvorvidt der skal foretages udbud med mængder. I stedet beskrives det, hvordan aktørerne i byggeprojektet, skal forholde sig til mængder, hvis der foretages udbud med mængder. Af AB18 §4 stk. 4 litra G fremgår det, at der skal angives en tidsperiode for verificering af mængder. Derudover fremgår det også af aftaledokumentets §4 stk. 5, at bygherren skal angive anslåede mængder, hvis entreprenør skal afgive tilbud på enhedspriser på anslåede

mængder.

I AB18 beskrives yderligere forhold om anvendelse af digitale bygningsmodeller, der vurderes som værende relevant for dette projekts muligheder og begrænsninger i den danske bygge- og anlægsbranche.
Af §16 stk. 1-3 samt stk. 5 fremgår det, at der i udbudsmaterialet skal beskrives, hvilket formål og i hvilket omfang en tilgængelig digital bygningsmodel skal anvendes. Yderligere skal det i udbudsmaterialet beskrives i hvilken fase modellen skal benyttes samt hvorvidt der skal afleveres en *As-built model*. Af samme paragraffer fremgår det, at der i udbudsmaterialet skal foretages en rangering af projektmaterialet i tilfælde af, at der skulle forekomme uoverensstemmelse mellem dokumenter i projektmaterialet.
Af §16 stk. 3 fremgår det yderligere, at der ved samarbejde om en fælles digital model, skal defineres, hvilke input der skal leveres, tidspunktet for leveringen samt dataens form og format. Dette skal defineres af den aktør, der stiller den digitale model til rådighed. Yderligere placeres ansvaret for digitale modeller i §16 stk. 5. Her fremgår det, at det er den, der stiller den digitale model til rådighed, der bærer ansvaret for eventuelle fejl i modellen. Derudover indebærer ansvaret også aktørens egne input samt grænsefladerne til andre modeller i projektet. Samme paragraffer fremgår også af ABR18 §15 stk. 1-3. Dermed fremgår der i AB18 og ABR18, hvorledes aktører skal forholde sig til digital projektering, og ikke hvad der gælder ved udbud med mængder.
I ABT18 fremgår der kun en paragraf vedrørende digitale bygningsmodeller. I §16 beskrives der, at i de tilfælde, hvor der anvendes en digital bygningsmodel, skal formålet med den digitale bygningsmodel beskrives i totalentrepriseaftalen. Herunder skal det forklares, hvornår modellen skal anvendes og til hvilket formål. Derudover skal det beskrives, om der skal afleveres en *As-built model* ved byggeriets aflevering til drift og vedligehold. (Transport og Boligministeriet, 2018a)

7.3 IKT-bekendtgørelsen

IKT-bekendtgørelsen vedrører anvendelsen af digitale modeller samt krav til disse modeller. Bekendtgørelsen gælder for byggeri med offentlige eller almene boligselskaber som bygherrer, hvor byggeprojekternes entreprisesum er lig eller over fem mio. kr. (Transport og Boligministeriet, 06. februar 2013)

I bekendtgørelsen opstilles en række krav, som bygherren skal forholde sig til og sørge for. Bygherren skal ifølge §4 stk. 1-2 for et byggeprojekt opstille krav til, hvorledes digitale byggeobjekter struktureres, klassificeres, navngives, kodes og identificeres.
Det er et krav i §7, at der anvendes objektbaserede bygningsmodeller. Informationerne i de objektbaserede bygningsmodeller skal dog tilpasses efterfølgende arbejde som drift og vedligeholdelse, hvorfor bygherren i §4 stk. 2 skal sørge for, at der opstilles retningslinjer for, hvorledes digitale byggeobjekter håndteres igennem hele byggeprojektet. Derudover fremgår det af §5 stk. 2 litra 1-2 samt litra 5, at der for blandt andet digitale modeller skal planlægges hvilke informationer, overførelser og metadata de enkelte filtyper skal indeholde samt til hvilket tidspunkt. Hvem der skal udarbejde de objektbaserede bygningsmodeller samt fælles modeller, skal bygherren ifølge §7 stk. 2 litra 1 sørge for, at der bliver aftalt. Af samme paragraf stk. 2 litra 2-3 fremgår det yderligere, at bygherren skal sikre at specificere hver fagmodels indhold og formål. Indholdet i hver fagmodel og fællesmodel skal defineres, således nødvendige simuleringer, kollionstjek, mængdeudtræk, tegninger og beskrivelser er mulige. Derudover skal modellerne udarbejdes i åbne standarder, IFC-formater.
I IKT-bekendtgørelsens §9 stilles der også krav til mængder i forbindelse med digitalt udbud og

tilbud. Ved et digitalt udbud med mængder skal bygherren ifølge §9 stk. 1-3 sikre, at mængder fremgår af tilbudslisten i udbudsmaterialet samt at objektbaserede bygningsmodeller stilles til rådighed i IFC-format, således mængderne kan aflæses af tilbudsgivere. Derudover skal det ifølge §9 stk. 4 fremgå, hvorledes de angivet mængder i §9 stk. 1 er opmålt.

7.4 Ydelsesbeskrivelser

Ydelsesbeskrivelser klarlægger rollefordelingen imellem alle aktører og faser i et byggeprojekt. Ydelsesbeskrivelserne er baseret på AB18, ABR18 og ABT18. Foreningen af Rådgivende Ingeniører og Danske Arkitektvirksomheder (2018)
Ifølge projektgruppen er, det bemærkelsesværdige i ydelsesbeskrivelsen i forhold til mængdeudtræk, definitionen af projekteringslederens ydelser og ansvarsområder, der omhandler IKT-ledelse. Projekteringsledelsen skal sørge for at agere mellemled imellem rådgiverne og bygherren, så vigtige emner formidles til bygherren. Derudover har projekteringslederen ansvaret for koordineringen imellem de projekterende parter, således grænsefladerne fordeles mellem disse. Herunder skal projekteringslederen sikre, at alle aktører gransker grænsefladerne op til aktørernes egne grænseflader og ansvaret for interne grænseflader er aktørernes eget ansvar igennem hele byggeprojektet. Derudover har projekteringslederen ansvaret for koordineringen af IKT imellem alle aktører igennem hele byggeprojektet, dog er det IKT-ledelsens ansvar at tilrettelægge alle aktørers digitale samarbejde, der defineres i IKT-specifikationerne og beskrives i IKT-procesmanualen. (Foreningen af Rådgivende Ingeniører og Danske Arkitektvirksomheder, 2018)
Ifølge Molio (2022) er IKT-procesmanualen en manual, der udarbejdes for et specifikt byggeprojekt, hvori det beskrives, hvorledes rådgivere kan opfylde kravene til digitale leverancer beskrevet i IKT-specifikationen. IKT-specifikation beskrives som værende et dokument, hvori det for hvert byggeprojekt beskrives, hvilke digtale ydelser, der indgår i byggeprojektet. (Molio, 2022)

Et andet bemærkelsesværdigt punkt i ydelsesbeskrivelsen er forklaringen af regler til produkter ved offentlige udbud, hvor der i henhold til udbudsregler ikke må henvises til specifikke produkter eller fabrikater. I stedet skal tekniske specifikationer og lignende beskrives. Derudover fremgår det, at udbudsprojektet, der udsendes i forbindelse med et udbud, skal bestå af sådan en detaljeringsgrad, der er entydigt for tilbudsgivning, kontrahering og udførelsesprojektet. Heri fremgår også, at der i forhold til et byggeprojekts digitale aspekt, skal være fastlagt en geometri for byggeriet senest i projektforslaget. Foreningen af Rådgivende Ingeniører og Danske Arkitektvirksomheder (2018)
Baseret på udbudsprojektet udvælges en entreprenør, der skal varetage byggeprojektet. Efter udvælgelse skal der i henhold til ABR18 §27 og AB18 §19 afholdes en projektgennemgang med denne entreprenør, bygherre og eventuel projekteringslederen, hvor endelige ændringer, optimeringer og lignende indarbejdes i det færdige projektmateriale, der til slut udgør udførelsesprojektet. Disse ydelser i form af ændringer og optimeringer regnes som ekstraarbejde. (Foreningen af Rådgivende Ingeniører og Danske Arkitektvirksomheder, 2018)
Udførelsesprojektet er det projekt, som indeholder det færdigprojekterede materiale, der er godkendt og kvalitetssikret af bygherren. Det er dermed dette materiale, som entreprenøren skal bygge byggeriet udfra samt foretage indkøb ud fra. (Foreningen af Rådgivende Ingeniører og Danske Arkitektvirksomheder, 2018)

7.4.1 Ydelsesbeskrivelser angående IKT

Af Foreningen af Rådgivende Ingeniører og Danske Arkitektvirksomheder (2018) fremgår det, at projektdokumenter og bilag i fremtiden skal digitaliseres i åbne og redigerbare formater. Formaterne skal dog aftales og beskrives i IKT-specifikationen for projektet, ligesom IKT-specifikationen også skal indeholde aftaler om brugen af projektweb, uploads og udveksling af modeller, samt omfanget af 2D-tegninger i hver fase. Denne aftale skal indgås imellem bygherren, rådgivere og entreprenører. Dog er det bygherren, der er forpligtet til at sikre, at alle aktører er med i IKT-specifikationen og fastlæggelsen af IKT-specifikationen sker i samarbejde med alle aktørerne, således krav og ønsker forventningsafstemmes inden projektering.

7.5 Analyse af lovgivning og regulativer om udbud med mængder

På baggrund af en konference om udbud med mængdeudtræk ved BIM Aarhus Netværksmøde om Udbud med Mængder d. 3.marts 2022 har projektgruppen undersøgt rapporten udarbejdet af Bygherreforeningen og Molio (2020), der omhandler problematikker ved udbud med mængder i den danske bygge- og anlægsbranche. Denne rapport klarlægger, hvilke udfordringer, som projektgruppen skal tage hensyn til ved generalisering af løsningsforslaget til den generelle danske bygge- og anlægsbranche, der fremgår af kapitel 11.
Bygherreforeningen og Molio (2020) definerer udbud med mængder som mængder og ydelser, der oplyses af bygherren i forbindelse med et udbudsmateriale, således en entreprenør kan prissætte udbuddet. I 2007 tilføjes en paragraf i IKT-bekendtgørelsen angående udbud med mængder mere specifikt i §6 litra A, hvor beskrivende mængdefortegnelser og byggeklassifikationer omtales. Heri stilles der krav om udarbejdelse af bygningsdels- og arbejdsbeskrivelser gennem Bips B100 og at strukturere mængder efter Dansk Bygge Klassifikation (DBK). I 2013 blev disse krav til udbud med mængder revideret og lempet, således krav til digitale bygningsmodeller og mængder er som beskrevet i afsnit 7.3. Til trods for IKT-bekendtgørelsen opleves der ifølge Bygherreforeningen og Molio (2020) problematikker med mængder i bygge- og anlægsbranchen. (Bygherreforeningen og Molio, 2020)
I rapporten undersøger Bygherreforeningen og Molio (2020) hvilke problematikker bygherrer, rådgivende, entreprenører og tekniske entreprenører oplever i forbindelse med mængdeudtræk. Dette er gengivet i tabel 7.1 og 7.2.
Igennem Danske Arkitektvirksomheder fastlægges, hvilke udfordringer arkitekter oplever i forbindelse med udbud med mængdeudtræk, der baseres på ABR18 §49 stk. 2, der omhandler omkostninger i forbindelse med merydelser på grund af manglende rådgiverydelser. Udover at arkitekter oplever problematikker i forhold til ABR18, opleves der også udfordringer med mængdeudtræk i forhold til udbudsform og leverancers omfang. Bygherreforeningen og Molio (2020)

Tabel 7.1: Af tabellen fremgår, hvilke udfordringer aktører oplever ved udbud med mængder, påpeget i en undersøgelse foretaget af Bygherreforeningen og Molio (2020)

Tema	**Bygherre-foreningen**	**Danske Arkitek-tvirksom-heder**	**DI Dansk Byggeri**	**DI Byg**	**Foreningen af Rådgi-vende Ingeniører**	**TEKNIQ Arbejdsgi-verne**
Manglende standarder	Manglende ensartethed og disciplin i modellers opbygning for ret-visende mængdeud-træk.	Manglende standarder for bereg-ning og håndtering af mæng-deudtræk.		Manglende standardi-sering af relevant data.	Manglende konsensus på tværs af fagene om en standard metode for mængdeud-træk.	Uklar for-mål med mængdeud-træk.
		Manglende standarder for detalje-ringsgrad afhængig af byggeriets faser.	Mangel på standard tilbudslister og metoder.		Mængde-udtræk opgørelse forskelligt fra virk-somhed til virksomhed tiltrods for angivelse af opmålings-metode.	
		Manglende regler og ret-ningslinjer for, hvad der skal forstås ved mængdeve-rificering			Standard for mæng-deudtræk for installa-tionsfag.	
		Manglende definering af mængde-verificering i dansk retspraksis.			Byggeri er special-fremstillet, hvilket gør det svært at opstille standard for mængdeud-træk.	
		Manglende standarder og regler for slutopmå-linger.	Modelleringen af mængder der kan aflæses på samme måde af alle softwares.			

Tabel 7.2: Af tabellen fremgår, hvilke udfordringer aktører oplever ved udbud med mængder, påpeget i en undersøgelse foretaget af Bygherreforeningen og Molio (2020)

Tema	**Bygherre-foreningen**	**Danske Arkitek-tvirksom-heder**	**DI Dansk Byggeri**	**DI Byg**	**Foreningen af Rådgi-vende Ingeniører**	**TEKNIQ Arbejdsgi-verne**
Detaljerings-grad	Udfordringer med detaljerings-niveauet i forhold til beskri-velsen af udbud med mængder	Detaljerings-graden der er afhængig af byggeri-ets faser.	Detaljerings-graden for mængdeud-trækket		Detaljerings-graden for mæng-deudtræk afhængig af formå-let med udtrækket og hvilket fag, der skal anvende udtrækket.	Manglende detaljerings-grad for rette mæng-deudtræk.
Ansvars-fordeling	Usikkerhed vedrørende ansvaret for mængdeud-trækket, der oplyses i forbindelse med et udbudsma-teriale.		Uklare grænser imellem fagene, der kan gøre det nemmere at trække de rette mængder for hvert fag.	Manglende ansvarsfor-deling ved udbud.	Lovigvning om ansvars-fordeling ved udbud med mæng-der fremmer ikke sam-arbejde og rådgivere har oplevet negative konsekven-ser heraf.	
Produkt-neutralitet		Krav om produkt-neutralitet og ikke produkt-specifikke løsninger kompliceret udbud med mængder.				

Tabel 7.3: Af tabellen fremgår, hvilke udfordringer aktører oplever ved udbud med mængder, påpeget i en undersøgelse foretaget af Bygherreforeningen og Molio (2020)

Tema	**Bygherre-foreningen**	**Danske Arkitekt-virksomheder**	**DI Dansk Byggeri**	**Foreningen af Rådgivende Ingeniører**
Udbudsform			Digitale modeller udleveres ikke i forbindelse med udbud.	Tidsforbruget er højt for udbud med mængder.
			Usammenhængende og for meget information i udbudsmateriale, der medfører, at UE skal kigge alle fag igennem for at sikre at alt er medtaget i andre fag.	
Uklare formål		Utydelige formål med udbud med mængder, idet der ikke er fastlagt, hvad udbud med mængder skal benyttes til eksempelvis mængdeudtræk til tilbudsgivning, budgetstyring eller andet.		Udfordringer med produktneutralitet og ikke produktspecifikke løsninger.
		Udbud med mængder har et uklart formål.		
Kompetencer	Manglende kompetencer hos rådgiverne i forhold til budgettering og risikohåndtering.			
Projekter				Byggeri er specialfremstillet, hvilket gør det svært at opstille standard for mængdeudtræk.

De problematikker, som aktører i bygge- og anlægsbranchen oplever, har Bygherreforeningen og Molio (2020) undersøgt i samarbejde med jurister. I samarbejdet har forfatterne undersøgt, hvorfor disse problematikker opstår ud fra den danske lovgivning. I undersøgelsen undersøges

paragrafferne angivet i tabel 7.4, der på nuværende tidspunkt er gældende i forhold til udbud og projektering:

Tabel 7.4: Af tabellen fremgår regulativer for forskellige emner indenfor mængdeudtræk.

Forhold	Rådgivning og entreprenør projektering	Udbudsmaterialet	Mængdeverificering	Afgivelse af tilbud på enhedspriser	Regulering af entreprisesum	Rådgivers ansvar og konventionalbod
§	ABR18 §14 og AB18 §4	AB18 og ABT18 §4 stk. 2	AB18 §4 stk. 4	AB18 §4 stk. 5	AB18 §24	ABR18 §49

I undersøgelsen foretaget af juristerne, fremgår det, at der i den danske lovgivning ikke eksisterer en definition af udbud med mængder. I stedet fastslår jurtisterne, at der først er tale om mængder i et udbud, når der foretages en aftale om dette. Dog påpeges det, at mængder omfattes indenfor fire områder (Bygherreforeningen og Molio, 2020):

- Aftaler der baseres på udbudsmaterialer med mængder.
- Aftaler der baseres på mængdeverificering.
- Ændringer i mængdereguleringer.
- Tvister vedrørende mængder i forbindelse med forlig og lignende.

I overensstemmelse med problematikkerne i tabel 7.1, 7.2 og 7.3, konstaterer juristerne følgende udfordringer:

- Usammenhængende og uklart udbudsmateriale
- Uklarhed om mængdeudtrækkets omfang
- Uklarhed om grundlaget for mængdeudtrækket
- Uklarhed om grænseflader for hvert fag og ansvarsfordeling
- Uklarhed om hvad mængdeverificering omfatter
- Manglende beskrivelser om mængder ved entreprenørprojektering
- Manglende definition af udbud med mængder og formålet med mængderne i hvert udbud
- Uklarhed omkring ydelsernes indhold ved prissætning i tilbudsfasen.

Den manglende jura indenfor disse områder, der afklarer ovenstående punkter, giver ifølge Bygherreforeningen og Molio (2020) anledning til, at ansvarsplacering er svært, hvis der er mangler i teknisk fælleseje. Dog foreslår juristerne, at dette kan afhjælpes gennem følgende:

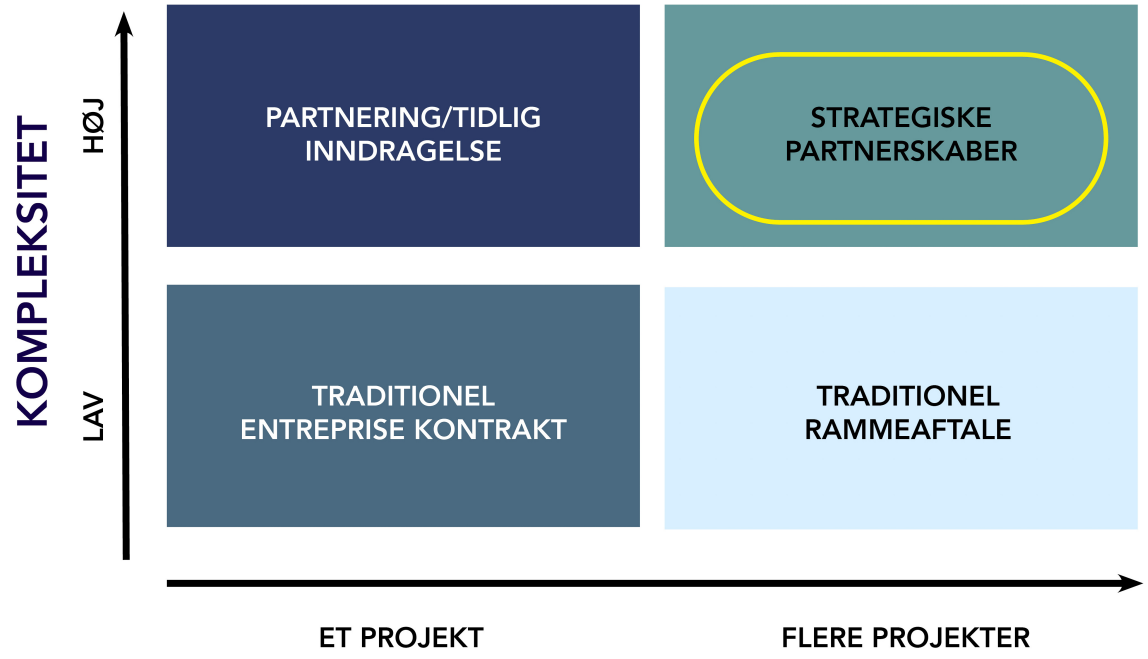
- Standard for definering af udbud med mængder indenfor byggeri.
- Tidligt inddragelse af entreprenører, hvilket skal ske gennem anvendelse af andre kontraktformer.
- Standardiseringer af mængdeudtræk.
- Anvende samme løsninger som indenfor anlægskontrakter, hvor udbud med mængder er muligt, fordi der er gentagelse og standardiserede indbygningsdele.

7.6 Strategiske partnerskaber

Idet dette projektarbejde tager udgangspunkt i et casestudie i et strategisk partnerskab, vurderer projektgruppen, at det er vigtigt at forholde sig til, hvorledes dette vil påvirke det opstillede

løsningsforslag, når det skal generaliseres til den brede bygge- og anlægsbranche. Derfor foretages en dokumentanalyse af vejledninger om strategiske partnerskabers muligheder og begrænsninger udarbejdet af Værdibyg og REBUS (2021a,b).

Værdibyg og REBUS (2021a) definerer et strategisk partnerskab som værende en samarbejdsform, hvor flere byggeprojekter udbydes som en samlet pakke (en portefølje) af en bygherre til et konsortium, der består af de nødvendige kompetencer til at projektere og realisere byggeprojekterne, herunder som minimum arkitekter, ingeniører og entreprenører. I det strategiske partnerskab afholdes der ét udbud for alle projekter i porteføljen. Hvorvidt byggeprojekter skal udbydes i et strategisk partnerskab, afhænger af byggeprojekternes kompleksitet og antallet af byggeprojekter. Dette er illustreret i figur 7.1. I denne sammenhæng skal høj kompleksitet ikke kun forstås som kompleksiteten af byggeprojekterne, men også som kompleksitet i forhold til antallet af aktører og beslutningsled i et byggeprojekt. Derudover skal antallet af projekter i porteføljen være af et vist omfang og have en ensartethed.



Figur 7.1: Af figuren fremgår hvilke muligheder bygherren har for at udbyde byggeprojekter afhængig af antallet af byggeprojekter og projekternes kompleksitet. Den gule cirkel angiver porteføljer, der kan udbydes i et strategisk partnerskab ifølge Værdibyg og REBUS (2021a). Figuren er udarbejdet på baggrund af Værdibyg og REBUS (2021a).

Projekterne i porteføljen skal derudover kunne udføres indenfor en årrække. Som følge af udbudsloven §95 stk. 2, kan kontraktperioden for det strategiske partnerskab forløbe over fire år, hvori alle byggeprojekter i porteføljen skal være igangsat, men ikke nødvendigvis være færdiggjort. Da byggeprojekterne kan færdiggøres udenfor rammeaftalen på fire år, kan samarbejdet imellem de involverede parter forløbe over mere end fire år. Dog skal det bemærkes, at der i forbindelse med en EU-domstols kendelse er blevet bekendtgjort, at bygherre for porteføljen skal angive en maksimal volumen af byggeprojekter, der er omfattet af det strategiske partnerskab. (Værdibyg og REBUS, 2021a)
Dog danner gældende AB standarddokumenter grundlag for strategiske partnerskaber, hvor der

er gjort plads til lokale aftaler. Som følge af AB skal projekterne i porteføljen beskrives tidligt i processen. (Værdibyg og REBUS, 2021a,b)

7.6.1 Muligheder indenfor strategiske partnerskaber

Det mangeårige samarbejde i et strategisk partnerskab gavner både bygherren og konsortiet. Ifølge Værdibyg og REBUS (2021a) stiller et strategisk partnerskab krav til samarbejdet, der er anderledes fra andre former for samarbejde i bygge- og anlægsbranchen. Dette skyldes, at der i det strategiske samarbejde kræves, at der opstilles en separat organisation, der omfatter repræsentanter fra alle virksomheder i konsortiet. Baseret på det strategiske partnerskab, skal den enkelte virksomhed tilpasse dennes kultur, forretningsmodeller og processer i det strategiske partnerskab, således den tilgodeser fællesskabet og fællesskabets behov fremfor den enkelte virksomhed. Derfor kræver det, at de involverede i konsortiet er villig til at omstrukturere og foretage værdibaseret samarbejde. Dette medfører, at konsortiet skal opstille fælles værdier, mål og udviklingsprocesser, der gavner alles ansvarsområder og som forpligter virksomhederne til hinanden. (Værdibyg og REBUS, 2021a,b).
En anden fordel ved strategiske partnerskaber er det mangeårige samarbejde imellem aktørerne i konsortiet. Rammeaftalens varighed giver konsortiet bedre mulighed for at udvikle og opnå bedre processer, skabe bedre relationer, samarbejde og forståelse for hinanden, hvilket ifølge Værdibyg og REBUS (2021a) højner kvaliteten af byggeprojekterne. Samarbejdet gavner også bygherren, idet bygherren ifølge (Værdibyg og REBUS, 2021a) opnår større budgetsikkerhed, færre konflikter og et byggeri af bedre kvalitet. (Værdibyg og REBUS, 2021a)
Derudover formår bygherren at udnytte alle ressourcer og skabe fælles forståelse og læring imellem alle involverede virksomheder, bedre arbejdsflows og ressourceudnyttelse, der kan udnyttes på tværs af alle byggeprojekter i porteføljen ved at udbyde porteføljen i et strategisk parternskab.(Værdibyg og REBUS, 2021a)
Bedre ressourceudnyttelse er muligt i det strategiske partnerskab, idet der afsættes ressourcer og personel til at sikre sammenhæng og koordinere fælles ressourcer.(Værdibyg og REBUS, 2021b)

7.6.2 Tekniske muligheder i et strategisk partnerskab

Udover et krav om etablering af fælles forretningsmodeller til at danne grundlag for samarbejdet i det strategiske fællesskab, stilles der også krav til de økonomiske og tekniske aspekter i et strategisk partnerskab. I forhold til det tekniske aspekt i strategiske partnerskaber, er der brug for udviklingsprocesser, idet strategiske partnerskaber består af en portefølje af projekter, hvor der er ensartethed og dermed gentagelse af samme processer. (Værdibyg og REBUS, 2021a,b) Derfor samles og koordineres alt IT og andet infrastruktur som BIM-modeller, fildrev, økonomisystem og lignende i strategiske partnerskaber.(Værdibyg og REBUS, 2021b) Dette giver mulighed for i fællesskab at udveksle erfaring, optimere processerne og opnå specialisering (Værdibyg og REBUS, 2021a,b). Dette forudsætter, at konsortiet i fællesskab opstiller og definerer fælles forståelse, begreber og indhold til objekter i en model. Derudover skal processerne klarlægges, således alle aktører i konsortiet er indforstået med, hvilke og hvornår materialer skal prissættes, samt hvilken detaljeringsgrad der er behov for, for at prissætte elementerne. Ifølge Værdibyg og REBUS (2021b) kan dette gøres tidligt i et strategiske partnerskab, idet projekterne i porteføljen ikke skal udbydes for hvert byggeprojekt. Dermed kan produkters og komponenters fabrikater fastlægges tidligt. (Værdibyg og REBUS, 2021b)
I strategiske partnerskaber deles der IT-system, hvilket gør det muligt for alle at have adgang til

3D-modellen igennem hele projektet. (Værdibyg og REBUS, 2021a)

7.6.3 Lokationsbaseret tidsplanlægning på strategiske partnerskaber

Ifølge Kenley og Seppänen (2010) er en anden fordel ved strategiske partnerskaber, at LBT med fordel kan anvendes på grund af gentagelser og ensartethed i porteføljen.
Det beskrives af Kenley og Seppänen (2010), at årsagen til at LBT ikke har slået igennem er, at der findes for få gentagne projekter til, at der kan optimeres på procedurer. Dette er muligt ved strategiske partnerskaber, hvor lignende projekter bliver udbudt som en pakke til et konsortie. Dermed kan der opnås gentagelsesfordele og dermed bedre kunne implementere LBT, som kan opstartes tidligt i processen for dermed tidligt at udnytte de fordele, som findes deri. Fordelene ved anvendelsen af LBT beskrives nærmere i afsnit 6.5.

Der er intet, der forhindrer anvendelsen af udbud med mængder indenfor den danske bygge- og anlægsbranche, dog har en gruppe jurister i forbindelse med udarbejdelsen af rapporten Udbud med Mængder, skrevet af Bygherreforeningen og Molio (2020), fastslået, at der er uklare forhold omkring mængder som ansvarsfordeling og manglende standarder for regneregler for mængdeudtræk, definering af mængdeudtræk, omfanget ved mængdeverificering, manglende beskrivelser angående entreprenørprojektering, uklarhed om omfanget ved prissætning i tilbudsfasen samt uklart og usammenhængende udbudsmateriale. Dette er også udfordringer som aktører i bygge- og anlægsbranchen oplever i praksis. Løsningen hertil er oprettelse af standarder for opmåling og mændeudtræk, anvendelse af standardopbygninger i byggerier. Derudover foreslås, at der anvendes andre kontraktformer der involverer entreprenører tidligt i byggeriets faser.
En samarbejdsform der inddrager entreprenører tidligt er strategiske partnerskaber. Værdibyg og REBUS (2021a) og (Værdibyg og REBUS, 2021b) fastslår, at strategiske partnerskaber har struktur, der giver anledning til fælles forretningsmodeller og processer. Denne samarbejdsform baseres på porteføljer, hvor lignende projekter gentages, hvorfor det er optimalt for proces optimering og lokationsbaseret tidsplaner.

8 | Analyse

I dette kapitel analyseres, hvorledes JIT i produktionsindustrien kan anvendes i bygge- og anlægsbranchen på baggrund af kapitel 3, 5, 6 og 7. Herefter analyseres nuværende processer for et casestudie i et strategisk partnerskab. Derudover foretages en analyse af hvilke muligheder og begrænsninger, der ligger i anvendelsen af Vico Office. Disse elementer danner grundlaget for løsningsforslaget.

I kapitel 7 analyseres hvilke muligheder og begrænsninger, der ligger i udbud med mængder samt strategiske partnerskaber. I det følgende omsættes JIT i produktionsindustrien til bygge- og anlægsbranchen og processer i casestudiet fastlægges for at klarlægge, hvorledes indkøb og leverancer i et byggeprojekt foregår. Heri inddrages også en præsentation fra en leverandør, hvorudfra nødvendige informationer i en leveranceplan fastlægges. Slutteligt foretages der forsøg i Vico Office for at undersøge, hvorledes mængdeudtræk kan foretages på et byggeprojekt.

8.1 Analyse for JIT historie for bygge- og anlægsbranchen

I indledning klarlægges det, at der på grund af stigende materialeomkostninger og øget fokus på bæredygtighed, skal kigges på materialestyring, hvoraf JIT kan være et vigtigt værktøj. Dette illustreres på figur 1.1.
Nogle af de samme udfordringer stod Toyota også overfor, da JIT blev udviklet og konsolideret (van Driel og Dolfsma, 2009; Ohno, 1988). Her stod Toyota overfor handelsembargoen og senere oliekrisen, der gjorde det svært at skaffe materialer og oliebaserede produkter til at drifte fabrikkerne billigt, som projektetgruppen også i dag ser ved øgede materiale- og energipriser efter starten af konflikten i Ukraine og Coronakrisen.
Efterspørgsel til projekter, som allerede er påbegyndt, forbliver den samme men med en øget pris på materialer. Ligesom der på Toyota blev foretaget en effektivisering, for at overkomme økonomiske udfordringer, kan den danske bygge- og anlægsbranche gøre det samme. Derudover kan to af de syv principper i JIT (Pheng og Jayawickrama, 2012) også med fordel anvendes til at komme den lave produktivitet i bygge- og anlægsbranchen til livs. I indledningen af denne rapport beskrives det, at en håndværker arbejder effektivt 33% af tiden, som vedkommende opholder sig på en byggeplads (Jaudan og SiteHub, 2021). Her kan to af de syv principper, overproduktion og ventetid, afhjælpes. Ved at anvende JIT kan ventetider på materialer elimineres og værdiskabende processer øges, hvormed overproduktion minimeres.
For at en ny produktionsmetode såsom JIT, bliver succesfuld kræves der et tæt samarbejde med de personer, som skal og kommer til at blive påvirket af ændringer, som følge af implementering af JIT. Dette beskrives indgående i erfaringerne fra Ohno (1988) og Monden (2012). Derfor er det nødvendigt med en forståelse af processerne, som bliver ændret på for at kunne implementere JIT.
Derudover ser projektgruppen, at der også kan være mulighed for at foretage evalueringer af projekter ved at anvende mængdeudtrækkene og sammenligne materialerne fra projektet med data fra leverandøren.

8.2 JIT analyse

Baseret på kapitel 3, 5 og 6 fremgår det, at for at der er tale om JIT-leverancer, skal materialerne leveres lige i tide til, at det skal anvendes. Dog fremgår der i litteraturen en nuancering af dette, hvor der dog stadig er mulighed for at etablere lokale lagrer på byggepladsen, idet der angives, at materialerne tidligst kan leveres to dage før materialet skal indbygges i byggeriet (Pheng og Hui, 1998; Ang og Low, 2003). Derudover skal materialet også leveres i den rette mængde, kvalitet og pris samt det aktuelle forbrugsniveau på byggepladsen. Derfor vurderer projektgruppen, at er der behov for at sammenkoble leverancer med aktiviteters startdato angivet på LBT samt anvende LPS møder for at klarlægge aktuelle forbrugsniveau til projektkontrol og monitorering. Idet der er plads til lokale lagrer kan det overvejes, om leverancerne skal kobles til datoer, som er to dage før en aktivitetsstartdato. Dermed kan begrænsninger i JIT, der fremgår af afsnit 12.5.1 minimeres.
For at kunne opnå JIT, vurderer projektgruppen, at der bør og kan anvendes kanbans. Baseret på kanbans i produktionsindustrien identificerer projektgruppen i afsnit 8.2.1 kanbans, der kan anvendes i bygge- og anlægsbranchen.

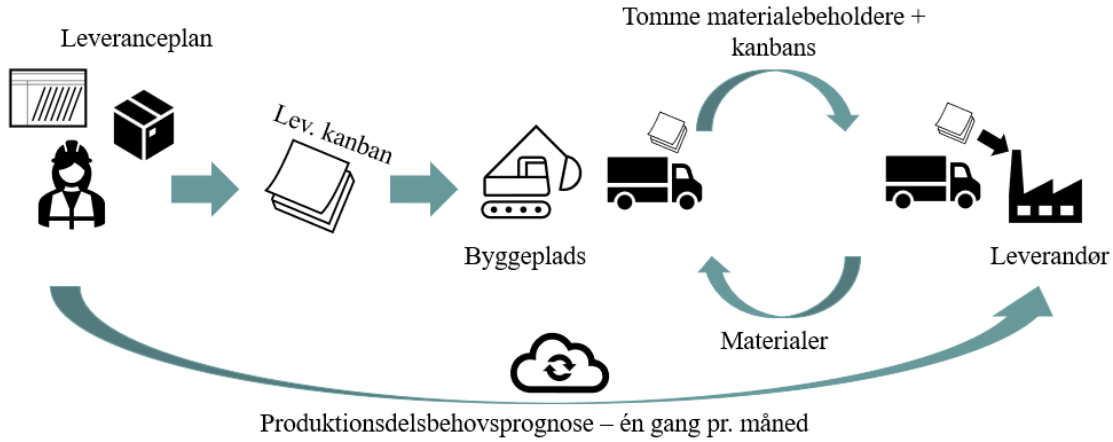
8.2.1 Kanbans til bygge- og anlægsbranchen

I det følgende analyseres på baggrund af afsnittet 6.2, hvorledes kanbans, ifølge projektgruppen, kan anvendes i bygge- og anlægsbranchen. De mulige kanbans vil blive baseret på Produktionsbehovsprognosen, som er baseret på master produktionsplanen, som illustreres på figur 8.1:

Figur 8.1: Af figuren fremgår processen for hvordan kanbans oprettes ud fra masterproduktionsplanen (Monden, 2012).

Masterproduktionsplanen laves i starten af et projekt, og indeholder alle materialer i hele projektet, som den også gør for en produktion i produktionsindustrien (Monden, 2012). Planen, som den kan anvendes i bygge- og anlægsbranchen, udarbejdes på baggrund af projektmaterialet, og skal indeholde alle mængder på materialer.
Produktionsbehovsprognosen, hvor materialer bestilles til den aktuelle produktion. Entreprenører kan, ifølge projektgruppen, også benytte denne kanban til at bestille materialer efter. Dette vurderer projektgruppen, kan benyttes sammen med LPS møder, hvor aktuelle forbrugsniveau og dermed behov klarlægges. Et eksempel på brugen af en produktionsbehovsprognosen fremgår af figur 8.2.

Sammen med produktionsbehovsprognosen, vurderer projektgruppen, at **Daglig information til leverandøren** kan kobles på, men anbefales af projektgruppen at denne information er automatiseret og databaseret til optælling af installerede materialer.
Leverandørkanban udarbejdes af entreprenøren, idet der skal angives specifikke lokationer for aflæsning af materialer. Hertil vurderer projektgruppen, at entreprenøren skal anvende LBT til at klarlægge lokationen for aflæsning af materialer. Dette vurderer projektgruppen, bør indgå som en del af leveranceplanerne. Derudover må entreprenøren sørge for at lokationerne, samt vejen dertil er fremkommelige for leverandøren af materialerne. Et eksempel på en leverandørkanban findes på figur 8.2.

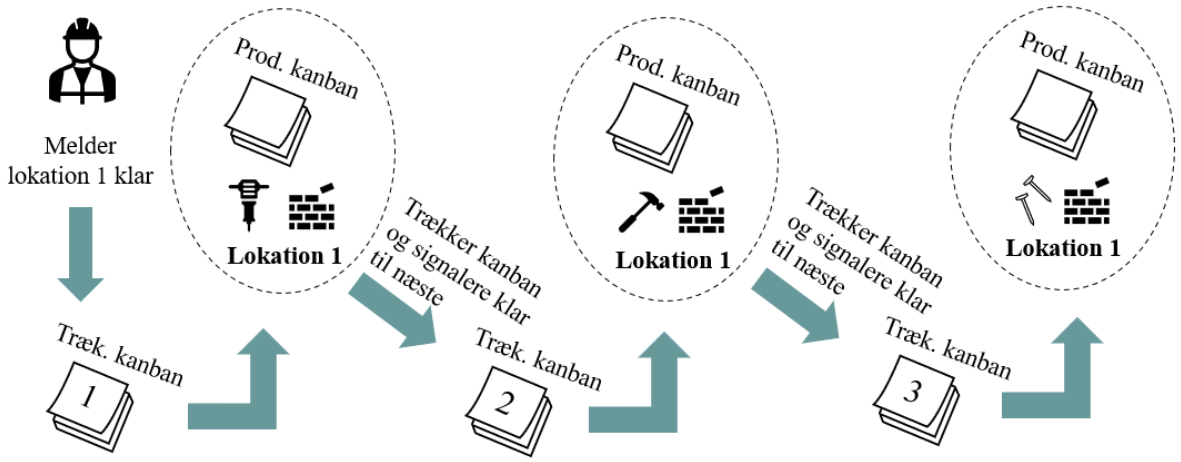


Figur 8.2: Af figuren fremgår et eksempel på anvendelse af en leverandørkanban og produktionsdelsbehovsprognosen. Bestilling med kanbans bestemmer den daglige bestilling af materialer, hvor prognosen giver leverandøren en indikation om forventede leverancer i løbet af den næste måned.

Signalkanban vurderer projektgruppen kan anvendes ved materialer som skruer og søm, der skal genbestilles, når beholdningen når et fastlagt niveau. For mere herom se afsnit8.2.2. **Produktionsordrerkanban** vurderer projektgruppen kan entreprenører i bygge- og anlægsbranchen. Entreprenøren kan benytte kanbanen til at angive hvilke aktiviteter, der skal foretages i hvilken rækkefølge. Dette kan gøres i form af udførelselstidsplanen, som ifølge (Akintoye, 1994) var et af tre planer, der er vigtige for JIT. Imens kan en leverandør anvende denne kanban til at specificere, hvad der skal produceres overfor håndværkerne.
Projektgruppen mener at indholdet i en produktionsordrekanban i bygge- og anlægsbranchen kunne indholde følgende:

- Relevante tegningsnavne
- BIM7AA-kode på opbygning af arbejde
- Mængde af arbejde på lokation
- Forventet starttidspunkt og deadline for arbejdet
- Foregående aktivitet
- Efterfølgende aktivitet

Eksempel på hvordan produktionsordrekanban og trækkende kanban kan anvendes i bygge- og anlægsbranchen fremgår af figur 8.3.



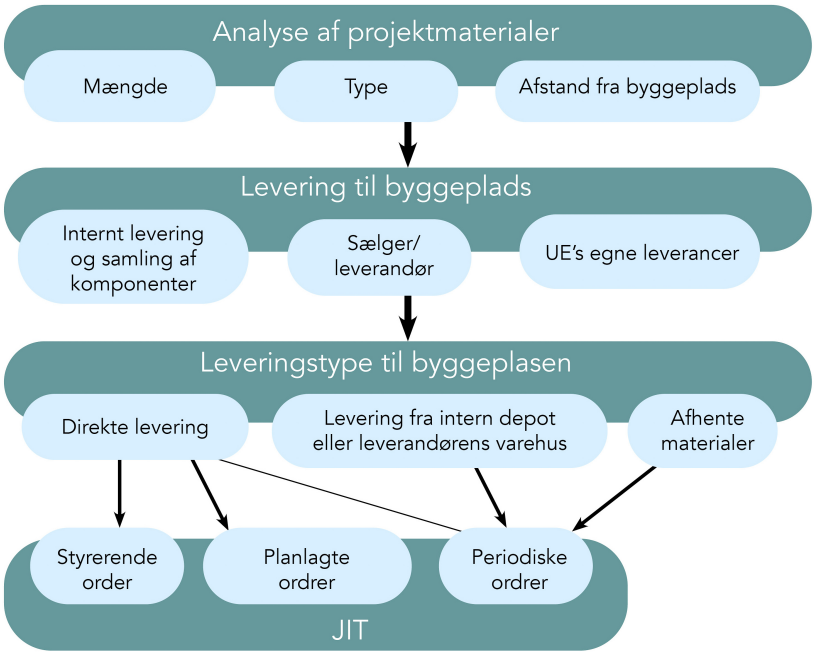
Figur 8.3: Eksempel på trækkende og produktionsordrekanban.

Af figur 8.3 beskrives processen for at kunne anvende kanbans på et byggeprojekt, hvor kanbans tager udgangspunkt i lokation. Arbejdet kan opstartes når byggeledelsen melder lokationen klar til første aktivitet ved at trække kanban 1. Derefter kan håndværkerne trække produktionsordrekanban, som beskriver arbejdet på lokationen. Når det arbejde er færdigt trækker de kanban 2. Det signalere til de næste håndværkere at lokationen er klar til næste stykke arbejde. Ligesom der beskrives af Monden (2012) anvendes produktionsordrekanbans til at definere arbejdet, hvor trækkende kanbans kan anvendes til at signalere, at noget arbejde kan foretages. Ved at anvende metoden, som fremgår af figur 8.3, overholdes disse mekanismer.
Trækkende kanban anvendes til at signalere overfor den næste aktivitet, at området er klart til dem. I bygge- og anlægsbranchen kunne dette gøres ved et system som et rum eller mobilapplikation, hvor alle kanbans befinder sig. Her har håndværkerne adgang til information om, at deres arbejdsområde er klar til arbejde. Dette betyder, at i bygge- og anlægsbranchen anvendes lokationerne som det begrænsende for fremdriften, hvor det i produktionsindustrien er delprocesser for komponenter til et samlet produkt såsom en bil (Monden, 2012). Den mekanisme vil påvirke, hvornår den trækkende kanban kan trækkes. Derudover påvirker det også, hvordan der signaleres, at en aktivitet på en lokation er færdig overfor andre faggrupper i projektet.
Når entreprenøren udarbejder kanbans for den næste tid, bør byggeledelsen forsøge at opnå produktionsudjævning således, at den daglige produktionsmængde ikke varierer for meget for håndværkerne.

Projektgruppen vurderer yderligere, at kanbans kan kobles sammen med de materialer, som Akintoye (1994) foreslår, der kan foretages JIT-bestillinger og -leverancer på. Dette er beskrevet i nedenstående afsnit.

8.2.2 JIT ordrer

Ifølge Akintoye (1994) kan der kun foretages JIT bestillinger og leveringer på ordrer, der ikke er *ikke-periodiske ordrer*. Ordrer der kan bestilles og leveres JIT, er gengivet i figur 8.4.



Figur 8.4: Af figuren fremgår hvilke materialer, der kan bestilles og leveres JIT samt hvilke krav, der stilles til produktionsstedet og leveringen af materialet. Figuren er udarbejdet på baggrund af Akintoye (1994)

I periodiske ordrer ser projektgruppen anvendelse af signalkanbans, således der kan foretages genbestilling af materialer som gængse skruer og søm. Dette kunne eksempelvist signaleres direkte til leverandøren gennem et digitalt signal, så leverandøren hele tiden kan holdes opdateret om niveauet i lagerbeholdning for et bestemt materiale. Derudover kan denne kanban kombineres med konstant bestillingsmængde og konstant bestillingscyklus, således genbestillingsintervallet fastlægges projektspecifikt.
I forhold til planlagte ordrer, vurderer projektgruppen, at der kan anvendes produktionsdelsbehovsprognoser, for at signalere månedens kommende ordre overfor leverandøren. Herefter skal informationerne opstilles i enleverandørkanban, som leveres til leverandøren når der er behov for leverancen på byggepladsen. Ud fra dette kan leverandøren tilpasse sin egen produktion/lagerbeholdning til entreprenørens efterspørgsel.
Leveringen af disse pakker kan herefter kobles med teorien angående pakkestørrelser for JIT-leverancer, der skal baseres på leadtime. Dette vurder projektgruppen kan overføres til en håndværkers arbejde i bygge- og anlægsbranchen - nærmere tolkes som den tid en håndværker benytter til at installere materialet i den pågældende lokation. Ved en kendt lead-time kan formel 6.1, 6.2, 6.3 og 6.4 anvendes til at finde størrelse af leverancer, antallet af kanbans og leverancernes tidspunkt.

JIT-leveranceplaner

I forhold til JIT og leveranceplaner vurderer projektgruppen på baggrund af definitionen af JIT, at der i leveranceplanerne skal fremgår datoer, der stemmer overens med startdatoen for aktiviteterne på specifikke lokationer i den pågældende bygning. Dermed vurderer projektgruppen også at en mere detaljeret leveranceplan på nuværende tidspunkt ikke er realistisk.
Derudover vurder projektgruppen yderligere, at definitionen af JIT lægger op til, at der i

leveranceplanen fremgår hvilke materialer og hvilke mængder, der skal leveres på de enkelte lokationer. Det er vigtigt, at materialerne angives til at blive leveret på specifikke lokationer, da det ifølge projektgruppen opfylder et af grundlæggende principper i JIT, der omhandler eliminering af dobbelthåndtering. Projektgruppen mener, at der er potentiale for at dobbelthåndtering af leverancedata reduceres, hvis leveranceplanen digitaliseres.
For at opstille leveranceplanen digitalt og undgå dobbelthåndtering, vurderer projektgruppen, at mængdeudtrækket også skal foretages digitalt, således dette kan bruges som input i leveranceplanerne. Derudover vurderer projektgruppen på baggrund af litteraturstudiet i afsnit 5.4, at det bedste mængdeudtræk foretages baseret på en objektbaseret 3D-bygningsmodel for at undgå de usikkerhed, som påpeges af Monteiro og Martins (2013).
For at koble disse mængder til det aktuelle forbrugsniveau, vurderer projektgruppen med baggrund i teorien om LPS, at dette planlægsningværktøj er essentielt for vurdering af aktuelle forbrugsniveau. I forbindelse med LPS vurderer projektgruppen, at det er håndværkeren på byggepladsen, der skal involveres, som også er det, som Pheng og Hui (1998) foreslår. Det er nemlig igennem denne nøgleperson at aktuelle forbrug af materialer og status for forudgående aktiviteter kan fastlægges, hvormed entreprenøren kan revidere tidsplaner og leveranceordrer.
Igennem anvendelse af LPS til opstilling og revideringen af leveranceplaner, vurder projektgruppen, at det giver anledning til, at der anvendes Kaizen i bygge- og anlægsbranchen. Dette skyldes at brugen af LPS forbedrer processer i udførelsesfasen, idet der baseret på dette kan foretages en planlægning af blandt andet håndtering af varermodtagelser og aktiviteter.

Leverandørsamarbejde

Et grundlæggende element for at gøre JIT-leverancer mulig er ifølge kapitel 6, at samarbejdet mellem entreprenør og leverandør er tæt.
Projektgruppen vurder i overensstemmelse med Akintoye (1994), at leverandøren med fordel kan inddrages i de tidlige planlægningsfaser i et byggeprojekt, således leverandørens kundskaber og behov også tilgodeses. Ved at inddrage leverandøren tidligt, er det muligt at identificere omkostningstunge poster på projektet, hvor leverandøren kan bidrage med deres erfaring, for alternativer.
Dermed kan leverandøren også bidrage til, hvordan entreprenøren kan være med til at minimere lageropbevaring på byggepladsen ved de forskellige logistiske løsninger, som leverandøren kan levere. Derudover kan leverandøren planlægge eget lager efter prognoserne, og nemmere håndtere pukler i leverancer.
En anden fordel ved den tidlige inddragelse er, at projektgruppen øjner en mulighed for tidlig fastlæggelse af materialers kvalitet og pris ved levering. Dermed kan TQM inkorporeres.
TQM bliver da en kontrol af leverancerne, og ved en tidlig afklaring af kvaliteten bør modtagekontrollen også blive mere effektiv.
En anden måde at anskue TQM er, at håndværkerne bliver eksperter i at kasserer defekte materialer tidligt, således at der ikke arbejdes videre med fejl i projektet.

Eliminering af spild

Udover, at den tidlige inddragelse af leverandøren kan medfører TQM, kan det også være med til at minimere spild i bygge- og anlægsbranchen.
Denne minimering af spild er også et vigtigt redskab til muliggørelse af JIT-leverancer til lokationer i byggepladsen, hvilket fremgår tydeligt af eksisterende forskning om JIT i bygge- og

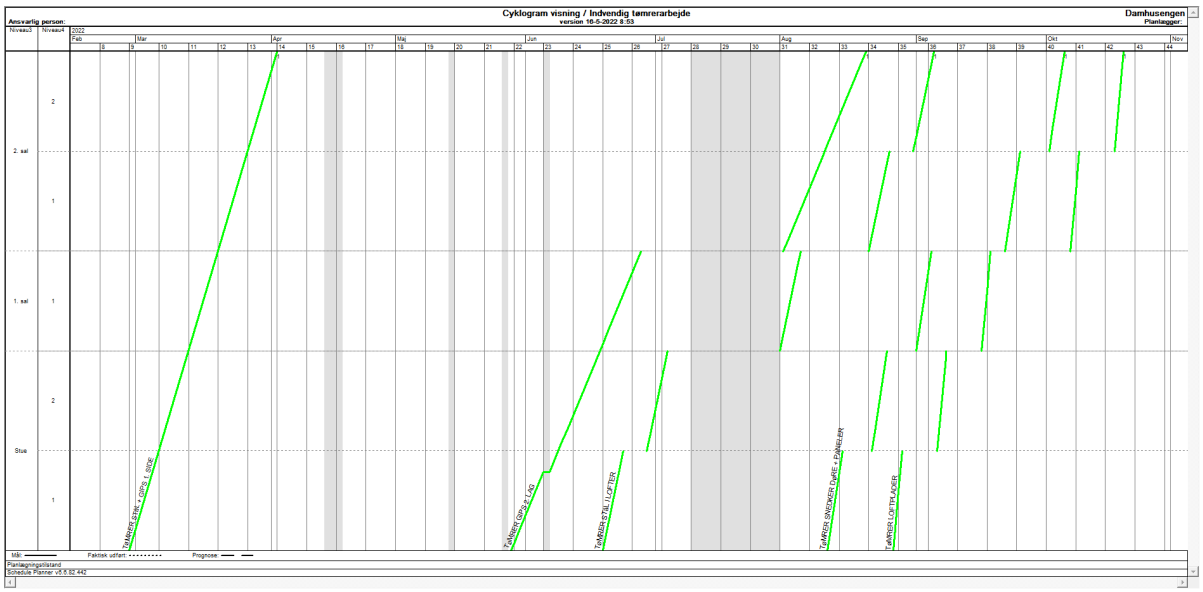
anlægsbranchen. Her er orden, renlighed og organisering vigtige principper i JIT, der gør, at leverancer kan leveres til en specifik lokation i byggeriet.
Der kan også ske eliminering af spild, ved at bestillingerne af materialer løbende tilpasses den mængde spild, som opstår på byggepladsen i form af afskær og defekte materialer. Når der sker en løbende tilpasning ved bestilling, kan spildet mod slutningen af projektet mindskes og dermed bestilles der ikke for mange materialer, som enten skal leveres tilbage til leverandøren eller som skal smides ud.

I det følgende fremgår analyser, der er specik for casestudiet.

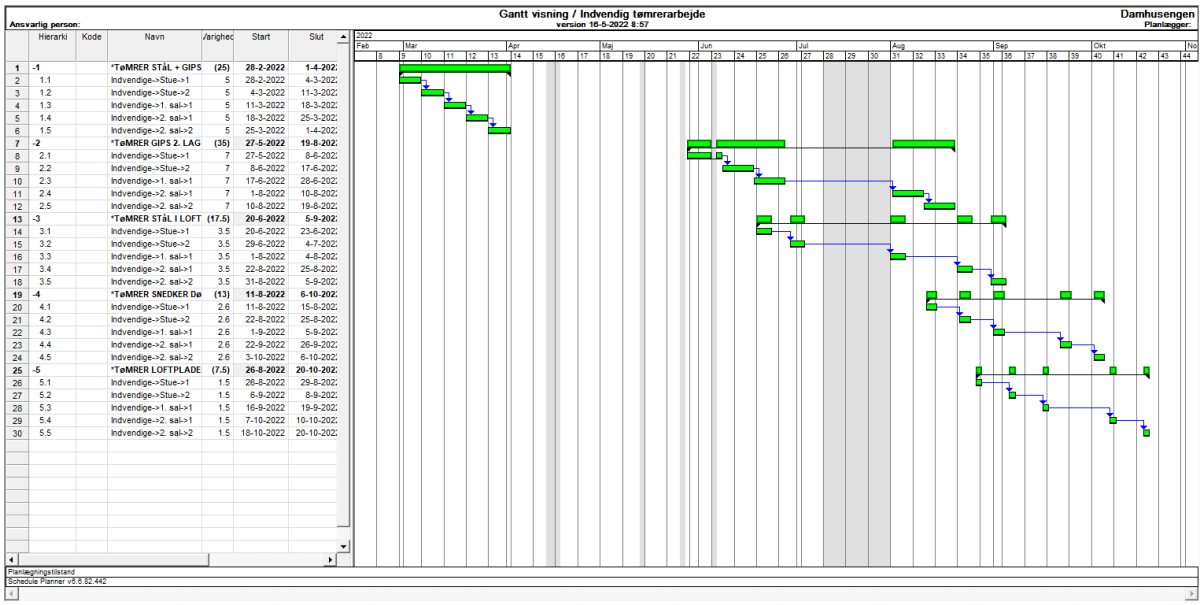
8.3 Lokationsbaseret tidsplanlægning

Casestudiet for projektet er godt beskrivende for de karakteristikker om et projekt, der tilegner sig anvendelsen af LBT (Kenley og Seppänen, 2010). På casestudiet er der allerede lavet en LBT med flowline. Aktiviteterne, der fremgår som skrå streger på planen, antager en farve for et arbejdshold. Hele tidsplanen fremgår af appendiks C.

Projektets LBT har forskellige aktivitetstyper. Aktivitetstypen for tømrerarbejdet kan klassificeres som en generel gentagelsesaktivitet. Aktiviteterne er illustreret i figur 8.5 i flowformat og figur 8.6 i Gantt-format for samme tidsplan.



Figur 8.5: LBT for tømreraktiviteter med flowline. Tidsplanen er udarbejdet af entreprenørvirksomheden i casestudiet.



Figur 8.6: LBT i Gantt-format i Vico Schedule Planner. Herfra kan aktiviteternes startdato trækkes.

I casestudiet er LBT opdelt i tre logiske lokationsniveauer, hvor tømreraktiviteterne er tilknyttet det nederste logiske lokationsniveau.

I tilfælde af afvigelse fra tidsplanen på grund af forsinkelser eller uforudset fremdrift, skal entreprenøren være opmærksom på, hvordan dette påvirker leverancer i byggeprojektet. Den deraf påvirkning på leverancerne vil afhænge af anvendte logikker i projektet, som er beskrevet i 6.5.

8.4 Last Planner System

Projektgruppen ser mulighed for at anvende Last Planner Systemet til kontrol af projektet, som også Kenley og Seppänen (2010) og Ballard og Tommelein (2021) påpeger. Ved Last Planner Systemet findes faste møderækker, som gør dialogen mellem byggeledelsen og håndværkerne mere systematisk. Ved en vedholdende dialog med håndværkeren kan der foretages medarbejderinddragelse, som er vigtigt indenfor JIT (Monden, 2012).

Ved master- og fasemøderne kan byggeledelsen udarbejde tidsplanen i samarbejde med formændene og håndværkerne. Hermed inddrages de personer, som står i produktionsøjeblikket og kan bidrage med deres erfaring. Ved at inddrage håndværkerne, vurderer projektgruppen, at udfordringer ved projektet kan påpeges og italesættes. Derudover vurderer projektgruppen at ved at muliggøre fri kommunikation imellem håndværkerne, kan håndværkernes aktiviteter og interne afhængigheder af disse aktiviteter nemmere fastlægges i LBT for at undgå risiko for uforudsete stop i arbejdsflows.

Look ahead-møderne skal sætte rammerne for en forpligtigelse af håndværkerne til aktiviteterne, hvormed leverancerne for de næste fire uger bestemmes. Her ser projektgruppen mulighed for at bestemme antallet af kanbans, som eksempelvis leverandørkanbans og produktionsordrekanbans. Antallet kan bestemmes ud fra formel 6.3.
Leverandørkanbans kan sendes med leverandøren, når der leveres materialer eller signalerer til

leverandøren, at næste pakke kan leveres digitalt.

Ved ugentlige planlægningsmøder, vurderer projektgruppen, at de forskellige leverancer kan bestemmes og der kan løbende fastlægges mest effektive metoder til levering af materialer til specifikke lokationer i byggeriet.

8.5 Proces analyse

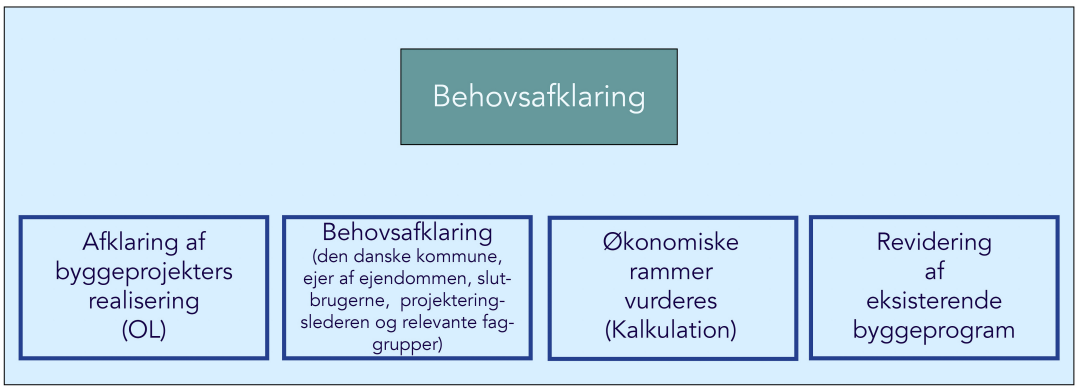
Med udgangspunkt i kontekstuel design klarlægges nuværende processer i forbindelse med casestudiet i et strategisk partnerskab. Klarlæggelsen af disse processer foretages gennem anvendelse af kontekstuel forståelse, fortolkning og arbejdsmodeller og diagrammer, der er de første tre trin i kontekstuel design. Dette er afbilledet i figur 4.3. Kontekstuel forståelse skabes på baggrund af interviews med en LEAN produktionssupportchef og en beregner i entreprenørvirksomheden. Interviewreferater fra disse møder fremgår af bilag C og E, derudover fremgår interviewguides af bilag B og D. Imens fortolkes og afbilledes den nuværende proces gennem de forskellige faser for casestudiet, der er afbilledet i en figur af konsortiet i det strategiske partnerskab. Denne figur benyttes som grundlaget for dokumentanalysen og fremgår af appendiks A.
For at overskueliggøre forkortelser, der benyttes i følgende afsnit opstilles tabel 8.1.

Tabel 8.1: Forklaring af forkortelser, der anvendes til klarlægning af nuværende processer i casestudiet.

Forkortelse	**Forklaring**	**Rolle**
Dansk kommune	Bygherre	Bygherre for det strategiske partnerskab
OL	Operationelle ledelse	Samling af entreprenører, rådgivere, bygherrerepræsentant som udgør OL
BtD	Bygning til Drift	Varetager drift og vedligehold af byggeriet

Fase 0 - Behovsafklaring

Hele processen for et byggeprojekt i casestudiet starter med en behovsafklaring. I behovsafklaringen vender den operationelle ledelse de projekter, der endnu ikke er fastlagte. Den operationelle ledelse klarlægger, hvorvidt byggeprojekter skal realiseres eller ej.
I denne fase klarlægges også behov og ønsker til byggeriet baseret på møder med den danske kommune, ejer af ejendommen, slutbrugerne, projekteringslederen og relevante faggrupper. Baseret på denne afklaring bearbejdes det eksisterende byggeprogram, således behov og ønsker belyses ved mødet. For at sikre at de økonomiske rammer for byggeprojektet er tilstrækkeligt inddrages, ifølge LEAN produktionssupportchefen, kalkulationsafdelingen også. Ifølge beregneren fra kalkulationsafdelingen vurderes de økonomiske rammer for byggeprojektet baseret på en beregning af ukendte faktorer såsom miljøhåndtering, jordoprensning og lignende faktorer i denne fase.



Figur 8.7: Af figuren fremgår hvilke aktiviteter, der foregår i behovsafklaringsfasen for byggeprojekter i det strategiske partnerskab.

Fase 1 - Opstarts-, Ideoplægs- og Byggeprogramsfasen

Efter klarlæggelse af behov og ønsker, bearbejdning af eksisterende byggeprogram og vurdering af byggeprojektets økonomiske rammer indtræder byggeprojektet i næste fase, hvor byggeprojekter i det strategiske partnerskab træder ind i ABR18. I denne fase afklares, hvad der skal bygges. Baseret på bearbejdningen af det eksisterende byggeprogram udarbejdes en projektbeskrivelse af den danske kommune. Derudover udarbejder konsortiet honorarydelser, organisationsdiagram og tidsplan. I honorarydelsen beskrives, hvilke ydelser de rådgivende skal udføre og arbejdstimer estimeres i et excelark. Honorarydelsen afhænger af projektstørrelsen, og har ifølge beregneren en indflydelse på, hvor detaljeret et byggeprojekt regnes, hvorfor detaljeringsgraden af en kalkulation ikke kun afhænger af projektmaterialets detaljeringsgrad. Ifølge beregneren foretages beregningen i Ideoplægget overfladisk og for stedspecifikke elementer af byggeprojektet. For alle faserne gælder, at detaljeringsgraden øges, jo længere byggeprojektet kommer i faserne. Under Byggeprogram beregnes priserne baseret på kvadratmeter priser og erfaringspriser.
I denne fase deltager BtD også for at afklare, hvilke behov der skal inkluderes i projektet i forhold til drift og vedligeholdelsesfasen.

Figur 8.8: Af figuren fremgår hvilke aktiviteter, der foregår Opstarts-, Ideoplægs- og Byggeprogramsfasen i det strategiske partnerskab.

Fase 2 - Dispositionsforslag og projektforslag

I Dispositionsforslaget specifieres byggeprojektet yderligere, herunder udarbejdes eksempelvis byggeprojektets arkitektoniske udformning, funktioner, beskrivelser og forudsætninger for byggeriet. Denne specificering af byggeprogrammet danner grundlag for en ny og mere detaljeret kalkulation af byggeprojektets økonomi. Specialiseringen giver anledning til beregning af priser på materialer som specielle installationer, miljøfarlige stoffer og lignende. Disse beregninger skal ifølge beregneren give mulighed for at minimere risikoer i udførelsesfasen. Derfor sker denne beregning med inddragelse af nødvendige rådgivere, der skal rådgive om løsninger for eventuelle udfordringer. Baseret på disse løsninger og tegninger foretages en kalkulation. Andre elementer i byggeriet baseres på kvadratmeterpriser.
Efter Dispositionsforslaget indtræder byggeprojektet i Projektforslaget. På baggrund af dialoger og kvalitetssikring foretaget af den danske kommune, ejer af ejendommen, slutbrugren og BtD udarbejdes det endelige projektmateriale for byggeprojektet.
Baseret på bygningsmodeller udarbejdet i denne fase, foretages et mængdeudtræk i Revit af arkitekterne. Disse mængdeudtræk opstilles i en aktivitetsliste, der beskrives nærmere i afsnit 8.7. Baseret på mængdeudtrækket og aktivitetslisten foretages en yderligere præcisering af kalkulationen. Ifølge beregneren foretages beregningen til en detaljeringsgrad, der involverer materialer som søm og skruer for hele byggeprojektet og ikke blot udvalgte elementer. Derudover foretages der også kvalitetssikring af angivet mængder i aktivitetslisten, som primært vedrør egenproduktionen i entreprenørvirksomheden. Til kvalitetssikring og generelle mængdeudtræk benytter kalkulationsafdelingen BlueBeam Revu til at foretage mængdeudtræk. Tidsforbruget til mængdeudtræk er ifølge beregneren ikke afhængig af byggeriets størrelse men om ensformigheden. Beregneren påpeger, at mængdeudtrækket ved komplicerede bygningsdele er besværligt. Der foretages mængdeudtræk på 20 % af projektmaterialet, idet mængdeudtrækket i aktivitetslisten og andre skemaer udgør 80 % af projektmaterialet. Efter intern kvalitetssikring af mængder og beskrivelser i kalkulationsafdelingen udsendes materialet til leverandører og UE til indhentning af tilbud. På baggrund af disse priser og revidering af projektmaterialet foretages en kontrahering med den danske kommune, hvilket er grunden til detaljeringsgraden af kalkulationen. Priserne bliver ifølge LEAN produktionssupportchefen fastlåst i denne fase på grund af kontraheringen.

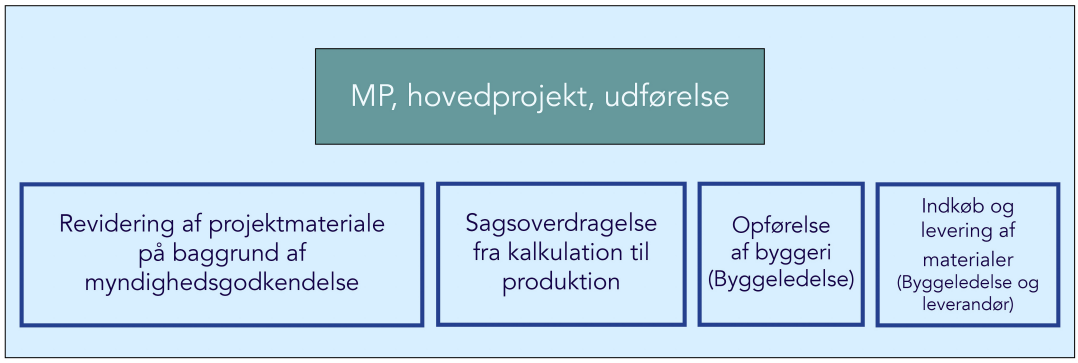
Figur 8.9: Af figuren fremgår hvilke aktiviteter, der foregår under fasen for Dispositionsforslag og Projektforslag.

Fase 3 - Myndighedsprojekt, hovedprojekt og udførsel

Efter udarbejdelse af projektforslaget udarbejdes myndighedsprojektet, som indleder næste fase. Efter godkendelse af myndighedsprojektet fra kommunen indledes næste trin, som er hovedprojektet. Hovedprojektet indeholder revideringer på baggrund af myndighedsprojektet.
I hovedprojektet overdrages byggeprojektet officielt fra kalkulationsafdelingen til produktionen, hvormed produktionen har ansvaret for byggeprojektet. Ved denne overdragelse foretages vidensdeling imellem aktørerne, hvor der foruden kalkulationsafdelingen og produktion deltager også den juridiske afdeling, indkøbsafdeling og andre aktører afhængig af byggeprojektet. Ved disse sagsoverdragelser gennemgås følgende ifølge beregneren:

- Projektorganisationen
- Hvad der skal bygges
- Gennemgang af tegningsmateriale herunder byggeriets udseende og kompleksitet
- Gennemgang af tidsplan
- Gennemgang af UE og samarbejdspartnere på byggeprojektet
- Nøgletal vendes
- Risikoer og opmærksomhedspunkter i byggeprojektet

Herefter overlades byggeprojektet officielt til produktionen, men uofficielt foregår vidensoverdragelsen fra kalkulationen til produktionen indtil byggeprojektet er færdigt, idet produktionen ifølge beregneren kontakter kalkulationsafdelingen ved tvivlsspørgsmål, mangler og lignende.
I udførelsesfasen inddrages desuden BtD, som skal instrueres og informeres om drift og vedligeholdelse af byggeriet af byggeledelsen.



Figur 8.10: Af figuren fremgår hvilke aktiviteter, der foregår i forbindelse med fasen for Myndighedsprojekt, hovedprojekt og udførsel for byggeprojekter i det strategiske partnerskab.

Generelt for alle faser

LEAN produktionssupportchefen påpeger i et interview, at der for alle faser foretages et evalueringsmøde med de nødvendige aktører, således hvert fase evalueres før næste fase opstartes. Derudover afholdes der, som et led i opstartsmøder, også samarbejdsworkshops med den danske kommune, UE og rådgivere. Opstartsmøder omfatter også møder, hvor ønsker og behov klarlægges.
I forhold til kalkulering af priser til byggeprojekter bemærker beregneren, at 80 % af kalkuleringen baseres på foreliggende projektmateriale ved nybyggeri og at kalkuleringen ved renoveringssager er mere komplekst, idet omfanget af arbejdet er uvist i disse typer byggeprojekter.

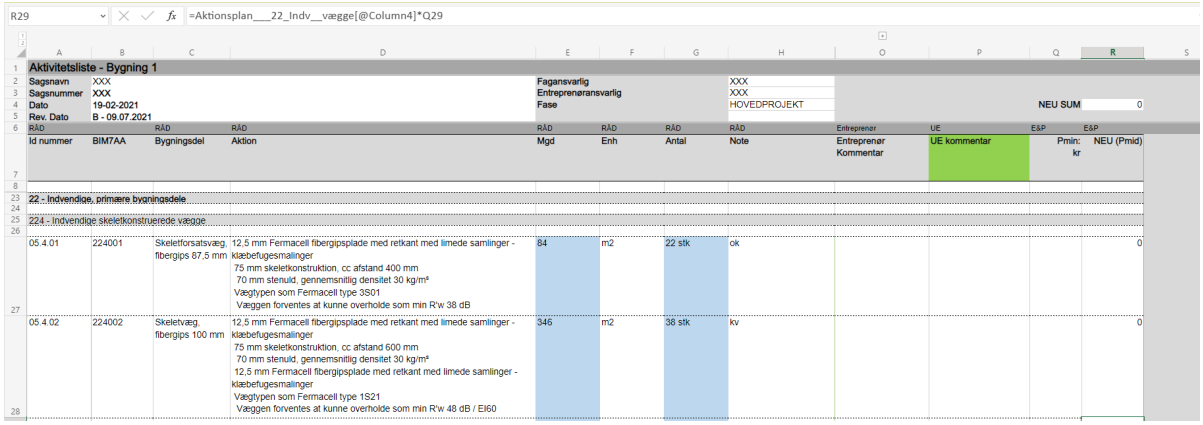
8.6 Byggepladsbesøg

For at klarlægge hvorledes aktuelle processer foregår på casestudiet, var projektgruppen på byggepladsbesøg det pågældende sted. Her foretog projektgruppen et ustruktureret interview med en byggeleder på byggepladsen, som kunne informere projektgruppen om ledelsen på byggepladsen som eksempelvis, at der foretages LPS-møder inden projektet opstartes i udførelsesfasen samt en forklaring af, hvilke arbejdsopgaver hver byggeleder på byggepladsen varetog. Derudover viste byggelederen byggepladsen frem for projektgruppen, hvor projektgruppen blev opmærksom på informationer, som der med fordel kunne benyttes i projektet.
I forbindelse med runderingen på byggepladsen fandt projektgruppen ud af, at byggeledelsen på byggepladsen arbejdede med, at håndværkerne blev instrueret i, at der ved opstilling af lette indervægge blev opsat reglar, top- og bundskinne samt gips på den ene side af væggen. Derudover blev der i samme aktivitet (*Væg 1. side gips*) også opsat 30 cm gips i bunden eller toppen af væggen på den anden side af væggen, samt isolering i de nederste 30 cm af væggen. Dette fremgår af figur 8.11, som er et billede fra runderingen på byggepladsen. Årsagen til dette valg var, at eksempelvis elektrikeren nemmere kunne installere stikdåser i bunden af væggen på anden side i stedet for at vente til tømrerne havde installeret den anden side af væggen og senere skulle afmontere væggen og derigennem risikere at ødelægge væggen ved dobbelthåndteringen. En sådan dobbelthåndtering, vurderer projektgruppen, potentielt kunne forsinke aktiviteter.

Figur 8.11: Af billedet fremgår, at der i forbindelse med opsætning af 1.side gipsvæg opsættes reglar, top- og bund skinne og gips på første side samt gips og isolering på den anden side af gipsvæggen.

8.7 Aktivitetsliste

På nuværende tidspunkt foretages mængdeudtræk af arkitekterne igennem Revit. Mængderne overføres fra Revit til et Excelark, der danner grundlag for Aktivitetslisten.
Aktivitetslisten beskriver, hvilke typer materiale hver bygningsdel opbygges af. Derudover fremgår mængden for den samlede bygningsdel med enheder og opmålingsmetode (manuelt eller digitalt). I listen fremgår også BIM7AA-koder for hvert bygningsdelstype, der efterfølges med en beskrivelse af materialer, der indgår i bygningsdelstypen. Denne forklaring beskrives under overskriften *Aktion*, der fremgår som kolonne på figur 8.12, hvor dette felt også beskriver rækkefølgen for installation af materialet i bygningen. Aktionen fremgår i en samlet kolonne, ved at arkitekten opstiller nogle parametre i Revit til mængdeudtrækket.
BIM7AA-koderne i aktivitetslisten udtrækkes også fra Revit ved at kode hvert bygningsdelstype med de specifikke koder. Dog varierer disse koder ifølge IKT-gruppen fra projekt til projekt, men gruppen arbejder på nuværende tidspunkt for at ensarte koderne til bygningsmodellering på tværs af byggeprojekterne i det strategiske partnerskab.



Figur 8.12: Af figuren fremgår et uddrag fra aktivitetslisten i det strategiske partnerskab. Figuren er et screenshot af aktivitetslisten udarbejdet af det strategiske partnerskab.

Som et led i udvikling af koder til bygningsmodellering i det strategiske partnerskab, arbejder IKT-gruppen på at udarbejde CCS-koder til fremtidige byggeprojekter. Dette skyldes ifølge IKT-gruppen, at bygherren fremover skal bruge CCS-koder i drifts- og vedligeholdelsesfasen.
Ifølge IKT-gruppen er materialer og bygningsdele angivet i aktivitetslisten simplificeret og standardiseret så meget som muligt i projekteringsfasen, hvilket ifølge litteraturstudiet er en forudsætning for gnidningsfrie leveranceflows. Derudover oplyses det, at alle materialer, som skal bruges på projektet, beskrives i aktivitetslisten, og ændres ikke desto mindre der sker projektændringer.

8.8 Leveranceplan

Baseret på en præsentation fra en leverandør blev processen fra ordrerafgivelse til leverancer klarlagt.
Leverandøren arbejder på nuværende tidspunkt med ordrerafgivelse i Sharepoint, hvor nedenstående informationer udfyldes af ordrerafgiver og den ansvarlige fra leverandøren:

- Sagsnummer

- Adresse/etape/klynge
- Kontaktperson til forbruger af leveret materiale.
- Leverandørens sagsnummer
- Pakketype
- Ansvarlig fra leverandøren
- Restordrer
- Internt link der er et trackingssystem, som anvendes af logistik afdelingen hos leverandøren. Dette er baseret på en gps i lastbilerne, der skal levere ordrerne.
- Kommentarfelt til fritekst
- Mulighed for vedhæftning af filer. I dette felt oploader ordrerafgiveren typisk diverse tegningsmaterialer og mængdeudtræk.

Ordrerafgiveren har mulighed for at redigere i sin ordrer op til tre dage før leverancedatoen. Herefter pakkes ordrerne natten før levering.
På baggrund af præsentationen blev det fastlagt hvilke informationer, der er nødvendige for, at leverandøren kan behandle en ordrer. Følgende oplysninger finder leverandøren nødvendigt for at kunne håndtere en ordrer:

- Leveringsdato
- Adresse/lokation som ordrerne skal leveres på
- Kontaktperson for ordren
- Hvad der skal leveres og mængder

Derudover påpegede leverandøren, at der i ordreren ikke behøves angivelse af specifikke produkter. Dette fastlægger leverandøren selv.

8.9 Importering til Vico Office

I dette afsnit beskrives hvilke muligheder og begrænsninger, som projektgruppen har oplevet i forbindelse med anvendelsen af Vico Office, som danner grundlaget for det opstillede løsningsforslag. Mulighederne og begrænsningerne undersøges ud fra en iterativ proces, hvor elementerne i løsningsforslaget opstilles og afprøves.

Brugerbegræsning

I de indledende faser af forsøget opleves det, at projekter i Vico Office ikke kan deles med andre personer, således flere personer kan arbejde i samme projektfil. Dermed skabes en begrænsning i forhold til at kunne arbejde videre med en proces, som andre i projektgruppen har arbejdet med. Derved analyserer projektgruppen, at der er behov for en standard skabelon, som kan anvendes som grundlag for processer i Vico Office, således flere aktører kan arbejde med det samme projekt ved indlæsning af denne skabelon.

Kodning

I Vico Office er mængdeudtrækket afhængig af navngivningen for hvert objekt, der importeres fra den objektbaserede 3D-model, der er udlånt af det strategiske partnerskab. Mængdeudtrækket der genereres i en rapport til slut, er udover lokationsopdelingen også afhængig af objekternes navngivning, idet rapporten genererer en total for hvert objekt med samme navn ud fra hver

lokationsinddeling.
Udfordringer med koder kan beskrives som følgende og gennemgås i dette afsnit:

1. Uoverensstemmelse imellem TypeID i aktivitetslisten og 3D-modellen
2. Tilpasning af Excel til importering
3. Kode-opstilling
4. Koder på instanceniveau eller på TypeID-niveau
5. Navngivning af beskrivelseskolonnen i Description-kolonne

Uoverensstemmelser imellem TypeID i aktivitetslisten og 3D-modellen

Ved afprøvning af import af 3D-modellen fra det strategiske partnerskab, kan projektgruppen se, at TypeCode og TypeNumber ikke stemmer overens med Type ID, hvilket medfører, at der er en uoverensstemmelse mellem data fra aktivitetslisten og 3D-modellen. I det følgende beskrives, hvilke opdagelser projektgruppen har gjort sig i forbindelse med TypeCode, TypeNumber og TypeID: Den objektbaserede model benytter BIM7AA-koder inddelt i flere trin, hvor der anvendes TypeID, TypeCode og TypeNumber:

- BIM7AATypeID: 224001
- TypeCode er nummeret fra BIM7AA-koden som BIM7AATypeCode: 224
- TypeNumber er løbenummeret på BIM7AA-koden BIM7AATypeNumber: 001

Hvis der er flere typer med den samme TypeCode, skal der anvendes flere løbenumre, TypeNumber.
Projektgruppen har med forsøg i Vico Office igennem en iterativ proces udarbejdet inddeling af koder i Excelarket, der fungerer som en skabelon til import, hvor udviklingen fremgår af figur 8.13.
Først har projektgruppen forsøgt at sætte data ind med TypeCode for hver start, hvilket ikke kunne håndteres af Vico Office. Derfor undlades dette i næste forsøg, således TypeCode fremgår en gang for et objekt. Dette viser sig at kunne anvendes i Vico Office. Dog kan der ikke anvendes samme kode for kode 3, idet det ikke kan håndteres af Vico Office ved import af mere end to objekter. Ved importering af samme entitet i en kode, såsom 1 og 1, vil det andet 1-tal få oprettet "1 (1)"i Vico Office.
Derfor anvendes koden, der fremgår til sidst i figur 8.13.

224	
	001
224	
	002

224	
	001
	002

224	
	003
	004

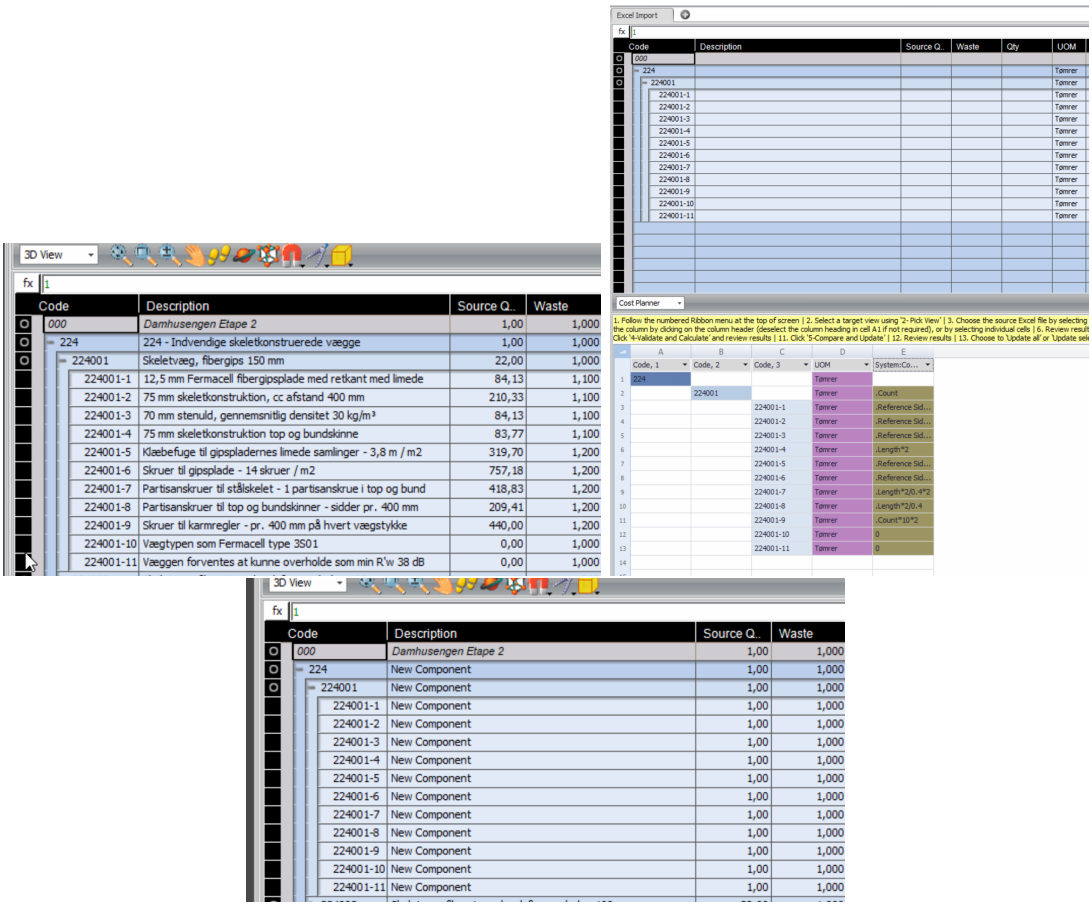
224		
	001	1
		2
		3
		4

224		
	001	224001-1
		224001-2
		224001-3
		224001-4

Figur 8.13: Af figuren fremgår forløbet med udviklingen af opstillingen af koder i Excel ark, der anvendes som import i Vico Office.

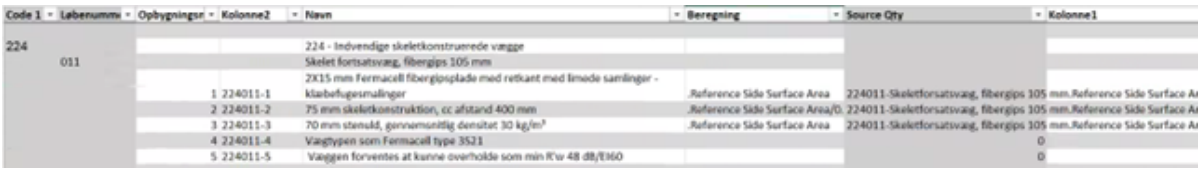
Tilpasning af Excel til importering

Projektgruppen kan ved import af flere Excelark i Vico Office konstatere, at nye Excelark erstattes med nye kode 1, 2 eller 3 tilføjet til importeringen. Dermed er der mulighed for at importere flere Excelark. De nye elementer med unikke kode 1, 2 eller 3, vil lægge sig som nye linjer i mængdeudtrækket. Hvis linjer med eksisterende kode 1, 2 og 3 ikke har en beskrivelse, vil nye linjer importeres og få navnet *New component* under Description, hvilket fremgår af figur 8.14.



Figur 8.14: Af figuren fremgår, hvorledes et ny komponent med kode 1, 2 og 3 uden beskrivelse vil fremgå i Vico Office ved importering af excelark for eksisterende rækker.

For at opdatere en linje via Excelark, skal kode 1, 2 og 3 være ens. Dermed aktiveres den linje og ændringer kan foretages i Excelarket. Ændringerne kan stå i alle andre kolonner end koderne eksempelvis kan Excelarket opstilles, som vist i figur 8.15 for opdatering af linjer i mængdeudtrækket.



Figur 8.15: Af figuren fremgår, hvorledes Excelarket skal opstilles i tilfælde af, at der skal indsættes et nyt materiale til import i Vico Office.

Kode-opstilling

I forhold til BIM7AA-koderne i Excelarket, skal hver linje have en unik kode. Niveauet af koden afhænger af placering i kolonnen for kode 1, 2 eller 3. Eksempelvis skal der ikke angives logisk niveau 2 kode hele vejen ned i kolonnen i Excelarket, da Vico Office ikke kan håndtere dette. I stedet skal denne kode kun angives en gang, som fremgår af figur 8.16. Dette er specifikt for Vico Office.

224			224 - Indvendige skeletkonstruerede vægge
	224001		Skeletvæg, fibergips 150 mm
		224001-1	12,5 mm Fermacell fibergipsplade med retkant mec
		224001-2	75 mm skeletkonstruktion, cc afstand 400 mm
		224001-3	70 mm stenuld, gennemsnitlig densitet 30 kg/m³
		224001-4	75 mm skeletkonstruktion top og bundskinne
		224001-5	Klæbefuge til gipspladernes limede samlinger - 3,8 r
		224001-6	Skruer til gipsplade - 14 skruer / m2
		224001-7	Partisanskruer til stålskelet - 1 partisanskrue i top o
		224001-8	Partisanskruer til top og bundskinner - sidder pr. 4(
		224001-9	Skruer til karmregler - pr. 400 mm på hvert vægstyk
		224001-10	Vægtypen som Fermacell type 3S01
		224001-11	Væggen forventes at kunne overholde som min R'w
	224002		Skeletvæg fibergips m krydsfinerunderlag 100mm
		224002-1	12,5 mm Fermacell fibergipsplade med retkant mec
		224002-2	75 mm skeletkonstruktion, cc afstand 600 mm
		224002-3	75 mm skeletkonstruktion top og bundskinne

Figur 8.16: Af figuren fremgår opstillingen af dataarket i Excelarket, som importeres direkte ind i Vico Office. Bemærk opstillingen af koder i dataarket.

Koder på instanceniveau eller på TypeID-niveau

En anden begrænsning, der har påvirket opstillingen af Excelarket er, at der i aktivitetslisten for nogle døre er blevet lavet en eksportering, som er mindre detaljeret end det nødvendige for typer af døre. Dørene er kodet med en instanceniveau, som beskriver brand- og lydkrav. Specifikke egenskaber er dog ikke kommet med i mængdeudtrækket på aktivitetslisten til BIM7AA-koden. Dermed er det nødvendigt at håndtere en øget detaljeringsgrad ved et Revit-mængdeudtræk, om den skal være på instanceniveau eller på TypeID-niveau, som svarer til bygningsdelstype. Projektgruppen oplevede denne fejl ved at TypeID for to døre var ens i aktivitetslisten, men at en af beskrivelserne specificerede brand- og/eller lydkrav til døren. At foretage et mængdeudtræk kun baseret på TypeID, ville skabe fejl på dørene, idet BIM7AA-koden ikke tager hensyn til instancevariationen.

Navngivning af beskrivelseskolonnen i Description-kolonnen

Herudover har projektgruppen undersøgt, om andre typer af koder kan anvendes i løsningsforslaget. Projektgruppen har gennem forsøg fundet frem til, at navngivningen af objekterne ikke har nogen påvirkning på mængdeudtrækket i Vico Office. Indhold i Description-kolonnen kan defineres med alle tegn så længe, at TOI-Builderens navn og importnavnet i SourceQty er den samme, således Vico Office kan finde mængden tilhørende til objektet.Vico Office differentier dog i koderne helt ned til blokbogstaver, som Vico Office er sensitiv overfor. I løsningsforslaget vælges opdelingen af koderne således:

- Kode 1: Type af opbygning (typekode i BIM7AA) (eksempelvis 224)
- Kode 2: Unik bygningstype (Typenummer til type opbygning i BIM7AA) (eksempelvis 224-001)
- Kode 3: Opbygning af unik bygningstype til materialeniveau (eksempelvis 224-001-1)

For at kunne benytte andre kodningstyper kræves det, at der kan laves en lignende logisk opbygning til samme detaljeniveau.

8.9.1 Opmålingsregler

I Vico Office angives der for hvert objekt en fane med opmålingsregler, der er afhængig af objektet. Dette giver en begrænsning i, hvordan mængder for forskellige objekter kan beregnes i Vico Office.
De forskellige opmålingsmuligheder beskrives i bilag J.

8.9.2 Processer

I Vico Office kan mængdeudtrækket for hvert objekt defineres i forhold til lokationen i modellen, idet der importeres en objektbaseret 3D-model. Mængdeudtrækket afhænger af, hvordan hver objekt i modellen er kodet.
Mængdeudtrækket kobles til en lokation ud fra den lokationsopdeling, som der defineres i Vico Offices *Location Manager*. Lokationerne defineres i Vico Office, hvor lokationsopdelingen er muligt at foretage vandret, lodret og i mindre lokationer. Den vandrette inddeling foretages ved at definere et interval for etagehøjden, hvormed der kan defineres stue, første og anden sal samt tagetage.

Baseret på en analyse af byggefaserne i det strategiske partnerskab har projektgruppen undersøgt, hvorledes informationen for hvert objekt i aktivitetslisten kan gøres mere specifikt, som samtidigt kan anvendes i Vico Office. Her har projektgruppen gennem forsøg kommet frem til, at for mængdeudtrækket vil være effektivt, hvis produkttypen for hvert objekt angives til slut, som anvist i figur 8.17 med en rød firkant.

[24]	224004 Skeletvæg fibergips m krydsfinerunderlag 115mm	1,00	1,000
[25]	2 x 12,5 mm Fermacell fibergipsplade med retkant med limede samlinger - klæbefugesmalinger Fermacell type 1521	480,91	1,000
[26]	15 mm krydsfinerunderlag mod ophængsflade	240,46	1,000
[27]	75 mm skeletkonstruktion, cc afstand 600 mm	400,76	1,000
[32]	75 mm skeletkonstruktion top og bundskinne	159,31	1,000
[28]	70 mm stenuld, gennemsnitlig densitet 30 kg/m³	240,46	1,000
[31]	Væggen forventes at kunne overholde som min R'w 48 dB / EI60	0,00	1,000
[57]	Antal dørhuller	9,00	1,000
[33]	224005 Skeletforsatsvæg i vådrum, fibergips 90 mm	1,00	1,000
[40]	224006 Skeletvæg i vådrum, fibergips 102,5 mm	1,00	1,000

Figur 8.17: Af figuren fremgår hvorledes projektgruppen vurder, at produktspecifikke informationer angives i Exccelarket til import i Vico Office.

8.9.3 Aktivitetslisten til Vico Office

For at kunne lave et mængdeudtræk kræves, at opbygningen i aktivitetslisten dekonstruerer sammensatte elementer, som består af flere delkomponenter. Delkomponenterne skal kunne stå alene i en produktkode således, at alle produkter af samme type kan lægges sammen. Dermed kan materialer af samme type summeres for hele byggeriet.

Idet projektgruppen i de indledende byggefaser i det strategiske partnerskab kun er interesseret i en samlet mængdeudtræk per type bygningsdel, er det fra projektgruppens perspektiv relevant, at objekter der går igen i en bygningsdel summeres så eksempelvis en let indervæg af gips på begge sider af et træskelet, som er angivet således i aktivitetslisten for typen *224004 Skeletvæg fibergips m. krydsfinerunderlag 115mm* :

- 12,5mm fermacell fibergipsplade

- 15mmm krydsfinerunderlag
- 75mm skeletkonstruktion cc afstand 600mm
- 75mm skeletkonstruktion top og bung, 70mm stenuld
- 12,5mm fermacell fibergipsplade

I stedet angives således:

- 2 x 12,5mm fermacell fibergipsplade
- 15mmm krydsfinerunderlag
- 75mm skeletkonstruktion cc afstand 600mm
- 75mm skeletkonstruktion top og bung, 70mm stenuld

Men i takt med opstilling af løsningsforslaget, vurderer projektgruppen dog, at dette giver anledning til udfordringer ved sammensætningen til pakkeløsninger.
Derudover er aktivitetslisten opstillet i en samlet kolonne for hvert objekt, hvilket gør import af Excelarket besværligt. For at gøre processen nemmere, ville det for importfunktionen være bedre, hvis aktivitetslisten kunne opdeles i selvstændige kolonner for hvert element i det sammensatte element, som vist i figur 8.18, således dobbelthåndtering undgås.

Figur 8.18: Af figuren fremgår hvorledes aktivitetslisten kan inddeles for at undgå dobbelthåndtering ved opstilling af Excelarket, der skal importeres i Vico Office.

Dog ser projektgruppen muligheder for at mindske denne dobbelthåndtering, ved at rådgiverne anvender standardopbygninger af sammensatte elementer. Dermed vil en standardopbygning kunne laves i en skabelon, som dermed nemt vil kunne indsættes til Excelarket til importering i Vico Office.

På nuværende tidspunkt baseres mængdeudtræk i casestudiet på udtræk fra Revit modeller, der er kodet med BIM7AA-koder. I aktivitetslisten fremgår BIM7AA-koder sammen med arbejdsbeskrivelser, der angiver, hvilke materialer, der skal installeres i bygningen samt i hvilken rækkefølge.
Kalkulationsafdelingen benytter mængdeudtrækket til at indhente tilbud hos leverandører og UE. Blandt andre anvendes en landsdækkende leverandør til at indhente tilbud og levere materialer i udførelsesfasen. I udførelsesfasen af byggeprojektet er vigtige informationer for leverandøren til ordrerhåndtering leverancedato, adresse/lokation, hvad der skal leveres og mængder samt oplysninger for kontaktperson.
I forsøg på at inkorporere informationer om materialer og produkter i Vico Office, er projektgruppen blevet gjort opmærksom på nogle begrænsninger og muligheder. Begrænsningerne kommer af blandt af, at flere aktører ikke kan arbejde sammen med samme projekt uden, at der skal importeres et eksternt dokument, Excelark. Derudover er der begrænsninger i, hvorledes koderne for hvert materiale opstilles i Excelarket og opmålingsregler, der afhænger af objektets opbygning. Dog findes der også muligheder i programmet som lokationsopdeling, mængdeudtræk og inkorporering af brugerdefinerede tags til mængdeudtrækket.

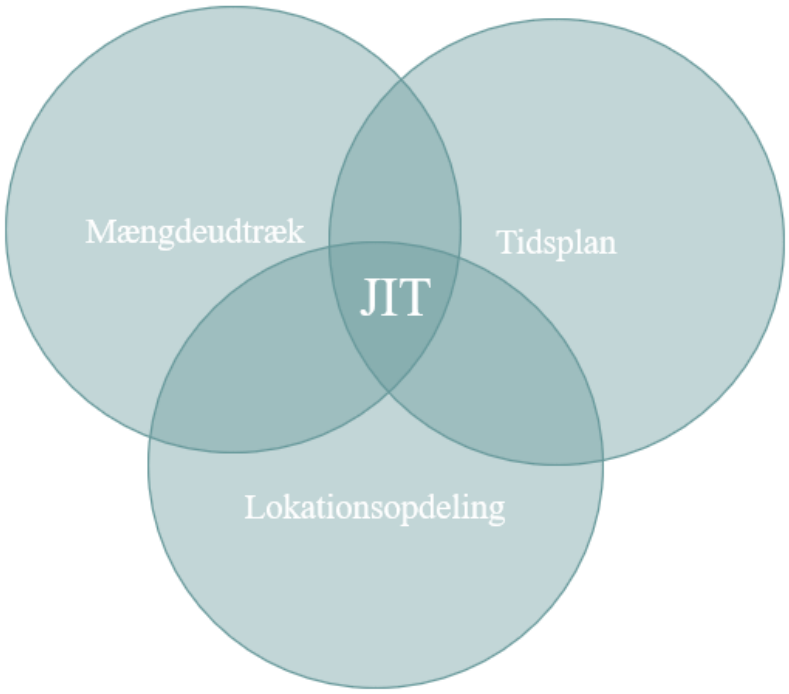
9 | Resultater fra analysen

I dette kapitel opstilles resultaterne af analysen i kapitel 7 og 8. Resultaterne skal danne grundlag for det opstillede løsningsforslag, der er konkret for det strategiske partnerskab og generaliseringen til den resterende bygge- og anlægsbranche.

For at opstille et praktisk og godt løsningsforslag fastlægges resultaterne af foretagede analyser i dette kapitel. Resultaterne fra analysen af eksisterende litteratur og teori om JIT, mængdeudtræk fra digitale 3D-modeller, leverancer og lovmæssige samt regulative forhold benyttes som grundlag for løsningsforslaget.

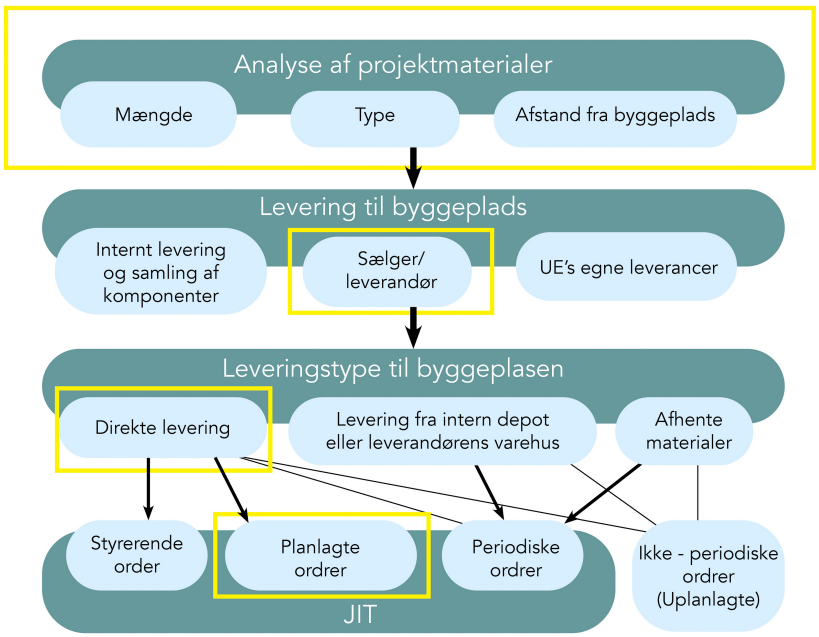
9.1 JIT i bygge- og anlægsbranchen

Generelt kan JIT defineres som levering af materialer i den rigtige mængde, kvalitet og lokation til den rette tid (Monden, 2012; Phan og Matsui, 2010; Yan Dong og Dresner, 2001; Ang og Low, 2003). Pheng og Hui (1998) og Ang og Low (2003) definerer, at JIT-leverancer kan foretages maksimal to dage før installation af materialet i byggeriet, hvilket sætter en begrænsning for, hvor tidligt et materiale må leveres for, at det kan opfattes som en JIT-leverance. Der er dermed mulighed for lokale lagrer på byggepladsen. For at kunne opnå dette kræver det, at der findes nogle informationer til at opsætte JIT-leverancerne. Disse informationer er mængdeudtræk, tidsplan og lokationsopdeling. Når disse tre kombineres er der potentiale for at lave JIT-leverancer, som det fremgår af figur 9.1.



Figur 9.1: Af figuren fremgår hvilke informationer projektgruppen ser, at der skal til at for kunne lave JIT-leverancer.

Derudover er der en begrænsning for hvilke materialer, der kan foretages JIT på fra en entreprenørs perspektiv. I dette projekt fokuseres der på materialer, der kategoriseres som planlagte ordrer, der produceres og leveres out-of-house af en leverandør, som er landsdækkende. Når en leverandør er landsdækkende er kan der indgås et samarbejde uanset lokation indenfor landets grænser. Fokus for projektet illustreres i figur 9.2. På figur 9.2 fremgår det af de gule firkanter, hvilke type materialer, som der opstilles JIT-leverancer baseret på digitalt mængdeudtræk på.



Figur 9.2: Af materialerfor i det opstillede løsningsforslag. Materialerne der tages højde for, er markeret med en gul firkant. Figuren er udarbejdet med inspiration fra Akintoye (1994).

9.1.1 Kanban

I teorien beskrives Kanban som mekanikken bag JIT, således at materialeflowet og arbejdsflowet kan være kontinuert. I bygge- og anlægsbranchen er størstedelen af arbejdet installation direkte i bygningen i den rigtige rækkefølge. Det er i stedet bestillingsmængden, tidspunktet og lokation, som er mest relevant for bygge- og anlægsbranchen. Derfor kunne der argumenteres for, at kanbans på byggepladsen kun ville skabe mere unødigt papirarbejde end værdi. Dog kunne et digitalt system overvejes, som har indbygget de mekanismen for kanbans.

Projektgruppen vurderer, at der i dette projekt kan gøres brug af fire typer kanbans: den trækkende kanban, signalkanban, produktionsordrerkanban og leverandørkanban. Derudover skal produktionsbehovsprognosen også anvendes som en løbende kommunikation til leverandøren.

9.2 Strategiske partnerskaber

Akintoye (1994) konstaterer, at JIT kan foretages på alle typer byggeprojekter, idet indkøb og samme arbejdsprocesser gentages, selvom byggerierne er arkitektonisk forskelligt.
Dette er dog langt fra, hvad ingeniører tilkendegiver i undersøgelsen foretaget af Bygherrefor-

eningen og Molio (2020), hvor unikheden i hvert byggeprojekt gør det besværligt at foretage mængdeudtræk og opstille standarder herfor. Dette oplever bygherren også, hvor manglende ensartethed i byggeprojekter og bygningsmodeller medfører ikke retvisende mængdeudtræk (Bygherreforeningen og Molio, 2020).

Der findes dog en samarbejdsform indenfor byggerier, som medfører en vis form for gentagelse i projekterne. Dette opleves ifølge Værdibyg og REBUS (2021a,b), hvor en række ensartet projekter udbydes i en portefølje, der gør optimering af processer muligt og IT-systemer er fælles, hvor blandt andet 3D-modellen stilles til rådighed for alle parter. Fælles for byggeprojekterne i porteføljen er, at alle byggeprojekter optegnes i objektbaseret 3D-modeller. Dette gælder for alle strategiske partnerskaber, som det beskrives i afsnit 7.6.2. Dette er en forudsætning for effektivt at kunne anvende løsningsforslaget på flere end blot et projekt.

9.3 Digitale bygningsmodeller

Baseret på analysen vedrørende mængdeudtræk, fastslår Monteiro og Martins (2013), at mængdeudtræk er mest retvisende at foretage digitalt. Dermed kan fortolkninger undgås og der kan yderligere inkorporeres informationer for hvert objekt i modellen. For at undgå fortolkninger og tidsbesparelser er det ligeledes vigtigt, at mængdeudtræk foretages gennem en objektbaseret 3D-model, hvor alle aktører har adgang til 3D-modellen for projektet. Derfor skal der foretages mængdeudtræk baseret på 3D-modeller.

Lovmæssige og regulative forhold for mængdeudtræk i bygge- og anlægsbranchen

Digitale bygningsmodeller er også noget, der vendes i AB18, ABR18 og ABT18, samt IKT-bekendtgørelsen, hvor der fra rådgivernes side opstår en vis utryghed i brugen af udbud med mængder.
Resultatet af AB18, ABR18 og ABT18 er uklare ansvarsfordelinger, manglende standarder for regneregler for mængdeudtræk, der gør, at rådgivere ikke er tilbøjelig til at bruge det. Altså skal der for opstillingen af et løsningsforslag, tages højde for standard regneregler for bygningsmaterialer og klare regler for, hvordan og hvorledes mængdeudtræk og regneregler skal anvendes i det opstillede løsningsforslag.
Derudover er det vigtigt, at krav til bygningsmodellerne aftales allerede fra starten af et byggeprojekt i forbindelse med IKT-manualen, som der også lægges op til i IKT-bekendtgørelsen og Ydelsesbeskrivelser.

Kodningen i 3D bygningsmodeller

I forhold til den objektbaserede 3D-model skal alle objekter kodes ensartet. Kodningen skal gøre det muligt at identificere det logiske hierarki for en opbygning og gøre det muligt at anvende løbenumre for elementer i samme kategori. Som det beskrives i afsnit 6.7, kan der anvendes forskellige typer af koder i forbindelse med brugen af Vico Office. Kodningen skal være opbygget med et hierarki således, der kan foretages en opdeling af sammensatte elementer i logiske hierarkier. Niveauerne er forklarende og knyttes til et højere hierarkiniveau, som også beskrives i afsnit 6.7.

Excelark til import

I afsnit 8.9 beskrives, hvordan Excelarket til importering i Vico Office skal opsættes, samt hvilke udfordringer der kan forekomme. Excelarket er udarbejdet på baggrund af aktivitetslisten, som beskriver opbygningen af de sammensatte elementer.

9.4 Aktivitetsrækkefølge

Opbygningen og rækkefølgen for installationen af et materiale skal være forskrevet enten i en aktivitetsliste og/eller i 3D-modellen.
I det strategiske partnerskab udarbejdes aktivitetslisten af arkitekter, hvilket med fordel kan fortsættes.
I kapitel 8 fremgår det, at opbygningen og rækkefølgen af installationen af materialer i byggeriet simplificeres for at forudsætte gnindningsfrie materiale- og arbejdsflows. Standardiseringen og simplificeringen af bygningsdele skal desuden standardiseres så meget som muligt i projekteringsfasen. Her skal der ifølge Foreningen af Rådgivende Ingeniører og Danske Arkitektvirksomheder (2018) lægges vægt på, at standardiseringen og simplificeringen skal angives produktneutralt i de indledende faser indtil, der skal foretages indkøb. Se mere herom i afsnit 7.4.

JIT tidsplaner

For muliggørelsen af JIT-leverancer, er det vigtigt, at leveranceplaner baseres på LBT og LPS, der henholdsvis sørger for rettidige leverancer på henholdsvis de rigtige lokationer og justering af leveranceplaner i forhold til aktuelle forbrugsniveau. Gennem LPS kontrolleres aktiviteternes fremskridt og sikre en kontinuert medarbejderinvovlering i byggeprojektet.

9.5 Leveranceplaner

Leveranceplaner er baseret på det digitale mængdeudtrækket og tidsplanen for byggeprojektet. Ved at anvende PowerQuery, er det muligt at opsætte data som ønsket. Ud fra mødet med en leverandør fremgår det, at kravene til en leveranceplan kan opsummeres med nedenstående punkter:

- Leveringsdato
- Adresse/lokation som ordrerne skal leveres på
- Kontaktperson for ordren
- Materialer og mængder

Derfor er det nødvendigt, at disse informationer i leveranceplanen er tilgængelig, når det sendes til leverandøren. Dog ser projektgruppen, at det er bedst at anvende kanbans til at afkalde leverancer. Dette beskrives yderligere i afsnit 8.2.1.

9.6 Processer i det strategiske partnerskab

Projektgruppen ser mulighed for at anvende mængdeudtrækket i flere faser af et byggeprojekt: Projekteringsfasen og Udførelsesfasen. I projekteringsfasen kan mængdeudtrækket anvendes til prissætning af bygningsdele. I udførelsesfasen anvendes mængdeudtrækket sammen med tidsplaner som leveranceplan til at bestille leverancer ud fra.

Under projekteringsfasen øges detaljeringsgraden gradvist og dermed kan mængdeudtrækket også på samme måde blive mere detaljeret. Lige efter projekteringsfasen vil det også være muligt for indkøbsafdelingen at bidrage til lave gode aftaler med leverandøren. Dermed skal byggeledelsen ikke selv til at forhandle med leverandøren, hvormed deres fokus kan være på andre værdiskabende aktiviteter i udførelsesfasen.
På byggeprojekter udenfor strategiske partnerskaber må der på baggrund af kapitel 7 ikke fremgå produktspecifikke mængdeudtræk i de indledende faser, hvorfor mængdeudtrækket skal angives i enheder, der er produktneutrale. Dog kan må der ved indkøb anvende mængdeudtræk med højere detaleringsniveau, der er produktspecifikt.

JIT-leverancer kan foretages i bygge- og anlægsbranchen ved at tage benytte trækkende kanban, produktionsordrer kanban, signal kanban og leverandør kanban, hvortil der også skal gøres brug af produktionsdelsbehovsprognose skemaer. Disse kanbans kan benyttes på specifikke materialer, hvoraf der i dette projekt fokuseres på planlagte ordrer.
For at muligøre JIT-leverancer vil det være fordelagtigt, at materialer og/eller projekter ensartes, hvormed der er gentagelsesmuligheder, hvilket savnes af aktører i bygge- og anlægsbranchen for at kunne foretages retvisende digitale mængdeudtræk baseret på standarder for opmålingsregler.
Digitale mængdeudtræk er muligt, hvis der benyttes objektbaseret 3D-modeller, der kodes med logiske hierarkier, der gør det muligt at dekonstruere sammensatte elementer. Derudover skal der være angive en installationsrækkefølge for materialerne, som skal sammenkobles med LBT. Disse skal anvendes til udarbejdelsen af leveranceplaner, der indeholder oplysninger om: leveringsdato, lokation, materialebehov herunder type og mængder.

10 | Løsningsforslag

I dette kapitel beskrives løsningsforslaget, der muliggør JIT-leverancer til casestudiet baseret på mængdeudtræk i Vico Office. Forslaget tager udgangspunkt i foretagede analyser og litteraturstudiet.

For at muliggøre JIT-leverancer baseret på mængdeudtræk, opstilles løsningsforslaget beskrevet i afsnit 10.3. Løsningsforslaget beskrives ved at anvende trinene *Vision* for processen og *Storyboarding* i Kontekstuel Design, som uddybes i afsnit 10.1 og 10.4.

10.1 Vision for JIT-leverancer ved mængdeudtræk

I dette afsnit beskrives visionen for løsningsforslaget. Ikke alle visioner vil kunne realiseres på nuværende tidspunkt, men beskriver mulige visioner for byggeprojektet i strategiske partnerskaber, som affødes af anvendelsen af løsningsforslaget over længere tid og en implementeringsproces. Der tages udgangspunkt i et strategisk partnerskab som udgangspunkt, idet der findes nogle klare fordele ved den samarbejdsform. Samarbejdsformen gør det muligt at have en fælles IT-platform og et fælles incitament til at få projekterne i det strategiske partnerskab til at lykkedes. Dette beskrives yderligere i afsnit 7.6.

Visionerne er dannet på baggrund af litteraturstudiet, den indledende analyse og analyser af bestemte vilkår for en mængdeudtræksproces til leveranceplan.

Visionerne for løsningsforslaget og afledte visioner ved anvendelsen af løsningen opstilles herunder. Aktuelle visioner:

- Mulighed for at gøre periodiske og ikke-periodiske ordre til planlagte ordre
- Effektivt mængdeudtræk baseret på standardopbygninger fra rådgiverne til effektivt mængdeudtræk fra bygningsmodeller til effektiv udarbejdelse af leveranceplan.
- Alle projekter kodes logisk hierarkisk.
- Alle sammensatte elementer beskrives entydigt og forståeligt.
- Muliggør brugen af kanban på byggepladsen
- Effektiv administrativ håndtering af leverancer ved kanban og leveranceplan.
- Udviklende og effektiviserende samarbejde med andre interessenter i bygge- og anlægsbranchen som leverandører, rådgivere og arkitekter med en fællesforståelse.
- Implementering af LEAN-processer på byggepladser.
- Anvendelse af JIT på byggepladsen i større omfang end i dag.
- Overholdelse af alle regler i love og regulativer.
- Byggeledelsen og kalkulationen kan forstå og aflæse mængdeudtræk og leveranceplaner
- Mængdeudtrækket skal kunne eksporteres, så det kan anvendes til videre opsætning til en leveranceplan

Visioner på længere sigt:

- Mulighed for længerevarende samarbejde med en leverandør, der gør begge partere mere konkurrencedygtige.
- Byggeledelsen og kalkulation kan håndtere, forstå og tilpasse leveranceplanen.

- På længere sigt kan gode erfaringer i forbindelse med installation af materialer samles et sted og udbredes til andre byggeprojekter. For nærmere beskrivelse herom se afsnit 10.2.

Dette er visionerne for løsningen.
Løsningsforslaget er opstillet på baggrund af resultater fra literaturstudiet, analysen af nuværende processer i det strategiske partnerskab og udfordringer samt muligheder i Vico Office, der både danner grundlaget og forudsætningerne for løsningsforslaget. Grundlaget og forudsætningerne for løsningsforslaget beskrives i det følgende.

Grundlaget for løsningsforslaget

Løsningsforslaget baseres på procesanalyser, der fremgår af afsnit 8.5. Løsningsforslaget er forsøgt at gøre muligt i praksis ved at basere det på interviews, observationer og forsøg i Vico Office. Dette gøres, idet løsningsforslaget skal integreres som en del af processerne i det strategiske partnerskab. Derfor baseres løsningsforslagets storyboarding på, hvordan en sådan proces kunne fungere i praksis i det strategiske partnerskab fra projekteringsfasen til udførselsfasen.

10.2 Forudsætninger for løsningsforslaget

Løsningsforslaget baseres på resultaterne af analyserne, der fremgår af kapitel 8. I de følgende afsnit beskrives konkrete valg, der også er forudsætninger for løsningsforslaget.

Strategiske partnerskaber

Løsningsforslaget tager udgangspunkt i et byggeprojekt i det strategiske partnerskab, hvor løsningen kan anvendes af entreprenøren i konsortiet. I konsortiet er der udbudt en portefølje af projekter, der omfatter samme type af byggerier, hvormed der er en vis form for ensartethed i porteføljen. Dette er en forudsætning for effektivt at kunne anvende løsningsforslaget på flere end blot et byggeprojekt.

Adgang til 3D-modellen

Et af grundstenene i løsningsforslaget er digitalt mængdeudtræk, der forudsætter en objektbaseret 3D-model af byggeriet. 3D-modellen anvendes af samtlige aktører i det strategiske partnerskab.

I det strategiske partnerskab, er der et fælles drev, hvor alle har adgang til alle filer, herunder også en objektbaseret 3D-model for byggeprojekter i porteføljen.

Standardiseret kodning

I dette løsningsforslag anvendes BIM7AA-kodningen, som er beskrevet i afsnit 6.7.1. BIM7AA-koden anvendes idet, det er denne kodning, der er anvendt af arkitekterne i casestudiet. Kodningen bruges også i udarbejdelsen af aktivitetslisten.Denne kodning har en hierarkisk opbygning, som medfører, at sammensatte elementer kan kodes. Dog anvendes der i dette løsningsforslag ikke det logiske niveau 1, idet detaljeringsniveauet ikke kræver anvendelse af dette. Ved modeller med flere typer sammensatte elementer kan logisk niveau 1 med fordel anvendes. Idet løsningsforslaget ikke kræver dette detaljeringsniveau, anvendes BIM7AA koder på logisk niveau 2; BIM-kode, 224, og niveau 3; BIM-kode med løbenummer, 224-001. Denne kodning indsættes og defineres

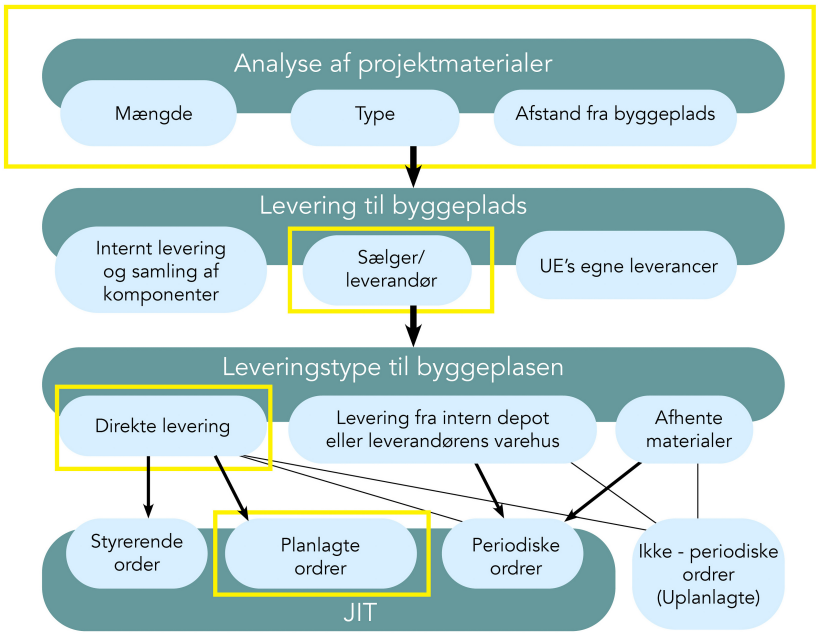
for hvert objekttype i 3D-modellen, hvorfor arkitekten skal kode modellen i projekteringen af modellen.

Opbygningsbeskrivelse - aktivitetslisten

De sammensatte elementers opbygning beskrives i aktivitetslisten. Opbygningen af de sammensatte elementer er et udtræk af Revit, hvilket betyder at rådgiverne indsætter data for opbygningen i bygningsmodellen.

Planlagte ordrer

I henhold til kapitel 8 baseres løsningsforslaget på planlagte ordrer, som er en af de grupper af materialer, som der kan leveres JIT ifølge Akintoye (1994). Det område som løsningsforslaget baseres på fremgår af figur 10.1.



Figur 10.1: Af figuren fremgår, hvilke materialer der tages højde for i det opstillede løsningsforslag. Materialerne, der tages højde for, er markeret med en gul firkant. Figuren er udarbejdet med inspiration fra Akintoye (1994).

I forhold til skruer og søm diskuteres muligheden for at bestille dette som periodiske ordre senere i rapporten.

Indkøb

Mængdeudtræk til JIT leverancer baseres på materialer, der skal indkøbes hos og leveres af en landsdækkende leverandør, hvormed afstanden fra materialestedet til byggepladsen ikke er langt. Leverandøren der tages udgangspunkt i, er også leverandøren, der definerede nødvendige indhold til leveranceplaner i kapitel 8.

Tidsplan

For at muliggøre JIT-leverancer, skal der angives leverancedatoer for hver ordrer, hvilket kræver, at lokationsopdelinger for byggeprojektet er udarbejdet, som beskrevet i afsnit 6.5.
Leverancedatoen faslægges på baggrund af en startdato for hver aktivitet for hver lokation i byggeriet. Derfor er det essentielt, at der anvendes udførelsestidsplaner i form af LBT som tidsplanlægningsværktøj. LBT gør det også muligt at knytte mængder på specifikke aktiviteter på specifikke lokationer, hvoraf leverancedatoen kan defineres. I Vico Office er det muligt at opdele efter lokationerne i LBT i form af etager.

Anvendelsen af aktivitetslisten sammen med LBT medfører, at der opstilles en *trækkende kanban*, idet den definerer rækkefølgen for aktiviteter og installation af materialet samt typen af materiale, der skal installeres.

Projektgruppen er opmærksom på, at der i casestudiets projekterings- og udførelsesfase arbejdes med aktivitetsbaserede tidsplaner, idet aktivitetsbaseret angiver den sekventielle rækkefølge for håndværkeres arbejde i byggeriet. Derfor anbefaler projektgruppen, at en specialist i de første byggeprojekter hjælper med at opsætte en LBT for projekterne således, at det bliver oprettet korrekt første gang.

Mængdeudtræk

Detaljerniveauet for mængdeudtrækket sætter rammerne for, hvordan mængdeudtrækket vil se ud fra byggeprojekt til byggeprojekt. Afhængigt af ønsker fra modtageren, kalkulationsafdelingen og byggeledelsen, og projektets placering i byggefaserne, kan mængdeudtrækket have forskellige udseender. Dog bør der overvejes en standard for mængdedutrækket i de forskellige byggefaser, som kan fastlægges efter, at løsningen har været afprøvet over en længere periode. Detaljeringsniveauet afgør også detaljeringsniveauet i leveranceplanen.

Leveranceplan

Leveranceplanen inddeles i pakker, som baseres på aktiviteten i de pågældende lokationer og mængdeudtrækket. Pakkerne detaljeres yderligere gennem aftale med den aktuelle byggeledelse på det pågældende byggeprojekt.
Inddelingen i pakker afhænger af den enkelte byggeleders valg om opdeling af aktiviteterne. Eksempelvis er der enkelte byggeleder, der installerer flere elementer i forbindelse med *Væg 1. side gips* som 30 cm gips og isolering med *2. side væg*. Derfor skal pakkernes indhold defineres og tilrettelægges i samarbejde med byggeledelsen for den enkelte byggesag. Derved inkorporeres medarbejder og involvering og dette hjælpe med at udbrede gode erfaringer i udførelsesfasen til andre byggeleder.
Udover at inddele pakkerne efter lokation og indhold, defineres den også i forhold til en leverancedato. Dermed opnås JIT-leverancer til definerede lokationer, hvormed dobbelthåndtering undgås. Dette medfører yderligere et gnidningsfrit arbejds- og materialeflow.
Til løbende kontrol af tidsplanen og dermed også leveranceplanen kan LPS kan anvendes. LPS er kun kort nævnt i løsningsforslaget, idet LPS kun anvendes som kontrol ved operationaliseringen af leveranceplanen og skal være med til at sikre et kontinuert arbejdsflow, der forekommer i udførselsfasen. Dette projekt forholder sig dog til faserne inden udførselsfasen.

Leveranceplanen er udarbejdet i databehandlingsprogrammet PowerQuery, idet det er nemt

og effektivt til at manipulere data samt giver mulighed for at lave aktive dashboards, som kalkulationsafdelingen og byggeledelsen senere kan få adgang til. Dashboardet giver kalkulationsafdeling overblik over, hvilke materialer der er foretaget mængdeudtræk på og byggeledelsen mulighed for at vedligeholde leveranceplanen.

For at muliggøre dashboardet, struktureres leveranceplanen, således det både overholder kravene til leveranceplanen defineret af leverandøren, hvilket fremgår af afsnit 8.8, samt er tilpasset til byggeledelsens anvendelse af dashboardet.

Dashboard til overblik

Dashboardet bliver i dette løsningsforslag kun forklaret overfladisk, idet projektets formål er, at muliggøre JIT-leverancer gennem digitale mængdeudtræk. Dog knyttes der nogle ord til denne del af løsningen, idet denne løsning lægger til grund for struktureringen af leveranceplanen. Struktureringen af leveranceplannen og informationer til mængdeudtrækket er defineret i samarbejde med et andet speciale udarbejdet af (Skovbogaard, 2022).Dashboardet operationaliserer mængdeudtrækket til leveranceplan, således leveranceplanen kan anvendes i udførelsesfasen og vedligeholdelse i forhold til det aktuelle forbrugsniveau af byggeledelsen. Af appendiks B fremgår en overfladisk beskrivelse af løsningen med dashboardet, idet dette er udarbejdet af Skovbogaard (2022) og projektgruppen ikke har udviklet det.

Programmer til digitalt mængdeudtræk

Der er valgt tre programmer til mængdeudtræksprocessen for dette løsningsforslag: Revit, Vico Office (og Vico Schedule Planner).
Revit er valgt på baggrund af dets store udbredelse til bygge- og anlægsbranchen (Olsen og Taylor, 2017).
Vico Office er valgt som program, idet projektgruppen er opmærksom på, at programmet kan eksportere lokationsbaserede mængder. Derudover er der muligheder for hierarkiske kodning således, at der findes en logisk opbygning af mængderne i programmet. Derudover er det muligt at udarbejde brugertilpassede rapporter, hvor der kan laves nye kolonner til importering og eksportrapport. Vico Office kan også lave lokationsbaseret tidsplaner på baggrund af mængdeudtrækket.

10.3 Proces for løsningsforslag

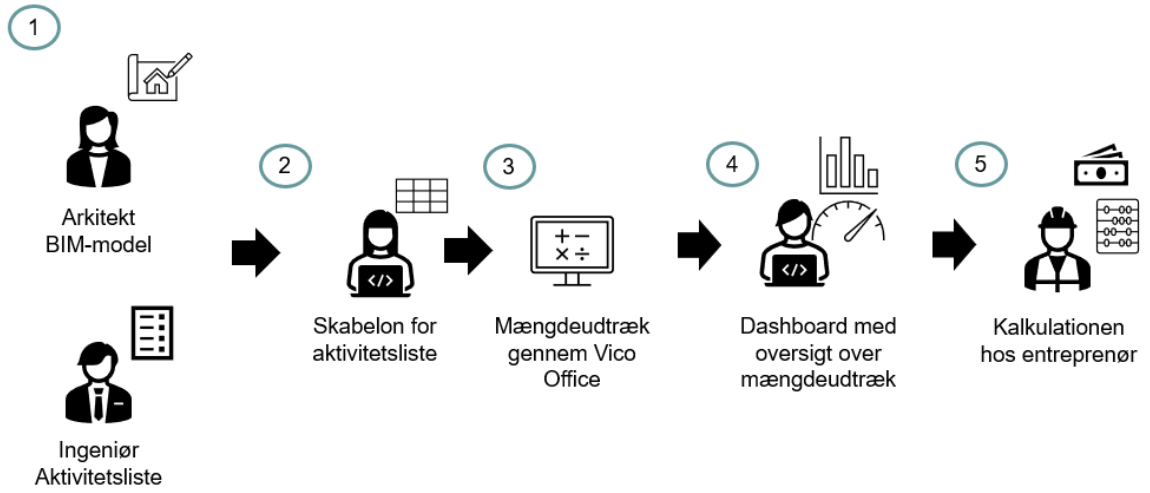
I det følgende beskrives, hvorledes løsningsforslaget skal benyttes med implementering af ovenstående valg, for at muliggøre JIT-leverancer baseret på mængdeudtræk igennem brugen af Revit og Vico Office. Derudover angives der hvilke aktører, som varetager hvilke roller og input i de forskellige faser af byggeprojektet i casestudiet.

Løsningsforslaget tager udgangspunkt i at bygningsmodellen, bliver modelleret i programmet, Revit, og mængdeudtrækket foregår i Vico Office. Dernæst er det muligt at anvende PowerQuery og PowerBI til at håndtere den data, der kommer ud fra mængdeudtrækket sammen med datoer fra den opstillede LBT.

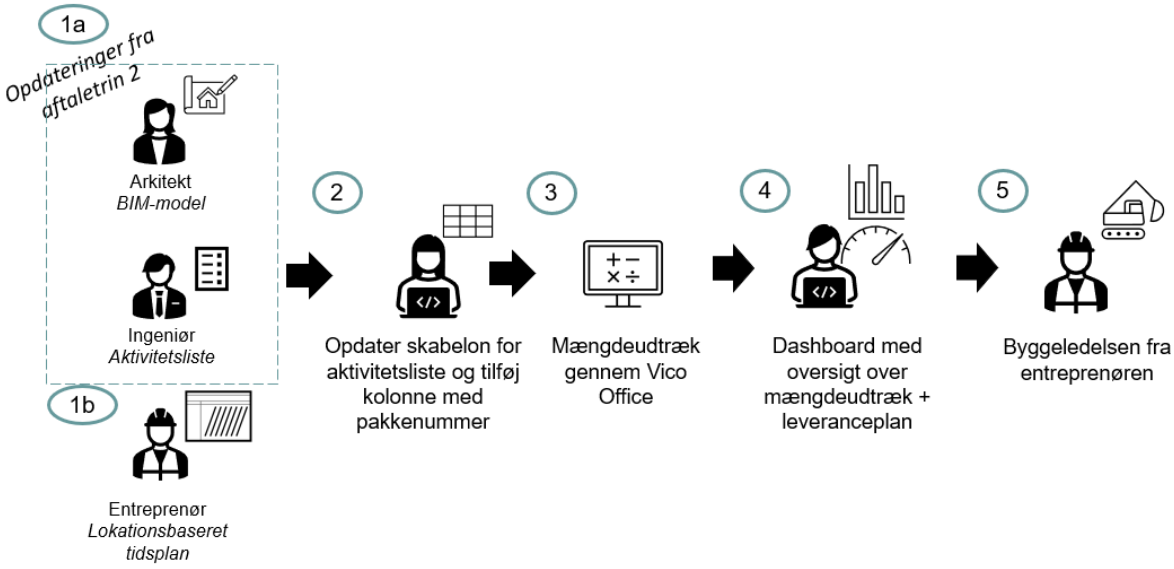
Modellen, der anvendes i casestudiet, laves i en central-model, som bliver detachet, når der skal laves mængdeudtræk. Dermed foretages der et mængdeudtræk på modellen, der eksistere på det

pågældende tidspunkt i projekteringsprocessen. Dermed er det muligt at trække modellen ud i forskellige faser af en projektering.

Af figur 10.2 og 10.3 gengives en kort beskrivelse af processerne for dispositions-, projektforslaget og hovedprojektet.



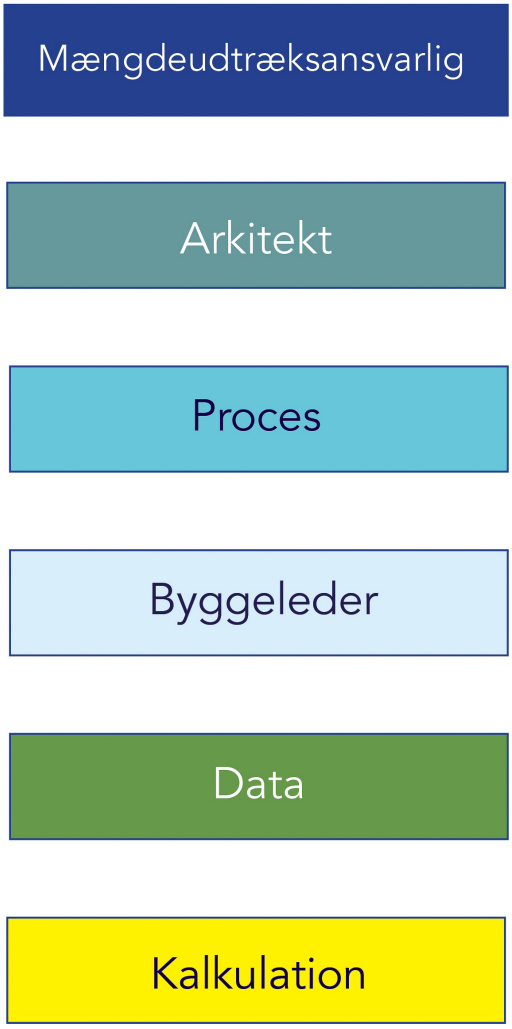
Figur 10.2: Af piktogrammet fremgår processen for dispositionsforslaget, der gentages i projektforslaget.



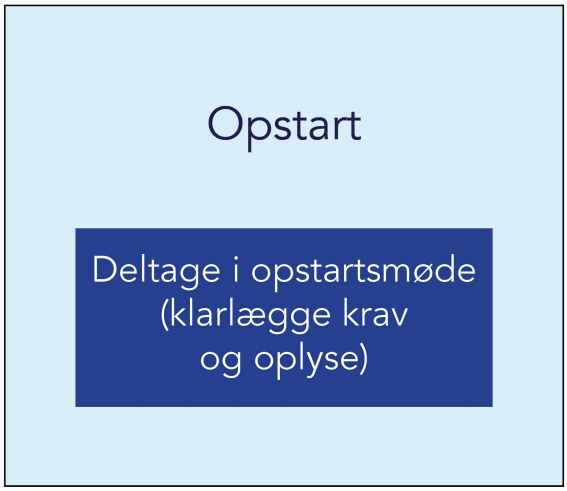
Figur 10.3: Af piktogrammet fremgår processen i slutningen af hovedprojektet kort før sagsoverdragelse finder sted og udføreselsesfasen påbegyndes.

I figur 10.2 og 10.3 beskrives processen i dispositions-, projektforslaget og hovedprojektet overfladisk. For at uddybe underprocesser er input til hver fase opstillet i figur 10.5, 10.6, 10.7 og 10.8.

I figur 10.5 beskriver de forskellige farver, hvad hver aktør i byggeprojektet skal foretage sig under hver fase. Input til de forskellige faser beskrives gennem en procesforklaring.

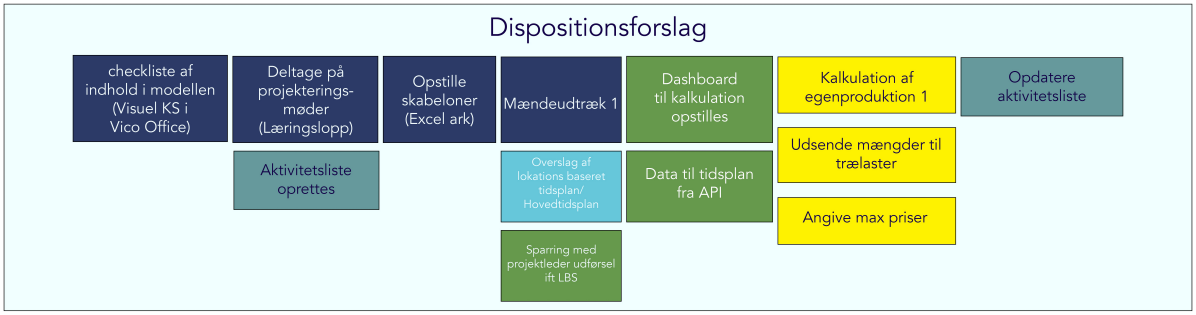


Figur 10.4: Liste over aktører, hvis input er vigtigt for processer i løsningsforslaget, der er gengivet i figur 10.5, 10.6, 10.7 og 10.8

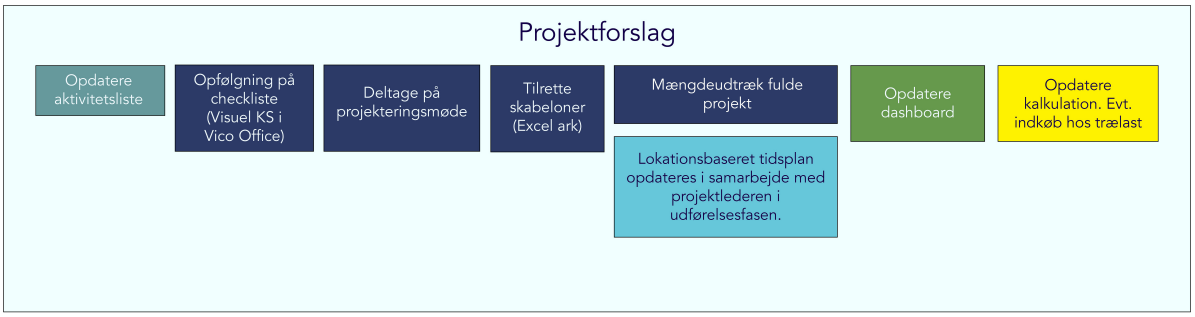


Figur 10.5: Processen for mængdeudtræksteamet i opstartsfasen for et nyt byggeprojekt.

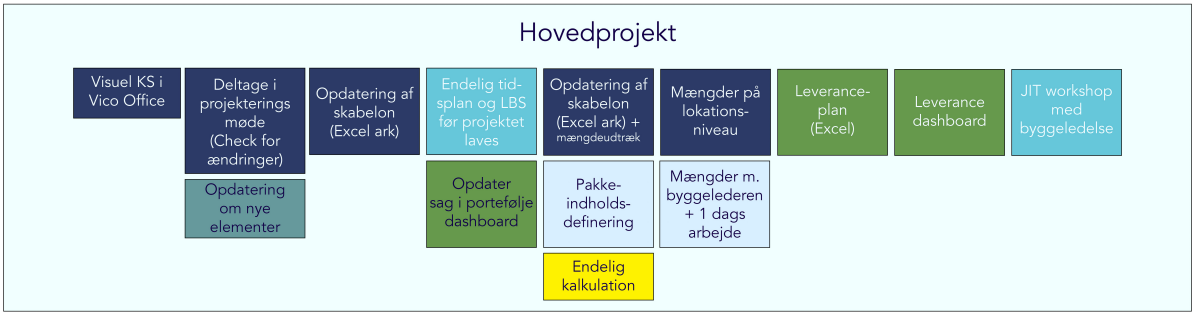
På figur 10.6, 10.7 og 10.8 beskrives processen fra procesfase til procesfase. I hver fase beskrives alle aktiviteter, som projektgruppen mener, er nødvendige for at opnå det mest retvisende mængdeudtræk som muligt. Dette kræver løbende deltagelse på projekteringsmøder og løbende kvalitetssikring af 3D-modellen og aktivitetslisten. Ved projektændringer kan den mængdeudtræksansvarlige gå ind i aktivitetslisten og undersøge om, der er lavet ændringer, som skal implementeres i skabelonen og opdateres i mængdeudtrækket samt dashboardet.



Figur 10.6: Input til mændeudtræksprocessen fra alle nødvendige aktører i dispositionsforslaget.



Figur 10.7: Input til mændeudtræksprocessen fra alle nødvendige aktører i projektsforslaget.

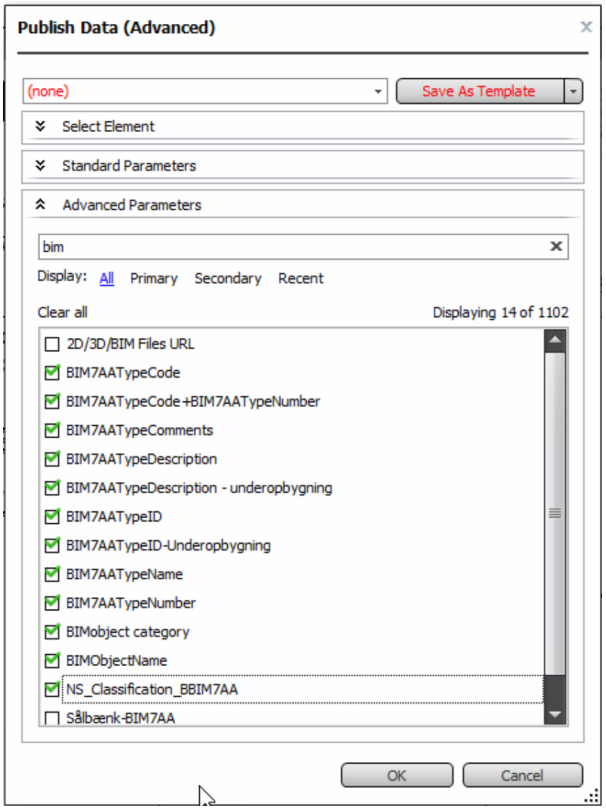


Figur 10.8: Input til mændeudtræksprocessen fra alle nødvendige aktører i hovedprojektet.

10.4 Storyboarding for BIM-baseret mængdeudtræksproces

I dette afsnit beskrives detaljeret, hvorledes JIT-leverancer baseret på digitalt mængdeudtræk, foretages i Vico Office. Der beskrives, hvilke trin den mængdeudtræksansvarlige skal igennem for at kunne foretage et mængdeudtrækket beskrevet i forrige afsnit.
Heri beskrives vigtige dele af et mængdeudtræk, som adskiller sig fra den normale proces i Vico Office. De mere generelle processer for mængdeudtræk i Vico Office beskrives delvist i bilag H.

I forhold til den normale mængdeudtræksproces startes der med at eksportere en 3D-model fra Revit til Vico Office. Dette gøres ved at gå ind i *Add-ins* i Revit og finde muligheden *Publish to Vico Office*, som også kan ses af figur H.1. Inden 3D-modellen overføres til Vico Office er det dog vigtigt at overføre typekodningen fra modellen, som ikke automatisk overføres til Vico Office. Dette gøres ved at trykke på *Advanced* og finde den typekodning, som benyttes i 3D-modellen. Dette fremgår af figur 10.9.



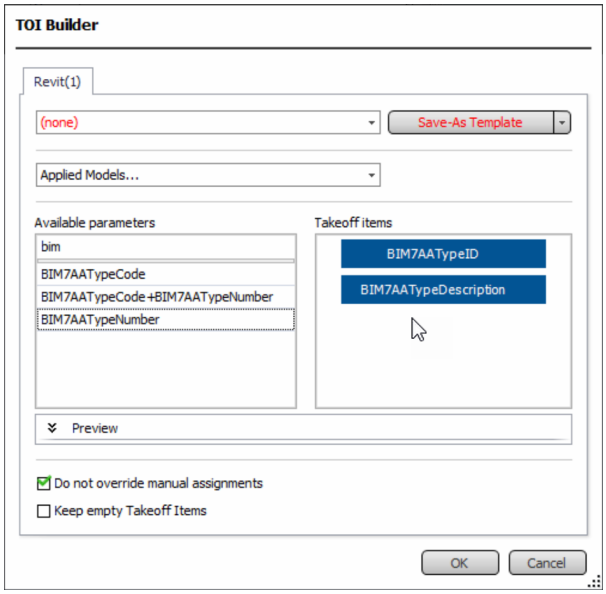
Figur 10.9: Ved importering af revitmodellen til Vico Office kan BIM-notationen overføres ved at afkrydse de properties, som findes i revitmodellen.

Dernæst kan 3D-modellen oprettes i Vico Office, som også kan ses i figur H.2. Dermed er 3D-modellen i Vico Office forbundet med typekodningen, som skal gøre det nemmere at forbinde aktivitetslisten til objekter i 3D-modellen. Herefter aktiveres 3D-modellen i Vico Office, som illustreret i figur H.4.

10.4.1 Lokationsopdeling af 3D modellen

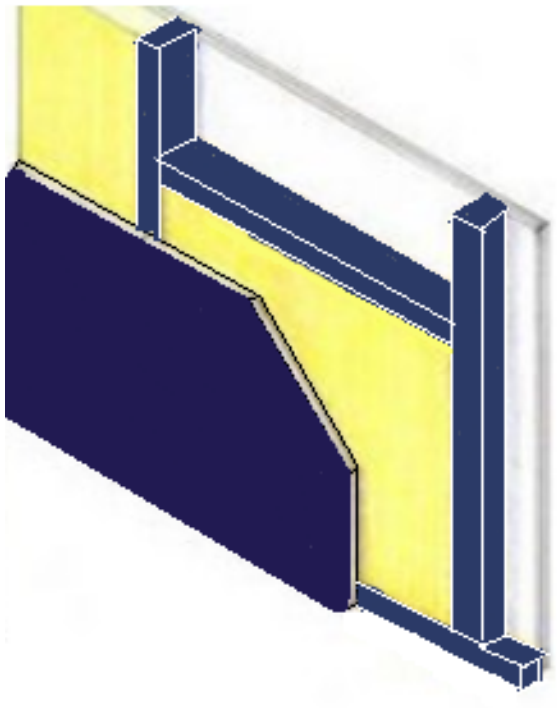
Efter aktiveringen af 3D-modellen i Vico Office skal modellen lokationsopdeles. Opdelingen af modellen skal stemme overens med opdelingen i LBT. Dermed vil pakkerne senere passe til det bestemte lokationer.
Modellen opdeles i lokationer at vælge *Location manager*, hvorefter opdelingen foretages ved at definere etagehøjder. Dernæst aktiveres mængder i modellen ved at vælge *Takeoff & Estimate*. Inden mængderne aktiveres, skal TOI-builderen anvendes til at bestemme på hvilket format, at mængderne skal trækkes ud. Det format, som er valgt i TOI-builderen, skal stemme overens med det navn, der fremgår af Excelarket, der importeres. ID'et skal være ens for, at programmet kan læse hvilket objekt, der er tale om. Det er muligt at opbygge egne TOI-ID ud fra den data,

som findes i modellen. I TOI-builderen findes også de eksporterede typekoder, der også findes i aktivitetslisten. På figur 10.10 fremgår et eksempel på, hvordan TOI-builderen kan opsættes. Ved at angive typekoden først kan mængdeudtræk efterfølgende nemmere overskues. Ved at inkludere beskrivelsen af objektet, kan der foretages kvalitetssikring mellem materialernes ID i aktivitetslisten og modellen.



Figur 10.10: Heraf fremgår TOI-builder og opsætningen for Takeoff & Estimate. Figuren er et screenshot fra Vico Office.

Mængderne i Vico Office udtrækkes baseret på et Excelark, der udarbejdes ud fra aktivitetslisten og opsættes som vist i bilag D. Excelarket opdeler en bygningsdel i objekter på materialeniveau, som gør det muligt at trække en mængde for hvert materiale. Eksempelvis opdeles en indervæg i stålreglar, top- og bundskinner samt gipsplader. Dette er forsøgt afbilledet i figur 10.11
Mængdeudtrækket for de forskellige objekter i bygningsdelen skal opmåles på forskellige måder, hvilket er muligt i Vico Office.



Figur 10.11: Af figuren fremgår en dekonstruktion af en let indervæg, som er den måde en bygningsdel i aktivitetslisten skal dekonstruktueres til i Excelarket til import i Vico Office. Dekonstruktionen skal være i form af gipsplade, isolering og reglar. Figuren er udarbejdet på baggrund af Frederiksen og Jensen (2020)

Excelarket til importering

Excelarket til importering i Vico Office består af et *Hjælpeark* og et *Dataark*, for at gør de forskellige koloner i arket overskueligt.

Dataarket indeholder:

Tabel 10.1: Skabelonkolonner, som anvendes til importering i Vico Office.

Kode 1	Kode 2	Kode 3	Navn	Opmåleregel	Produktkode	Spild	Enhed	Felttype	Pakkenr.

Kode 1, 2 og 3 beskrives i tabel 10.2.

Tabel 10.2: Forklaringe af koder i Excelarket

Kolonne	**Kode 1**	**Kode 2**	**Kode 3**
Beskrivelse	BIM7AA Typekode	BIM7AA TypeID	BIM7AA TypeID - løbenummer
Eksempel	224	224001	224001-1

Koderne i Excelarket baseres på den kode, som anvendes i 3D-modellen. For at forklare opbygningen i koden, anvendes i tabel 10.3 et eksempel med BIM7AA-koden 224001, der definerer en skeletvæg .

Tabel 10.3: Forklaring af navngivning og opmålingsregel i Excelarket

Kolonne	**Navn**	**Opmålingsregel**
Beskrivelse	BIM7AA Beskrivelse (eksporteret fra Revit)	Formel 10.1
Eksempel	224001-Skeletforsatsvæg, fibergips 87,5 mm	224001-Skeletforsatsvæg, fibergips 87,5 mm.Reference Side Surface Area*2

Navnet i datarket skal stemmeoverens med nanvet i Vico Office, idet det er måden, hvorpå computeren kan læse og identificere navnet og dermed objektet.
Opmålingsreglen i tabel 10.3 er opbygget af tre dele, som fremgår af formlen nedenfor:

$$\text{Opmålingsregel} = \text{BIM7AA-TypeID} + \text{Beskrivelse} + \text{Opmåling fra Vico Office} + \text{faktor} \quad (10.1)$$

Navnet, der benyttes i opmålingsreglen, afhænger af hvilken opsætning, der anvendes i TOI-builderen i Vico Office, som fremgår af figur 10.10. Der er lavet et samlet overblik over alle opmålingsregler for alle objekttyper i Vico Office, som fremgår af bilag J. I ovenstående formel er "BIM7AA-TypeID"og "BIM7AATypeDescription"anvendt, idet BIM7AA-koden anvendes i 3D-modellen. Der kan dog anvendes hvilken som helst navngivning.

Tabel 10.4: Forklaring af produktkode, spild og enhed

Kolonne	**Produktkode**	**Spild**	**Enhed**
Beskrivelse	Kode specifik for et produkt	Bestemt spild i decimal	Enhed for mængden
Eksempel	B.P001	1,1 (110 %)	M2

Der er taget inspiration fra CCS-koden til produktkoden, idet den kan beskrive det pågældende detaljeringsniveau, hvor BIM7AA-koden ikke formår at kunne beskrive det detaljeringsniveau. Produktkoden består af en tre delt kode. De tre dele i koden er:

1. CCS beskrivelse af produktet
   - B. - vægsystem
   - BG. - Loftssystem
   - RQA - isolering
2. Produktbetegnelse
   - AC - Acoustics (akustik)
   - P - Plaster (gips)
   - PL - Plywood (Krydsfiner)
   - S - Steel (Stål)
   - STB - Steel top/bottom (Stål top/bund)
   - CD - CD-system (loftssystem)
   - GW - Glass wool (Glasuld)
   - R - Rock Wool (stenuld)
3. Løbenummer
   - 001
   - 002 mv.

I mængdeudtrækket inkorporeres også spild. Spild fastlægges som et decimaltal, som multipliceres mængdeudtrækket for hvert produkt. Dermed kan der på forhånd bestemmes, hvor stor en spildprocent, som forventes for et specifikt produkt. Enheden for hvert mængdeudtræk skal stemme overens med den enhed, som materialet kan bestilles i som eksempelvis enheden styk. Dog kan styk ikke indikere, hvor stor en mængde, der er tale om. Derfor skal der efter mængdeudtrækket være en dialog med byggeledelsen, hvor leverandør af materialer fastægges og produkt og pakkestørrelse defineres.

Felttyper og pakkenummer angives med et eksempel i tabel 10.5

Tabel 10.5: Forklaring af felttype og pakkenummer i Excelarket

Kolonne	**Felttype**	**Pakkenummer**
Beskrivelse	Rækkedefinitioner	Kode for pakkenummeret
Eksempel	Overskrift, mængde, kommentar	VÆG1

Felttypekolonnen anvendes for at definere rækketypen i den senere eksporterede rapport fra Vico Office. Dermed er det muligt at filtrere data fra rapporten i Excelarket. Dette gør det muligt at der vises kun rækker med mængder, når der skal lave datamanipulation. Dette anvendes senere i forbindelse med at udarbejde leveranceplanen. De tre forskellige typer af felttyper er:

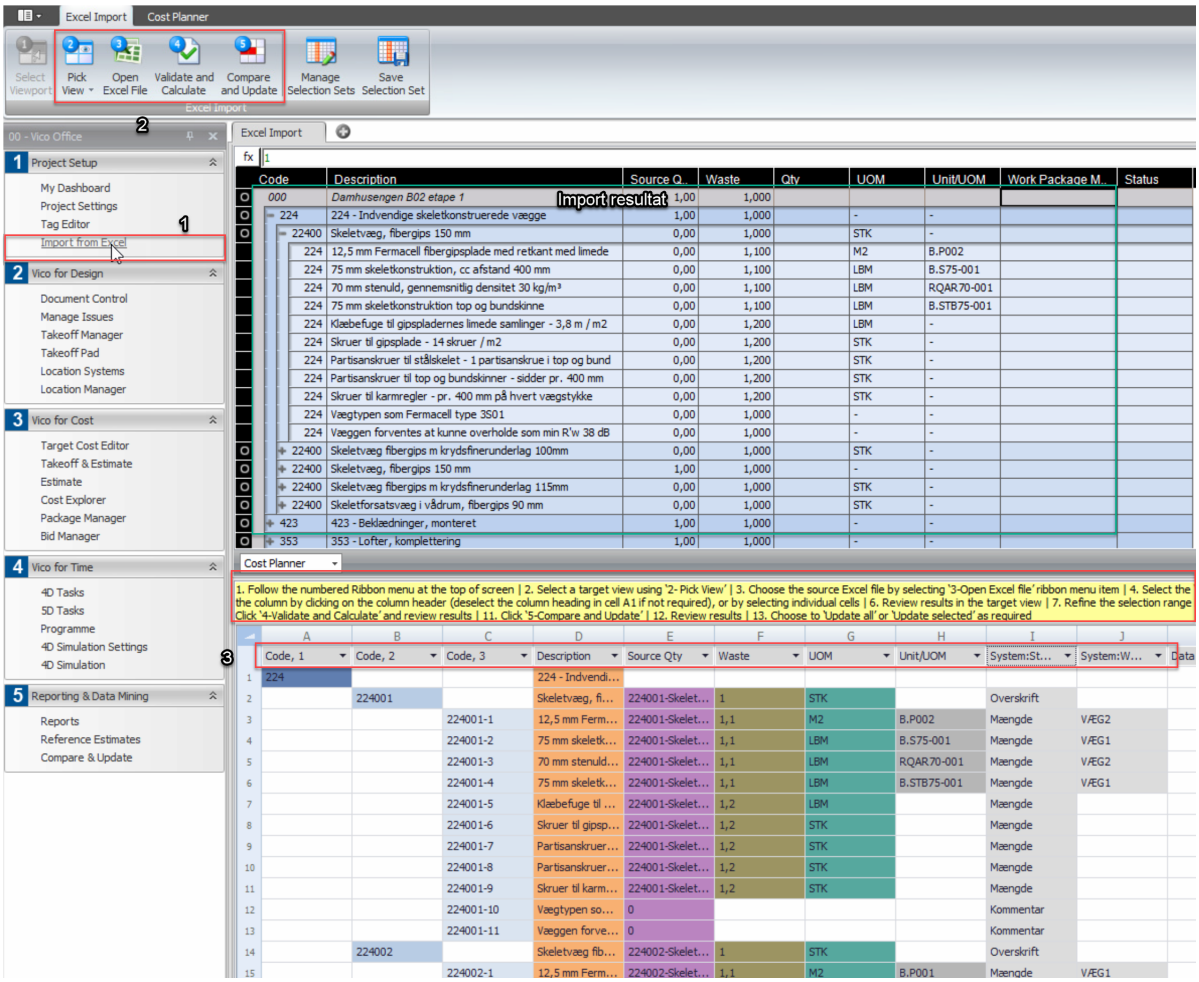
- Mængde - rækken indeholder et mængdeudtræk.
- Overskrift - rækken indeholder et kodeid med løbenummer.
- Kommentar - rækken indeholder informationer om opbygningen af objektet.

Pakkenummeret korrespondere med aktiviteten i LBT. Dermed anvendes pakkenummeret til at bestemme hvilken aktivitet, pakken tilhører og dermed bestemme leveringsdatoen derudfra.

Mængdeudtrækket

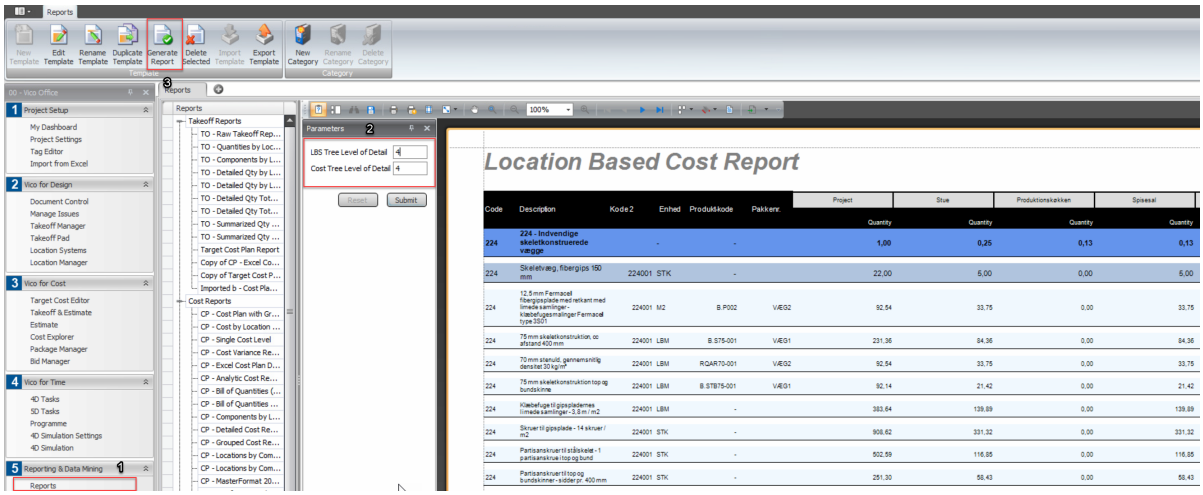
Når skabelonen er udarbejdet ved at tillægge en opmålingsregel for hvert produkt i etn bygningsdel, kan Excelarket importeres til Vico Office. Et eksempel på en importering er vist i figur 10.12. De forskellige farver i figuren repræsenterer forskellige dele af Excelarket:

- Koderne - angives i kolonnerne med blå nuancer.
- Beskrivelsen - angives i den orange kolonne
- Opmålingsreglen (Source Qty) - angives i den lilla kolinne
- Spild - angives i den brune kolonne
- Enheden (UOM) - angives i den tyrkis kolonne
- Produktkoder (Unit/UOM) - angives i den mørkegrå kolonne
- Felttype - angives i den lyse grå kolonne
- Pakkenummer - angives i den sidste lyse grå kolonne i venstre side.



Figur 10.12: Af figuren fremgår, hvorledes Excelarket skal importeres i Vico Office. Den røde firkant markeret med tallet 1 viser, hvor importeringsvalgmuligheden er placeret i Vico Office. Den røde firkant markeret med nummeret 2 angiver beskrivelsen af alle de trin, som skal gennemgås for at kunne gennemføre et mængdeudtræk. Den røde firkant markeret med nummeret 3 angiver, hvordan det ser ud, når der skal laves et mængdeudtræk og hvad de forskellige kolonner, skal importeres som. Kolonnerne bestemmer hvor de forskellige data bliver importeret til. Figuren er et screenshot fra Vico Office.

Dernæst er det muligt at gå ind i *Takeoff & Estimate* og kvalitetssikre mængderne og undersøge om alle kolonner og rækker fra Excelarket fungerer.
Efterfølgende kan mængderne trækkes ud ved at lave en rapport i *Report*. Et eksempel på rapporten er vist i figur 10.13.

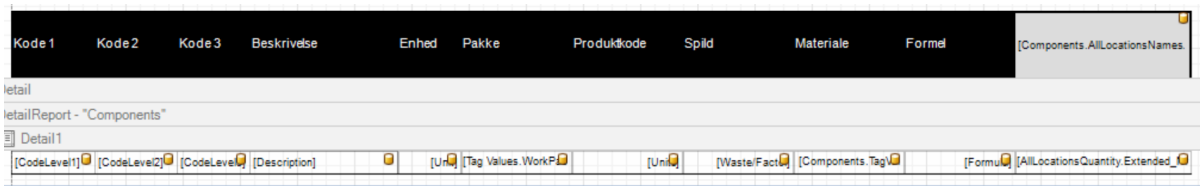


Figur 10.13: Heraf fremgår en rapport fra Vico Office. Den røde firkant markeret med tallet 1 angiver hvor muligheden for at generere en rapport findes. I den røde firkant markeret med tallet 2 kan der angives, hvilket lokationsniveau, som rapporten skal lave mængdeudtræk på. Den røde firkant markeret med tallet 3 angiver den knap, som gør det muligt at eksportere rapporten. Ved eksportering er det vigtigt at vælge *Raw export*.

Rapporten fra Vico Office indeholder alle mængder på de forskellige lokationsniveauer, som der er angivet i *Location Manager*. Som vist på figur 10.13 ved hjælp af den røde firkant markeret med tallet 2, er det muligt at generere en model, som indeholder det angivet antal lokationsniveauer. Derudover er det muligt at udarbejde brugertilpassede rapporter, som imødekommer modtagerens behov. Det er muligt at eksportere alle de datapunkter, som findes i Excelarket. Rapporten, som projektgruppen har valgt at anvende til dette projekt, indeholder datapunkterne angivet i tabel 10.6, der svarer til Vico Office *Report*-entiteter, der er fremgår af figur 10.14:

Datapunkt	**Importnavn**	**Vico Office rapport entitet**
Kode 1, 2 og 3 Beskrivelsen	Code 1, 2 og 3 Description	Root - Component - CodeLevel1, CodeLevel2, CodeLevel3 Root - Component - Description
Enheden	UOM	Root - Component - Unit
Pakke	System: Workpackage-Markup - Read Only	Root - Component - Tag.Value - WorkpackageMarkup - Read Only
Produktkode	Units/UOM	Root - Component - Units
Spild	Waste	Root - Component - Waste/Factor
Formel	Source Qty	Root - Component - Formula

Tabel 10.6: Datapunkter i mængdeudtrækket fra import til rapporteksportering.



Figur 10.14: Af figuren fremgår de valgte parametre, som projektgruppen har valgt at eksportere i en rapport. Screenshotet er fra redigeringsvinduet for rapporter i Vico Office.

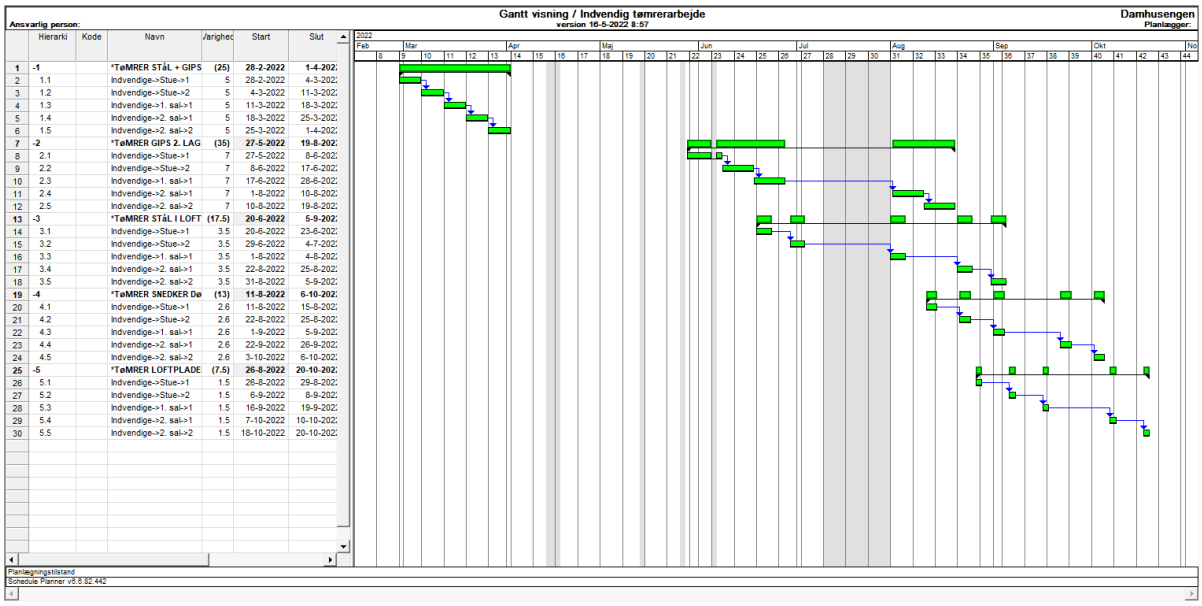
Der er anvendt tags til pakkenummer og felttype, der kan læses mere om i bilag I.
Produktkoden kan der også udarbejdes et tag for, dog benyttes der en workaround ved at *Units/UOM*, idet dette datapunkt var en string og ikke havde krav til indhold.

Ved at følge ovenstående storyboarind, er det muligt at trække mængder ved hjælpd af opmålingsregler på forskellige lokationsniveauer med produktkoder, pakkenummer, spild og enhed for mængdeudtrækket.
Ved at tilføje leverancedatoerne til mængdeudtrækket, er det muligt at udarbejde en leveranceplan på lokationsniveau, som kan skabe muligheden for JIT-leverancer.

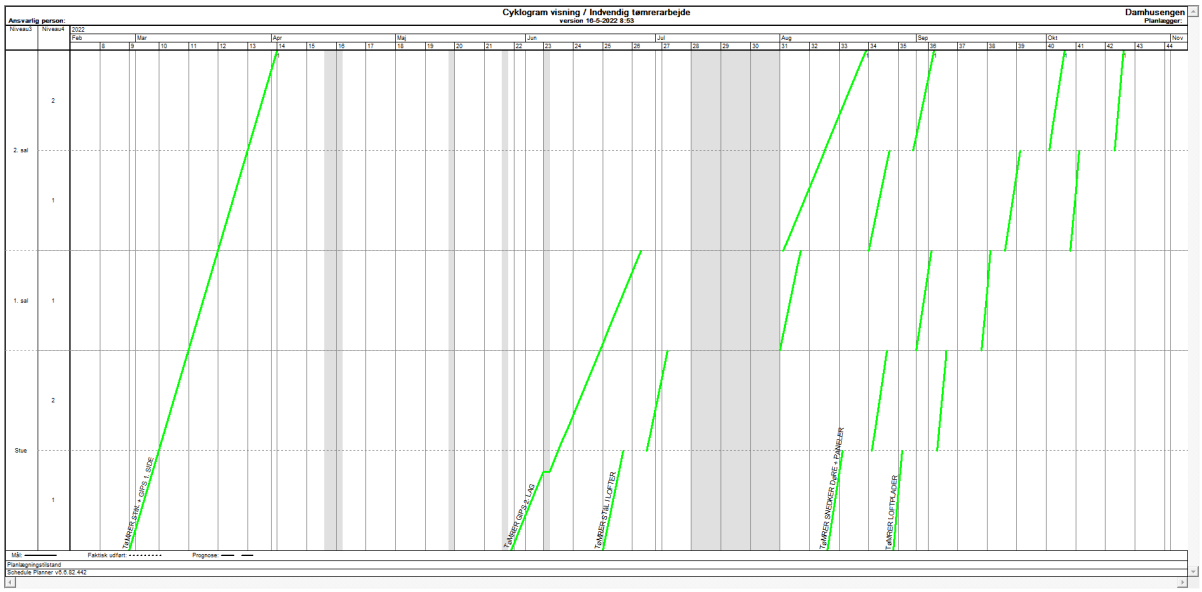
10.5 Leveranceplan

Når der er foretaget et mængdeudtræk, er data for materialemængderne til leveranceplanen fastlagt. Baseret på analyser i casestudiet, fastslår projektgruppen, at leveranceplanen skal oprettes i hovedprojektet.

For at opstille leveranceplanen anvendes PowerQuery til at opsætte data således, at data struktureres mest overskueligt til leverancenplanen og til direkte anvendelse til dashboardet.Først kopieres startdatoerne for hver aktivitet i LBT i Gantt-visningen 10.15 fra kolonnen navngivet *Start*. På figur 10.15 vises den lokationsbaserede tidsplan for tømreraktiviteter i Gantt-format, hvor LBT i flowdiagram er illustreret i figur 10.16. Der gøres opmærksom på, at tidsplanen indeholder andre aktiviteter, som påvirker tømreraktivteterne, hvorfor aktiviteterne ikke er kontinuerte. Hele tidsplanen er illustreret i bilag C i figur C.1.

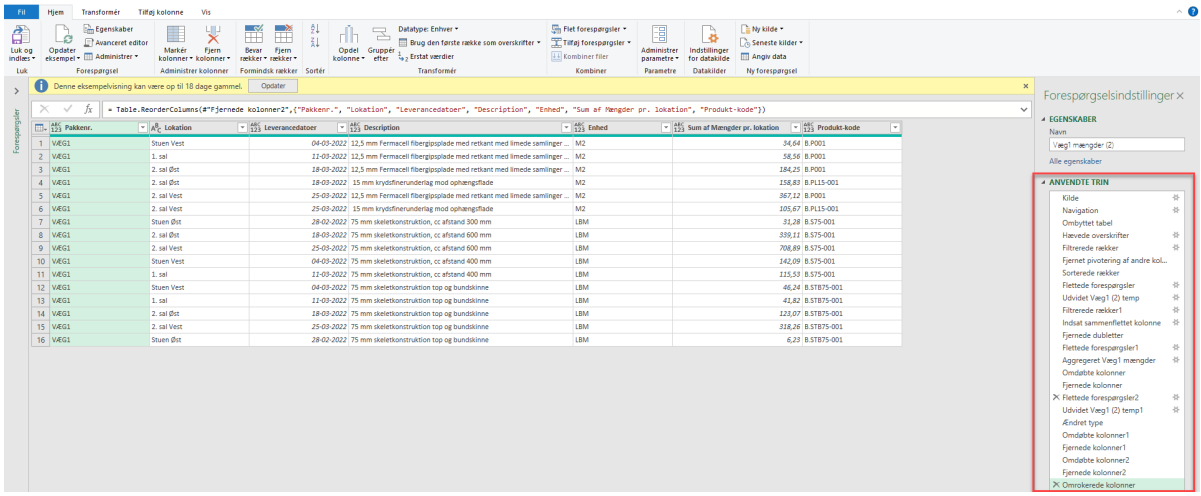


Figur 10.15: LBT vist i Gantt-format i Vico Schedule Planner. Herfra kan aktiviteternes startdato kopieres.

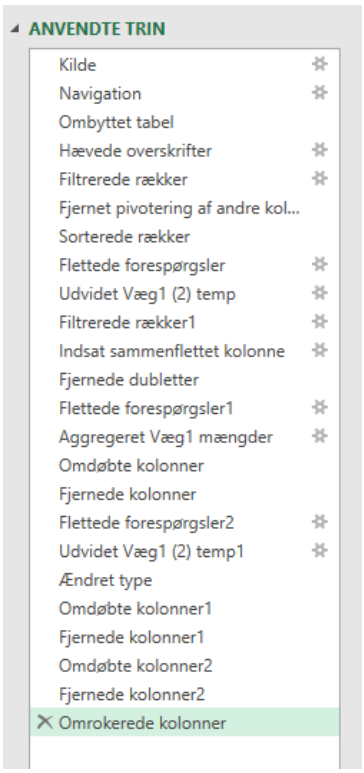


Figur 10.16: LBT angivet som flowdiagram for tømreraktiviteter. Tidsplanen er udarbejdet af entreprenørvirksomheden.

Ud fra datoerne angivet i figur 6.5 er det muligt at udarbejde en leveranceplan ved hjælp af datamanipulation mellem mængdedata og tidsplansdata. De forskellige trin i PowerQueries er vist i figur 10.17 og 10.18. Formålet med PowerQueryen er at opsætte data således, at den kan læses af computeren og indsættes i en database. Data fra mængdeudtrækket skal derfor unpivoteres således, at hver linje angiver en mængde per lokation. Derefter er det muligt at *flette forespørgsler* og summere de samme produkter for en lokation.



Figur 10.17: Af figuren fremgår et screenshot fra PowerQuery med leverancedata.



Figur 10.18: Af figuren fremgår et screenshot af processerne i PowerQuery, som er gennemført for at opstille data til leveranceplan.

Resultatet af at anvende PowerQuery er illustreret i tabel 10.7. Dette data indeholder informationer om pakkens indhold, lokation i byggeriet for levering, leveringsdatoen, beskrivelse af produkterne, enheden som mængden angives i, mængden på lokationen uanset vægtype samt produktkoden.

Tabel 10.7: Illustration af resultatet fra PowerQuery, hvor leverancedatoerne er indarbejdet. Dette er et udklip af data for pakke *VÆG1*.

Pakkenr.	**Lokation**	**Leverance-datoer**	**Description**	**Enhed**	**Mængde pr. lokation**	**Produktkode**
VÆG1	Stuen Øst	28-02-2022	75 mm skeletkonstruktion, cc afstand 300 mm	LBM	31,28	B.S75-001
VÆG1	Stuen Vest	04-03-2022	12,5 mm Fermacell fibergipsplade med retkant med limede samlinger - klæbefugesmalinger Fermacell type 1S21	M2	34,64	B.P001
VÆG1	2. sal Øst	18-03-2022	12,5 mm Fermacell fibergipsplade med retkant med limede samlinger - klæbefugesmalinger Fermacell type 1S21	M2	184,25	B.P001
VÆG1	2. sal Øst	18-03-2022	15 mm krydsfinerunderlag mod ophængsflade	M2	158,83	B.PL15-001
VÆG1	2. sal Øst	18-03-2022	75 mm skeletkonstruktion, cc afstand 600 mm	LBM	339,11	B.S75-001
VÆG1	2. sal Vest	25-03-2022	75 mm skeletkonstruktion, cc afstand 600 mm	LBM	708,89	B.S75-001
VÆG1	2. sal Vest	25-03-2022	75 mm skeletkonstruktion top og bundskinne	LBM	318,26	B.STB75-001

Mængderne vist i tabel 10.7 er opgivet i en enhed, som normaltvis skal bestilles af byggeledelsen i stk., som er leverandørens standardmål. Derfor er det nødvendigt, at byggeledelsen tager stilling til, hvilke standardpakker, som skal leveres til byggepladsen for at sikre de korrekte mængder og et minimalt spild, idet standardmål skaber fraskær og andre typer spild. Derfor anbefaler projektgruppen, at byggeledelsen får overdraget listerne med mængderne og sammen med den ansvarlige for leveranceplanerne fastlægger hvilke typer pakker fra leverandøren, som skal bestilles til den pågældende byggesag.

De valgte pakker kan derefter beskrives i et pakke-dashboard, som beskrives i appendiks B.

10.6 Sammenligning mængder fra Vico Office og Revit

For at undersøge om mængdeudtrækket er validt, sammenlignes mængdeudtrækket fra Vico Office sammen med mængderne angivet i aktivitetslisten.
Ved sammenlign af resultaterne kan kun udvalgte materialer sammenlignes, hvilket skyldes, at alle materialer for en bygningsdel er samlet i en kolonne, således mængden ikke er specifikt for et pågældende materiale. Derudover er der anvendt andre enhederne for nogle materialer, der ikke er stemmeroverens med enhederne i aktivitetslisten og mængdeudtrækket fra Vico Office. Dette skyldes, at enhederne i mængdeudtrækket er baseret på, hvorledes materialerne kan bestilles baseret på leverandørens hjemmeside, som i nogle tilfælde har krævet angivelse af et specifikt produkt, hvilket ikke har været muligt baseret på aktivitetslisten.
Sammenligning af afgivelser imellem gips, fremgår der en afvigelse på omtrent 9,68 % imellem aktivitetslisten og mængdeudtrækket i Vico Office. Dette vurderer projektgruppen tildels skyldes, at der i Vico Office mængdeudtrækket er pålagt spild på 10%, derudover må der være afvigelser i regnereglerne benyttet i Revit til opstillingen af mængdeudtræk i aktivitetslisten og Vico Office, hvilket kræver et separat studie at undersøge.

Løsningsforslaget tager udgangspunkt i casestudiet, som indgår som en del af projekterne i et strategisk partnerskab. I løbet af kapitlet gennemgås processen for mængdeudtræk. Sammen med LBT kan der opsættes en leveranceplan, som der i samarbejde med leverandøren kan gøre JIT.
I starten af kapitlet beskrives visionen for løsningen. Derefter beskrives forudsætningerne for løsningen, som der skal tages hensyn til undervejs. Dernæst beskrives processen fra mængdeudtræk til JIT-leverancer.

11 | Udbredelse til bygge- og anlægsbranchen

I dette kapitel beskrives, hvorledes det opstillede løsningsforslag kan udbredes til den generelle danske bygge- og anlægsbranche for at opnå JIT-leverancer.

For at kunne anvende det opstillede løsningsforslag i bygge- og anlægsbranchen, generaliseres det opstillede løsningsforslag uafhængigt af værktøjer. Denne undersøgelse tager afsæt i de lovmæssige forhold og regulativer samt vigtige faktorer fra samarbejdsformen strategiske partnerskaber, der analyseres i kapitel 7. Derudover inkluderes også analyser foretaget i forbindelse med udarbejdelsen af løsningsforslaget.
Denne generalisering skal gøre det muligt for aktører i bygge- og anlægsbranchen at kunne anvende JIT-leverancer, således materialer leveres i denne rette kvalitet og mængde til den rigtige lokation i byggeriet. For at dette kan lade sig gøre med det opstillede løsningsforslag, skal der opstilles koder herunder produktspecifikke koder i navngivningen af bygningsdele i 3D-bygningsmodeller og lokationsbaseret tidsplaner samt anvendelsen af kanbans tilpasset et byggeprojekt. I det følgende forklares grundlæggende krav for at dette kan gøres muligt.

11.1 Kanbans

Et grundlæggende element i JIT er anvendelsen af kanbans, der skal klarlægge, hvad der skal leveres og dermed installeres af håndværkerne i byggeriet.
For at muliggøre JIT-leverancer skal der opstilles krav til entreprenøren om opstillingen af trækkende kanbans, som er baseret på installationsrækkefølgen for materialet af et sammensat element og de aftaler, der lavet på LPS-møder (Master planlægningsmødet) mellem håndværkerne. Opbygningen af et sammensatelementer bør kunne forefindes i en aktivitetsliste og/eller 3D-modellen.

Derudover skal entreprenøren også gør brug af produktionsdelsbehovsprognose, hvoraf entreprenøren løbende opdaterer materialebehovet til leverandøren. Således kan leverandøren løbende tilpasse produktion/lagerbeholdning i forhold til entreprenørens behov.

Aktivitetsliste

I aktivitetslisten skal der beskrives hvilke materialer, der skal leveres i forbindelse med et byggeprojekt. Dog skal det bemærkes, at disse lister kun udarbejdes for styrende ordrer, planlagte ordrer og periodiske ordrer, da det er disse bygningsdele, der kan leveres JIT.
Aktivitetslisten skal udgives flere gange til kalkulationsafdeligen i løbet af projekteringen. Detaljeringsgraden af denne liste varierer afhængigt af hvilken af byggeriets faser, som byggeprojektet befinder sig i. Fælles for alle aktivitetslisterne op til udførelsesfasen er, at der i henhold til Foreningen af Rådgivende Ingeniører og Danske Arkitektvirksomheder (2018) ikke må angives produktspecifikke løsninger eller beskrivelser i overensstemmelse med IKT-bekendtgørelse. I udførelsesfasen må der angives produktspecifikke materialer og løsninger, som byggeledelsen kan foretage indkøb ud fra. Ved en højere detaljeringsniveau kan variansen af

mængderne minimeres, der belyses af Wahab og Wang (2022).

Ud fra produktspecifikke koder kan der foretages et mængdeudtræk hvorudfra der kan udarbejdes en leveranceinddeling i form af pakker af materialerne i forhold til lokation, hvilket munder ud i en leveranceplan. Pakkernes indhold for en aktivitet, vil ændres i de forskellige lokationer, idet det afhænger af hvor meget af en type sammensat element, der findes på den lokation. Materialerne, der skal installeres, kan leveres i pakker afhængig af lokationer. Indholdet af pakken vil dermed korrespondere med aktiviteten på den pågældende lokation. Det vil være muligt at samarbejde med leverandøren, således at pakken kan organiseres bedst således, at materialet der ligger øverst installeres først i arbejdsopgaven. Pakningsorganiseringen kan fremgå af leverandørkanban.

Leveranceplaner

Leveranceplanen skal muliggøre leveringen af materialer til den rette tid på den rette lokation i byggeriet. Materialer i mængdeudtrækket kodes med koder, der definerer pakkeløsninger, der er afhængig af en lokationsopdeling. Den rettidige leverance sikres ved at koble LBT sammen med mængdeudtrækket og lokationsopdelingen.

LBT

Gennem anvendelse af LBT kan et tidspunkt for levering af materialer for hver lokation fastlægges og oplyses leverandøren, hvormed der kan foretages JIT-leverancer.
For at inddele materialerne efter leverancedatoer, skal pakkeløsningerne kobles sammen med datoer i LBT for hver lokation. Dette gøres muligt ved at sammenkoble og manipulere mængdeudtrækket, baseret på koder for pakker og lokationer, med datoer for aktivitetsstart for de pågældende lokationer, der typisk angives i en LBT.

Mere specifikke krav til muliggørelse af mængdeudtræk, således det rette materiale i den rette mængde og kvalitet leveres, forklares i det følgende.

11.2 Tekniske forudsætninger

Idet løsningsforslaget baserer sig på tekniske løsninger ved brug af 3D-modeller, foreslår projektgruppen, at byggeprojekter med offentlige bygherre eller bygherrer af almene boliger, kan benytte det opstillede løsningsforslag, idet disse er forpligtet til at følge IKT-bekendtgørelsen. Dermed begrænses løsningforslaget ikke kun til strategiske partnerskaber, som Værdibyg og REBUS (2021a,b) vurderer er mest optimale for optimering af processer, idet der porteføljen af projekter har visse gentagelser og mulighed for tidligt fastlæggelse af produktspecifikke løsninger. Tankegangen om, at der kan foretages JIT på andre former for byggeprojekter understøttes også af (Akintoye, 1994), der fastslår, at der i byggeprojekter er processer, der gentages for samtlige byggeprojekter på trods af byggeriets udformning og funktion.

Bygningsmodeller

Gennem IKT-bekendtgørelsen §4 skal bygherren opstille krav til udarbejdelse af objektbaserede bygningsmodeller med rette struktur, klassificering, navngivning, kode og ID ud fra en detaljeringsgrad, som bygherren selv bestemmer (eksempelvis Level of Development). Dette

betyder derfor, at bygherren skal sikre et tilstrækkeligt detaljeringsniveau, som gør, at der kan opstilles koder, der er ligeså detaljeret som BIM7AA koderne, der er anvendt i casestudiet. I henhold til Transport og Boligministeriet (2018a,b,c) er der krav til koordinering og opstillingen af krav til anvendelsen af disse modeller, hvormed alle aktører i byggeprojekter kan underlægges at følge bygherrens krav til detaljeringsgraden. Derudover argumenterer Akintoye (1994), at der for alle byggeprojekter er gentagelse af processer, hvorfor projektgruppen vurderer, at opstillingen af standardkoder for bygningsdele i byggeprojekter generelt kan og bør opstilles.
En forudsætning for anvendelsen af det opstillede løsningsforslag, er anvendelsen af objektbaserede 3D-modeller, som ifølge Monteiro og Martins (2013), er en fordel for reduceringen af fejl i mængdeudtræk på grund af blandt andet fejltolkninger af tegningsmateriale.

Regneregler

Der skal ud fra modelleringen af bygningsmodellen også opstilles regneregler for mængdeudtræk, således mængdeudtrækket foretages ensartet af alle aktører. Til opstillingen af regneregler, der er uafhængige af værktøj, kan der anvendes standarder som CCS eller BIPS opmålingsregler. Opmålingsreglerne for CCS koder er udarbejdet af Molio (b), hvilket BIPS opmålingsreglerne også er, men ikke længere er tilgængelige, idet denne er blevet erstattet med standarden for CCS opmålingsregler.

Krav til kodning

I modelleringen af bygningsdelene skal der anvendes flere niveauer af koder for, at koderne kan bruges i såvel projekteringsfasen, udførelsesfasen og drifts og vedligeholdelsesfasen.

Kode niveau 1-3

Koden, der anvendes i drifts og vedligeholdelsesfasen, kan anvendes til at opstille aktivitetskoderne for materialerne, der skal installeres i hvert bygningsdel. Første niveau af koden skal beskrive bygningsdelstypen efterfulgt af en bestemt kode for det pågældende materiale i opbygningen. Herefter kan koden efterfølges af et løbenummer for hvert type bygningsdel under denne kategori som eksempelvis 224-001.

Kode niveau 4

Denne kode opstilles i Udbudsprojektet. Denne kode skal være specifik og angives for hvert materiale i bygningsdelsopbygningen. Koden gør det muligt at summere alle ens materialer på tværs af alle bygningsdele, således mængdeudtræk baseret på denne kode kan benyttes til indledende tilbudsindhentning. Denne kode kan igen anvendes i Udførelsesprojektet, hvor specifikke produkter og løsninger kan oplyses.
Denne kode, kan projektgruppen anbefale, bliver lavet som et nyt datapunkt. Dermed kan kode niveau 4, sammensættes med niveau 1-3 om nødvendigt, men også eksistere selvstændigt.

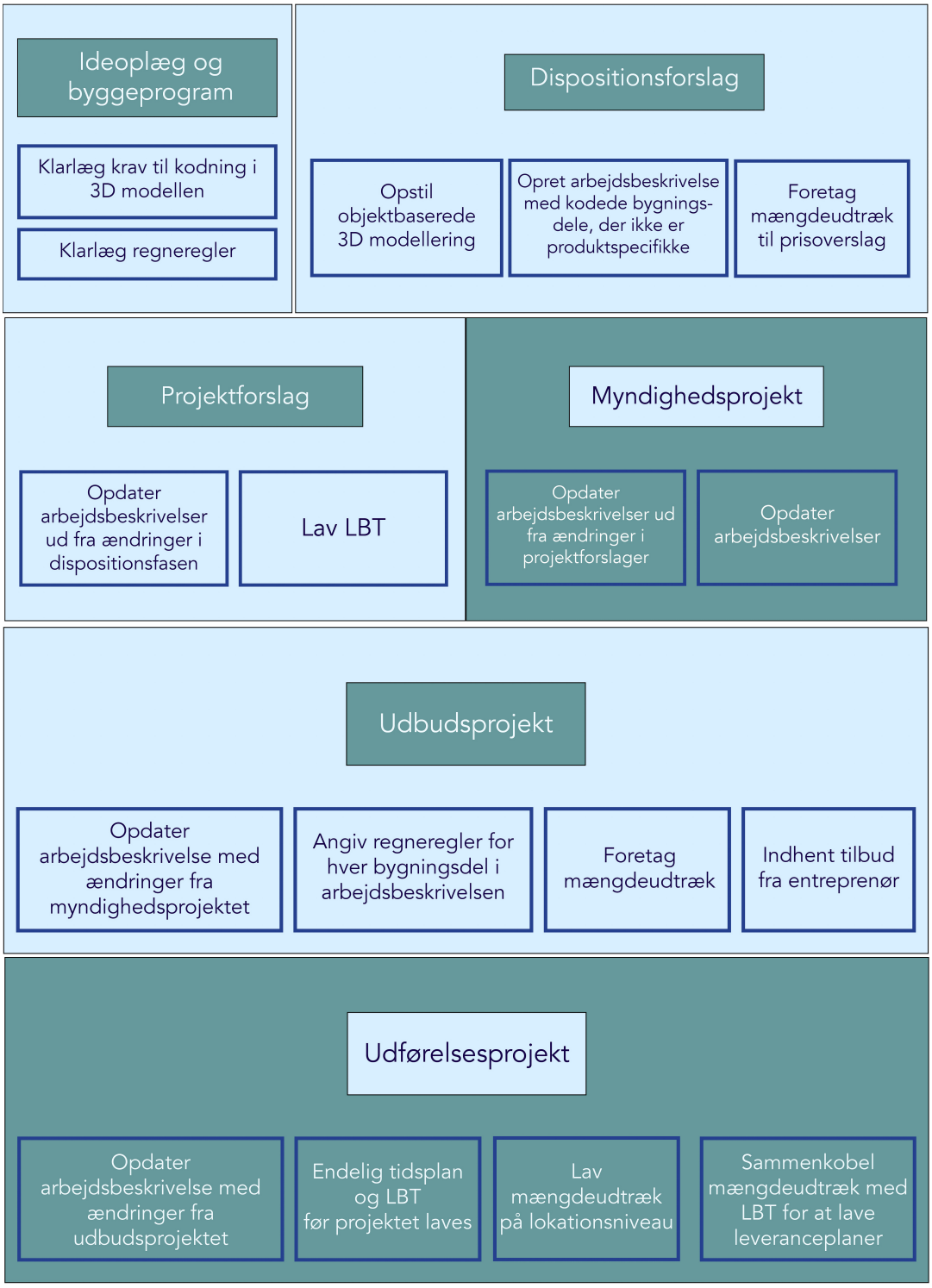
Kode niveau 5

Der anvendes også en kode for pakkeinddeling af materialer, således pakker leveres baseret på aktiviteten beskrevet i arbejdsbeskrivelsen. Denne kode, kan projektgruppen anbefale, bliver lavet som et nyt datapunkt med samme argument, som for kode niveau 4.

Fælles for alle niveauer af koder er, at der kan anvendes hvilken som helst type kodning med eller uden specialtegn. Kravet er blot, at koden skal være organiseret i forhold til de fem niveauer, og der skal være en ensartethed i koden. Ensartetheden skal forstås som, at materialer der er af samme type og har samme egenskaber. Derved muliggøres summering af materialer for hele byggeriet.
En fordel er at anvende koder, der også skal anvendes i drifts og vedligeholdelsesfasen.

11.3 Arbejdsprocesser

For at muliggøre JIT-leverancer, opstilles der i figur 11.1 en forklaring af hvilke input, der er behov i hver fase af en byggeprojekt. Disse input baseres på beskrivelser i de foregående afsnit.



Figur 11.1: Af figuren fremgår hvilke aktiviteter, der skal foretages for hvert aftaletrin for at muliggøre JIT-leverancer. Aktiviteterne er en generalisering til bygge- og anlægsbranchen, der er uafhængig af anvendte værktøjer. Processen baseret på det opstillede løsningsforslag i kapitel 10.

Den opstillede løsning gør det muligt at anvende mængdeudtræk til forskellige formål, hvormed det kan anvendes på forskellige tidspunkter i byggeriets faser.
Det indledende mængdeudtræk hvor materialet i arbejdsbeskrivelserne ikke er kodet produktspecifikt, kan anvendes i udbudsfasen, hvor entreprenører ud fra mængdeverificering kan indhente tilbud hos underentreprenører og udarbejde en tilbudsliste.
Herefter kan arbejdsbeskrivelser, kodet med produktspecifikke koder, anvendes i Udførelsesprojektet. Mængdeudtrækket i denne fase kan der foretages indkøb og bestillinger til JIT-leverancer, når mængdeudtrækket sammenkobles med LBT, for at danne leveranceplaner.

Udbredelse af løsningsforslaget til bygge- og anlægsbranchen er ifølge projektgruppen muligt. Her skal der foretages mængdeudtræk på objektbaserede 3D-modeller med koder af logisk hierarkier, som kan deskonstruerer sammensatteelementer. Dette kræver, at bygherren forlanger en tilstrækkelig detaljeringsniveau ved udarbejdelsen af IKT-manualer. Derudover skal der etableres LBT og lokationsopdelinger, der sammenkobles med mængdeudtrækket. Herudfra kan der opstilles en leveranceplan, hvis detaljeringsniveau øges i takt med at projektet bevæger sig fra de indledende faser til udførelsesfasen.
Andre forudsætninger for at anvende løsningen er anvendelse af LPS møder, hvorudfra forbrugsniveauer kan opdateres.

12 | Diskussion

I dette kapitel diskuteres og reflekteres over analyser, løsningsforslag og udbredelse til bygge- og anlægsbranchen, som er beskrevet i tidligere kapitler.

I tidligere kapitler er der foretaget analyser og lavet et løsningsforslag til at muliggøre JIT-leverance ved et mængdeudtræk. Undervejs er der nogle vilkår, muligheder og udfordringer, som projektgruppen er stødt på, som diskuteres i dette kapitel.

12.1 JIT i forhold til bygge- og anlægsbranchen

JIT-filosofien er tilpasset produktionsindustrien og egner sig til produktudvikling, hvorfor projektgruppen har fundet det udfordrende at oversætte filosofien til bygge- og anlægsbranchen, idet branchens opbygning er anderledes.

I JIT i produktionsindustrien produceres der optimalt set én vare af gangen, men i bygge- og anlægsbranchen er hvert byggeprojekt af varierende type og størrelse, der produceres af gangen. Derfor skal der produceres produkter af varierende størrelser og egenskaber. Derudover er opbygningen i bygge- og anlægsbranchen anderledes end produktionsindustrien. I produktionsindustrien er processer nærmest ens, hvor bygge- og anlægsbranchen er en fragmenteret branche, hvor processen foregår gennem lange og detaljeret faser og slutresultatet er ikke et ensformigt produkt, idet der vil være variationer fra projekt til projekt. Fragmenteringen opstår især ved de mange virksomheder, medarbejdere og aktører, som skal arbejde sammen om et fælles projekt.
Alligevel ser projektgruppen mulighed for at opnå effektivisering og overblik over byggeprojektet ved at anvende JIT i bygge- og anlægsbranchen med de tilpasninger, som beskrives i kapitel 9.

Projektændringer

En anden signifikant forskel mellem produktionsindustrien og bygge- og anlægsbranchen er projektændringer. Der sker mange projektændringer i et byggeprojekt, som påvirker mange områder, når de opstår. Det er ikke altid nemt at forudse, hvilke konsekvenser projektændringer vil have et byggeprojekt. Hvis der er ændret på mængder eller typer af elementer i byggeriet, vil det påvirke leverancer. Håndteringen af ændringer i produktionsindustrien er, ifølge projektgruppen, nemmere end i bygge- og anlægsbranchen, når der er opsat en fast proces for et produkt.
Projektgruppen ser derfor, at det er essentielt, at der opstilles en proces til at håndtere mængdeudtræk ved projektændringer. Her skal der dannes et overblik over, hvilken indflydelse projektændringer har på alle aktører inklusiv bygherren, der betaler for produktet/byggeriet.

Love og regulativer

En anden forskel mellem brancherne er love og regulativer. Mængden af regler, som knytter sig til faserne i forbindelse med et byggeri er store og kompleks. Dermed er der mange forhold, som der skal tages højde for, ved ændringer i processer, hvilket gør det besværligt at implementere nye initiativer, mener projektgruppen.

12.2 BIM-baseret mængdeudtræk

Et mængdeudtræk baseret på en BIM-model, foretages på baggrund af en 3D-model, som indeholder data.
3D-model baserede mængder vil være mere effektiv end 2D-opmåling, og vil også være uafhængig af projektstørrelsen. Mængdeudtrækket vil nærmere være afhængig af antallet af forskellige komponenter i byggeriet. Dermed ser projektgruppen mulighed for at dette løsningsforslag er skalerbart til større projekter. Dog har projektgruppen i forbindelse med tilbudsarbejde i en entreprenørvirksomhed oplevet, at der ved udbud ikke gøres en en 3D-model tilgængeligt for entreprenøren. Derfor er 3D-baseret mængdeudtræk ikke altid muligt, hvorfor der foretages mængdeudtræk baseret på 2D-tegninger i programmer såsom Bluebeam Revu, hvor der kan forekomme menneskelige fejl i opmåling. Udover fejl tager denne form for opmåling meget tid. Disse problemstillinger beskrives også i litteratur fra Monteiro og Martins (2013) og Olsen og Taylor (2017).
Derudover er der behov for en aktivitetsliste, som er et udtræk fra Revit, der beskriver opbygningen af sammensatte elementer, for at anvende løsningsforslaget. Denne form for liste vil ikke altid være tilgængelig for et byggeprojekt, hvilket dog ikke er en begrænsning. I stedet vurderer projektgruppen, at opbygningen af sammensatte elementer kan findes baseret på arbejdsbeskrivelser.

12.2.1 Usikkerhed i opmålinger i 3D

I afsnit 5.4.1 beskrives det, at BIM-modeller er en vigtig del af mængdeudtræksprocessen, hvor det er vanskeligt at kontrollere detaljeringsniveauet på modellen før modellen sendes til entreprenøren for mængdeudtræk. Projektgruppen har ikke en direkte løsning på kontrol af LOD i modellen, dog ser projektgruppen fordele ved at entreprenøren kan have en aktiv dialog med de projekterende i det strategiske partnerskab, idet de sidder på samme projektkontor.
Derudover har projektgruppen hellere ikke et løsningsforslag på, hvordan 3D-modeller kan kontrolleres for, om det er ufuldstændig, som er et vigtigt aspekt i forhold til mængdeudtrækket i løsningsforslaget. Projektgruppen har set, at en mangelfuld 3D-model vil resultere i et dårligere mængdeudtræk, hvorfor bygherrens og/eller entreprenørens krav til 3D-modellen og koderne heri er vigtige. Hvis ikke ikke koderne er tilgængelige i 3D-modellen, vurderer projektgruppen, at bygherren og/eller entreprenøren kan tilkøbe kodning af 3D-modellen, idet kodningen vil gøre JIT-leverancer muligt.

12.3 Lokationsbaserede tidsplaner

Projektgruppen har efter arbejde med lokationsbaseret tidsplaner undret sig over den manglende udbredelse til resten af bygge- og anlægsbranchen, idet projektgruppen vurderer, at dette er en mere effektiv måde at gennemskue en tidsplan på. Selv på enkeltstående projekter, hvor der ikke er mange gentagelser, men stadig mange lokationer, giver det, ifølge projektgruppen, mening med en lokationsbaseret tidsplan.

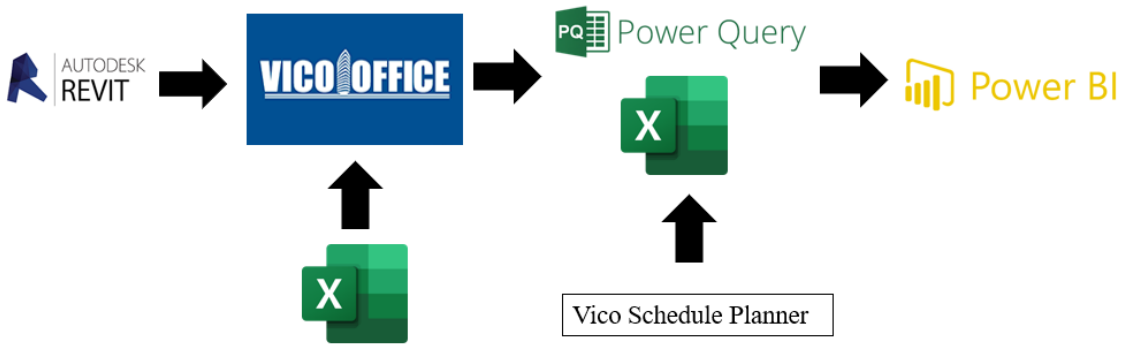
LBT i Vico Office

Projektgruppen har valgt ikke at anvende LBT, som Vico Office kan oprette. Årsagen til dette er, at håndteringen af tidsplaner fra Vico Office er svær.

12.4 Håndtering af data til andre programmer

Projektgruppen kender til udfordringer med data, som opstår ved ændring af filformater, men har i dette projekt ikke opdaget konkrete udfordringer med dette. I dette projekt er der foretaget en direkte eksportering fra Revit til Vico Office, som efterbehandles til leveranceplaner i PowerQuery. Denne vandring af data fremgår af figur 12.1.
Det er dog muligt at importere IFC-filer i Vico Office, som projektgruppen ikke har undersøgt, om giver anledning til udfordringer i forbindelse med mængdeudtrækket.

12.1.



Figur 12.1: Af figuren fremgår det hvordan data vandrer gennem løsningsforslaget, hvor data i PowerBI behandles i et andet speciale. Der skal være opmærksomhed på at data ikke ændres, når der skiftes til et nyt program.

Projektgruppen kunne godt have valgt et andet datamanipuleringsprogram end PowerQuery, men projektgruppen kendte til dette program, hvorfor dette benyttes.

12.5 JIT bestillinger

Som der påpeges i litteraturen omhandler materialestyring også rettidige bestillinger. Dette kunne med fordel have været inkluderet i løsningsforslaget således, at der blev taget højde for, hvonår entreprenøren senest skal foretage bestillinger. Til dette kunne der med fordel anvendes faktorer, der har indflydelse på tidspunktet for bestilling af materiale, der skal angives i en projekteringstidsplan. Disse faktorer er defineret af Pheng og Hui (1998):

- Tidsbehovet for at indhente nødvendige tilbud fra forskellige leverandører.
- Tidsbehovet for leverandørerne at forberede vareprøver til bygherren og arkitekterne.
- Tidsbehovet for bygherren og arkitekterne til at godkende prøverne.
- Tidsbehovet for levering af materialet fra depot/varehus til byggepladsen.
- Opbevaringsmuligheder på byggepladsen.

Der er i dette løsningsforslag ikke taget højde for dette element, da tidsrammen for projektet ikke har muliggjort dette.

12.5.1 Udfordringer ved JIT

JIT kan på flere måder vinkles og benyttes i bygge- og anlægsbranchen afhængig af entreprisetypen og planlægningsprocessen. På trods af dette, mener projektgruppen, at der kan opleves en del udfordringer, såsom:

- Ændringer af leveringsdatoer til leverandøren ved forsinkelser
- Manglende overblik over lokationsbaserede mængder på projektet
- Forsinkelser fra leverandøren

Projektgruppen vurderer, at den største udfordring er risikoen for manglende materialer på en lokation, idet filosofien går ud på at undgå etablering af lokale lagrer. Projektgruppen observerede i forbindelse med virksomhedsophold, at lagerbeholdningen på nuværende tidspunkt baseres på bestillinger fra dag til dag. Hvis der opstår fejl i planlægningen, materialestyringen, mængderne af materialerne og materialernes kvalitet vil materialerne ikke være tilgængelige for håndværkerne til den rigtige tid.
For at JIT-leverancer skal lykkes, må leverandøren sørge for at nødvendige materialer er tilgængelige til rette tid for entreprenøren, således aktiviteter ikke forsinkes. Herunder skal der tages højdes for eventuelle eksterne påvirkninger som trafik, mangel på materialer til produktion og lignende.
Denne kritik vendes også i tidens løb i forbindelse med Toyotas produktionsmetode og JIT. Kritikken af JIT går på, at når virksomheden ikke har noget/eller et meget lille lager, sætter det leverandørerne under stor kontrol af fabrikken, som bruger JIT.
JIT kræver, at leverandører kan levere produkter indenfor et bestemt tidsrum, og hvis dette ikke kan lade sig gøre, er der risiko for at kontrakten annulleres. Dette kræver, at leverandøren må oparbejde et lager, som de selv må betale for, for at sikre leverancesikkerhed til Toyota. Omkostningen og presset om leverancesikkerhed sætter, ifølge det japanske kommunistparti, et stort og urimeligt pres på leverandørerne. Her har Toyota lavet et stort overskud på ikke at have noget lager, men i stedet forventet JIT-leverancer fra leverandører, som måske kræver et lager. Dermed ligger udgiften ved lageret hos leverandøren, hvilket ikke er rimeligt. Denne kritik kom i 1977 af Takeo Fukuda, som sad i det Japanske Hus for Repræsentativer. (Monden, 2012)

Et andet kritikpunkt på Toyotas Produktionssystem har været, at det presser medarbejderne på fabrikkerne til at være mere produktive. Det mener Monden (2012) ikke, at der er noget datagrundlag for.
I stedet vurderer Monden (2012) på baggrund af et stigende antal medarbejderforslag i Toyota, som fortolkes som, at medarbejderne respekteres og involveres, at medarbejderne i større grad involveres, når der anvendes TPS.
Projektgruppen ser derfor, at det er fordelagtigt for medarbejderne at være en del af en JIT-proces.

12.6 Er løsningsforslaget JIT?

Løsningsforslaget skal ifølge problemformuleringen gøre JIT-leverancer muligt. Hvorvidt dette er tilfældet er endnu ikke undersøgt i nærværende projekt.
Løsningsforsalget er opstillet ud fra grundlæggende principper i JIT som anvendelsen af udvalgte kanbans, Kaizen, organisering og medarbejderinvolvering, hvoraf de sidstnævnte er en del af de syv principper i JIT.

Gennem anvendelse af løsningsforslaget kan der opnås JIT, idet løsningen fokuserer på materialestyring og planlægning helt fra begyndelsen af et byggeprojekt, hvor byggeprojektet modelleres til udførelsesfasen. Her er der ifølge Akintoye (1994) tale om JIT, lige så snart der foretages materialestyring, som planlægges til sikring af rettidige leverancer af det rette materiale i rette mængder, kvalitet og pris bestilles i rette tid.
Nogle at de syv principper dokumenteres i løsningsforslaget, hvor der blandt andet forsøges at minimere overproduktion for at gøre plads til værdiskabende aktiviteter ved blandt andet at minimere ventetid. De principper, som ikke kan dokumenteres på nuværende tidspunkt, skal afprøves for at vurdere, om virkningerne fra JIT er realiseret.
Leveranceplanen med informationer om materialer og mængder i pakkeløsninger samt forbindelsen til aktiviteters startdato som seneste leverancedato, er grundlaget for at kunne opnå JIT. Dette skaber en rigtig start for at planlægge baseret på kanban, som hjælper med at opnå postivie indvirkninger fra JIT.

Derudover er løsningsforslaget baseret på samme principper, som udviklingen af JIT i Toyota, hvor eksperimentering og tilpasning var grundstenene i starten. Dette gøres også i dette projekt, hvor der ud fra forsøg i Vico Office og afprøvning af løsningen på nogle byggerprojekter, foretages en tilpasning af systemet i forhold til processerne i praksis. Tilpasningen er også sket i forhold til at tilpasse detaljeringsgraden af mængdeudtræk afhængig af fasen.

Indsigt i de forskellige faser som byggeprojekter i det strategiske partnerskab gennemgår samt opnået forståelse af aktørernes arbejdsopgaver gennem interviews og observationer, har også medført en forbedring af systemet men også, at projektgruppen efterlever "at prøve kommer først". Dette er også et af de principper, som Kiichiro og Taichi Ohno benyttede sig af i udviklingen af JIT.

Men blot fordi de syv principper for JIT er anvendt i løsningsforslaget, er det ikke ensbetydende med, at løsningsforslaget er JIT. Indtil videre er digitale mængdeudtræk af løsningsforslaget afprøvet på forskellige størrelser af byggeprojekter, men leveranceplanen er endnu ikke afprøvet i virkeligheden, hvilket burde afprøves. Ud fra dette kan det konkluderes, hvorvidt løsningen muliggøre JIT-leverancer i virkeligheden og ikke kun i teorien.

12.7 Projektets reliabilitet og validitet

Igennem projektarbejdet har projektgruppen haft fokus på, at projektet skal være af høj reliabilitet og validitet. Derfor har projektgruppen forsøgt at tydeligt at skelne imellem projektgruppens holdninger og forfattere og/eller forskers holdninger.
Derudover er der gjort brug af analyser, som er foretaget af andre end projektgruppen, hvormed subjektivitet mindskes. Derved sikres det, at der opnås en vis reliabilitet i postulater, der fremgår i rapporten. Derudover foretages der triangulering af problemstillinger, hvormed en problemstilling belyses fra flere forskellige vinkler, der yderligere sikrer reliabilitet.
Der anvendes også analyser eller andet materiale udarbejdet af eksperter indenfor de pågældende områder, hvormed der sikres en vis validitet. Det samme gælder for anvendt litteratur i litteraturstudiet.

I dette kapitel har projektgruppen diskuteret de overvejelser, der har været gennem projektet. Projektgruppen har lagt stor fokus på JIT-delen af løsningen i diskussionen, og hvilke overvejelser, der er gjort omkring det, idet løsningsforslaget ikke er afprøvet.
Muligheder og udfordringer ved mængdeudtræk fra BIM-modeller er beskrevet, hvor der stadig er mulighed for at undersøge hvordan mængder bliver trukket fra modellerne i Vico Office.
Sidst i diskussionen er reliabilitet og validitet for projektet diskuteret.

13 | Konklusion

Igennem dette projekt har projektgruppen undersøgt, hvorledes der igennem digitalt mængdeudtræk i objektkbaseret 3D-modeller kan muliggøres JIT-leverancer, hvor datagrundlaget i leveranceplanerne struktureres til at kunne anvendes til dashboards, der visualiserer data fra dette projekt til kalkulationsafdeling og byggeledelse. Dashboards er udarbejdet af Skovbogaard (2022).
Projektet tager udgangspunkt i et litteraturstudie, der undersøger gældende forhold om JIT i bygge- og anlægsbranchen samt analyser af lovgivninger og regulativer, der vedrører mængdeudtræk. Disse undersøgelser trækkes over et casestudie i et strategiske partnerskab udbudt af en dansk kommune. Her afgrænses projektet til at forholde sig til mængdeudtræk for materialer, der vedrør entreprenørvirksomhedens egenproduktion, som entreprenørvirksomheden kan afkalde. Derfor har fokus været på mængdeudtræk og JIT-leverancer til tømrerarbejder.
Gennem anvendelse af konceptuel design klarlægges nuværende processer og arbejdsopgaver i det strategiske partnerskab hvorudfra, der opstilles et løsningsforslag til digitalt mængdeudtræk baseres på lokationsopdelinger, der sammen med LBT danner grundlaget for leveranceplaner. Håndteringen af leverancerne på byggepladsen kan gøre leverancerne JIT, og projektgruppen har beskrevet hvordan håndteringen skal foregå.
Disse specifikke løsninger i casestudiet udbredes herefter til den generelle bygge- og anlægsbranche, hvor der tages højde for gældende lovgivninger og regulativer.

På baggrund af projektarbejdet konkluderes der på problemstillinger og -formulering, som er opstillet i kapitel 2.

13.1 Problemstillingerne

På baggrund af problemstillingerne besvares problemformuleringen.

Hvordan foregår nuværende processer for mængdeudtræk?

Baseret på lovforhold og regulativer kan det konkluderes, at der kan foretages mængdeudtræk. Dog påpeges det, at der i love og regulativer fremgår uklare ansvarsforhold og definitioner om mængdeudtræk, hvilket medfører, at færre aktører i bygge- og anlægsbranchen benytter sig af mængdeudtræk. Derudover påpeger aktører i branchen, at manglende standardisering af forskellige ting såsom kodning, standarder for udbuds- og tilbudslister, manglende konsensus på tværs af fagene om standardmetode for mængdeudtræk og flere andre udfordringer. Derudover beskrives det, at usammenhængende og uklart udbudsmateriale og uklarhed om et mængdeudtræks omfang, bidrager til faldgruber for at anvende mængdeudtræk på byggeprojekter.

Dog konkluderes det af projektgruppen, at der i strategiske partnerskaber udbydes en portefølje af projekter med en hvis ensartethed og fællesskab, der fremmer tekniske udviklingsprocesser og lignende.

I casestudiet, som er i et strategisk partnerskab, er der mulighed for at foretage mængdeudtræk, der tager hensyn til usikkerhederne i love og regulativer.

På nuværende tidspunkt i casestudiet foretages en kalkulation af byggeprojekter på kvadratmeterpriser og erfaringstal for stedspecifikke elementer. Først i Dispositionsforslaget og Projektforslaget udarbejdes en aktivitetsliste af arkitekterne, som benyttes af kalkulationsafdelingen, som kvalitetsikrer store mængder på baggrund af opmålinger af 2D-tegninger i Bluebeam, hvilket giver anledning til fortolkninger og usikkerheder. Dette beskrives yderligere i afsnit 5.4.1 og af Monteiro og Martins (2013); Olsen og Taylor (2017).
På baggrund af aktivitetslisten gøres beregningen af priser mere specifikt og der indhentes tilbud fra UE. Disse priser inkluderes i entreprenørens tilbudsliste hvorudfra, der kontraheres med bygherren.
Alt i alt kan det konkluderes, at kravene til mængdeudtrækket i projekteringstidspunktet er forskelligt fra behovet og anvendelsen i udførelsesfasen, der kræver højere detaljeringsniveau. For mere herom se afsnit 8.5.

Hvilke forudsætninger er der for at kunne foretage et mængdeudtræk, som kan fungere til JIT-leverancer?

I kapitel 10, beskrives de forskellige forudsætninger for, hvornår der kan foretages JIT-leverancer, som er:

- Adgang til 3D-model
- Standardiseret og hierarkisk kodning af bygningsdele
- Beskrivelse af opbygning af bygningsdele samt rækkefølgen for installation i byggeriet.
- Forståelse for arbejdsprocesser
- Adgang til programmer til lokationsbaseret opdeling og mængdeudtræk
- Forstå opmålingsregler til mængdeudtræk
- Forstå modtagerens behov til mængdeudtrækket
- Anvende lokationsbaserede tidsplaner
- Adgang til programmer til datamanipulation og visualisering af leverancedata
- Opstille kanbansystem
- Anvende Last Planner System som kontrolsystem for forbrugsniveau
- Bygherre har opsat tilstrækkelige krav til IKT

Hvorledes ovenstående forudsætninger løses med konkrete værktøjer for casestudiet for kalkulationsafdelingen og byggeledelsen, er kort beskrevet i henholdsvis figur 10.2 og 10.3 i kapitel 10.

Grundlæggende skal der tre interne elementer til, for at kunne oprette en leveranceplan:

- Lokationsbaseret tidsplan
- Lokationsbaserede mængder
- Last Planner System til kontrol

Yderligere kræves der for JIT-leverancer, at leverandøren og håndværkerne inddrages i systemet. Leverandøren skal inddrages i et system, som kan orientere dem om de kommende leverancer ligesom systemet, der beskrives i bilag F.
Håndværkerne skal være med i Last Planner Systemet, som skal gøre det muligt at følge projektet løbende og tilpasse leverancedato og leveranceindhold efter aktuelle forbrugsniveau og projektets fremgang. Dette beskrives nærmere i afsnit 8.4.

Derudover skal nødvendige aktører havde adgang til modellen igennem alle byggeriets faser,

hvor der kan foretages mængdeudtræk på forskellige tidspunkter af forskellige detaljeringsgrader i en *Detached* 3D-model.

For at mængdeudtrækket kan foregå effektivt konkluderes det, at sammensatte elementer i 3D-modellen skal være standardiseret og hierarkisk kodet. Dette beskrives yderligere i afsnit 6.7, 8.9, 9.3 og 10.2. En væsentlig forudsætning for at kunne foretage mængdeudtræk, som kan føre til JIT-leverancer er, at bygherren i IKT-manualen for hvert byggeprojekt kræver logisk hierarkisk kodning af objekter i objektbaserede 3D-modeller. Hvor bygherren yderligere skal kræve, at der foretages klassificering af bygningsdele, kodning, filformater til deling af modellerne og udveksling af information. Dette beskrives nærmere i afsnit 7.5 og 7.3.

Projektgruppen ser mulighed for at mængdeudtrækket foretages under projekteringsfasen og prissætningsfasen med løbende opdateringer og revideringer af Excelarket til import i Vico Office. Mængdeudtrækket kan herefter anvendes til prissætning og indkøb.
Mængdeudtrækket skal også anvendes af byggeledelsen, hvor anvendt tid til beregning af mængder til materialendkøb forventes reduceres.

Gennem tilpasning af Excelarket kan både kalkulationsafdelingens og byggeldelselsens behov tilgodeses ved at øge detaljeringsgraden i takt med detaljeringsgraden af byggeprojektets projektmateriale. Her skal kalkulationsmedarbejderen kunne prissætte og kvalitetssikre mængder ud fra mængdeudtrækket og byggeledelsens skal kunne bestille materialer på lokationsniveau for at mindske behovet for lager på byggepladsen. Byggeledelsens behov udmunder sig i en leveranceplanen med lokationsbaserede mængder. Dette fremgår af tabel 10.7.

Ved inddragelse af håndværkerne til oprettelse af tidsplanen, kan håndværkerne fra begyndelsen forstå flowet af byggeriet, og dermed forstå behovet for at følge flowet. Inddragelsen er oplagt, og kan systematiseres ved Last Planner Systemet. Ved Last Planner Systemet kan der oprettes en lokationsbaseret tidsplan. Projektgruppen ser mulighed for at anvende en lokationsbaseret tidsplan når typen af projektet, er som beskrevet i teorien fra Kenley og Seppänen (2010) og Ballard og Tommelein (2021). Dette fremgår nærmere af afsnit 6.6, 8.4 og 10.4.1.

Med leveranceplanen alene kan der ikke sikres JIT-leverancer. Kun ved at anvende styringssystemet for JIT (Kanbans) kan der opnås JIT-leverancer.
Det konkluderes på baggrund af analyser af JIT i bygge- og anlægsbranchen og teori om JIT, at der kan anvendes følgende kanbans i branchen:

- Leverandørkanban
- Trækkende kanban
- Produktionsordrekanban
- Signalkanban

Disse er beskrevet i følgende afsnit: 6.2, 8.2.1 og 9.1.1.
Ved at anvende disse kanbans og løsningsforslaget, kan ordrer, der tidligere var periodiske og ikke-periodiske tilrettelægges som planlagte ordre. Dette kan sikre produktionens planlægning og reducere risici for produktionsstop.

Hvordan kan der anvendes JIT i bygge- og anlægsbranchen?

I analysen i kapitel 8 beskrives det, hvordan JIT og dets delkomponenter kan tilpasses bygge- og anlægsbranchen.

Projektgruppen kan på baggrund af ovenstående analyser konkludere, at JIT-leverancer i bygge- og anlægsbranchen kan opnås ved at sammenkoble følgende informationer:

- Mængdeudtræk på 100 % af byggeprojektet
- Tidsplan
- Lokationsopdeling

Ved at anvende disse tre typer af informationer på et bygge- eller anlægsprojekt, kan lokationen, tidspunktet og indholdet af en leverance bestemmes, hvormed der kan oprettes en leveranceplan, der kan muliggøre JIT-leverancer for styrende og planlagte ordrer.

Systemet, der styrer JIT, for leverancer er kanban. Som tidligere beskrevet kan fire typer af kanbans anvendes, der sørger for materiale- og arbejdsflow på et byggeprojekt. Dette er afbilledet i piktogrammet på figur 8.2, hvor anvendelsen af leverandørkanban og produktionsdelsbehovsprognose fremgår.

Et grundlæggende element i JIT er leverandørsamarbejde, som gør det muligt at få leverancerne til at ankomme på det bestemte tidspunkt. Dette sikres sammen med kvalitetssikring (TQM) ved at inddrage leverandøren tidligt i byggeprojektet.

Idet mængdeudtræk er et grundlæggende element for JIT-leverancer i bygge- og anlægsbranchen, skal der tages højde for de udfordringer aktørerne oplever i forbindelse med mængdeudtræk, som beskrevet tidligere i dette kapitel.

Fordele ved at få en nøjagtig leverance og rigtige mængder sammen med JIT-principper, ser projektgruppen som:

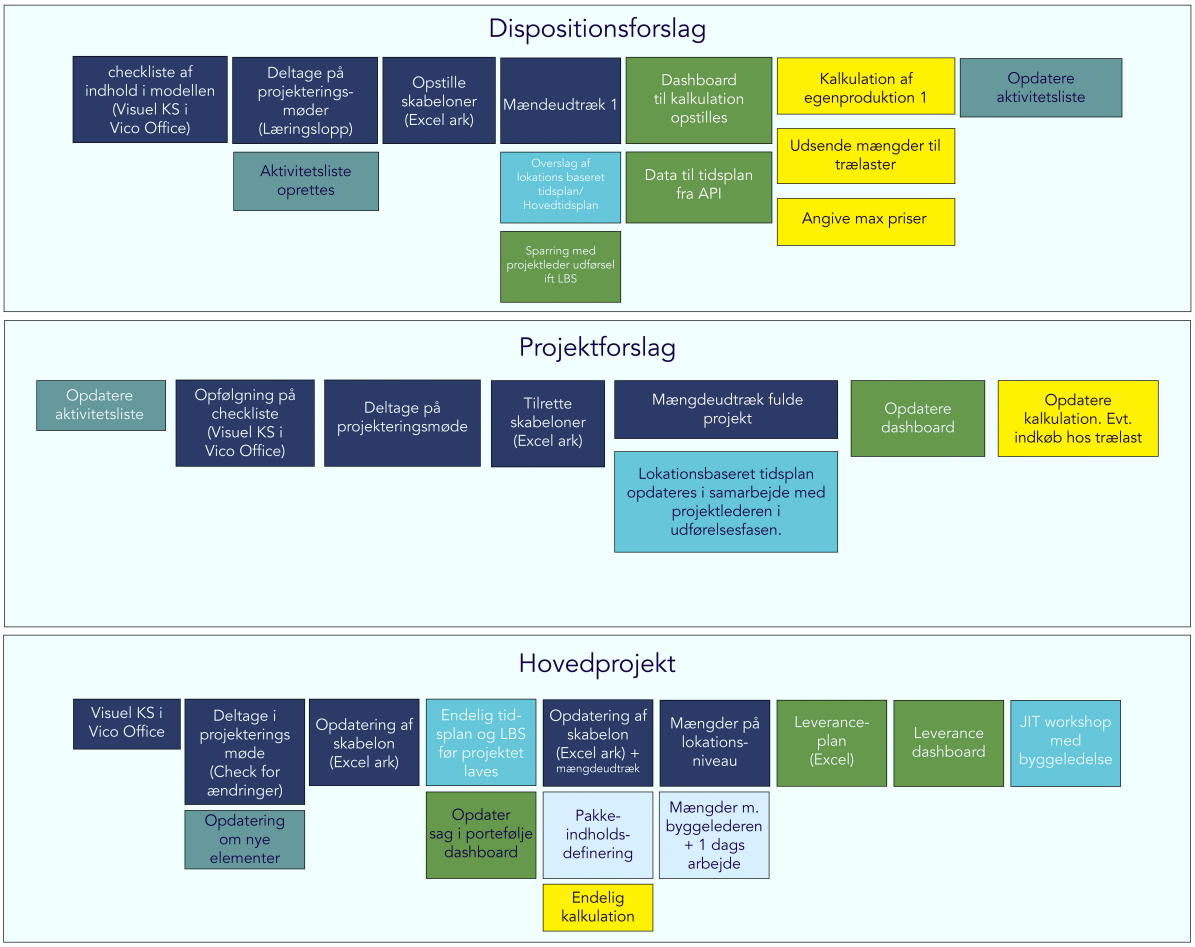
- Mængdeudtræk som giver overblik over mængden af materialer til leveranceplaner eksempelvis via Vico Office.
- Lokationsbaserede tidsplaner som giver overblik over forskellige aktiviteter på forskellige lokationer.
- Last Planner systemet til monitorering af arbejdet og inddragelse af medarbejdere/håndværkere i arbejdsprocessen.

Projektgruppen ser også, at der er nogle globale omstændigheder (stigende materialerpriser (Statistik, 2021)), der gør JIT i bygge- eller anlægsprojekter højaktuelt. Ud fra litteraturen fra van Driel og Dolfsma (2009); Ohno (1988) beskrives det, at under kriser, hvor materialer blev dyrere og sværere at købe, konsoliderede praksis for JIT i Toyota. Derfor ser projektgruppen, at der er mulighed for at initiere ændringer mod JIT, mens høje materialepriser stadig eksisterer. Projektgruppen ser dog også et behov for at have et tæt samarbejde med de aktører, som ændringen påvirker, for at sikre en succesfuld implementering, som Monden (2012) og Ohno (1988) også argumentere for. Dette fremgår yderligere af afsnit 8.1.

Hvordan trækkes BIM-baserede mængder ud af et byggeprojekt?

I løbet af projektet er der beskrevet, hvordan et BIM-baseret mængdeudtræk kan foretages, vilkårene herfor samt muligheder og begrænsninger der kan opstå ved det.
Ifølge Monteiro og Martins (2013) kan der anvendes forskellige programmer til at foretage mængdeudtræk, og Wahab og Wang (2022) og Seongah et al. (2019) belyser, at BIM-baseret mængdeudtræk er mere detaljeret end andre former for mængdeudtræk. I dette projekt har projektgruppen anvendt Vico Office, idet mængderne kan opdeles på lokationer.

Mængdeudtræksprocessen i Vico Office er beskrevet i detaljer i afsnit 10.4 og med flere screenshots i bilag H. Processen omkring mængdeudtrækket er beskrevet i afsnit 10.3.
Mængdeudtræksprocessen starter med en eksportering fra Revit til Vico Office og ender med en rapport fra Vico Office med data fra mængdeudtrækket. Processen er vist på figur 13.1.



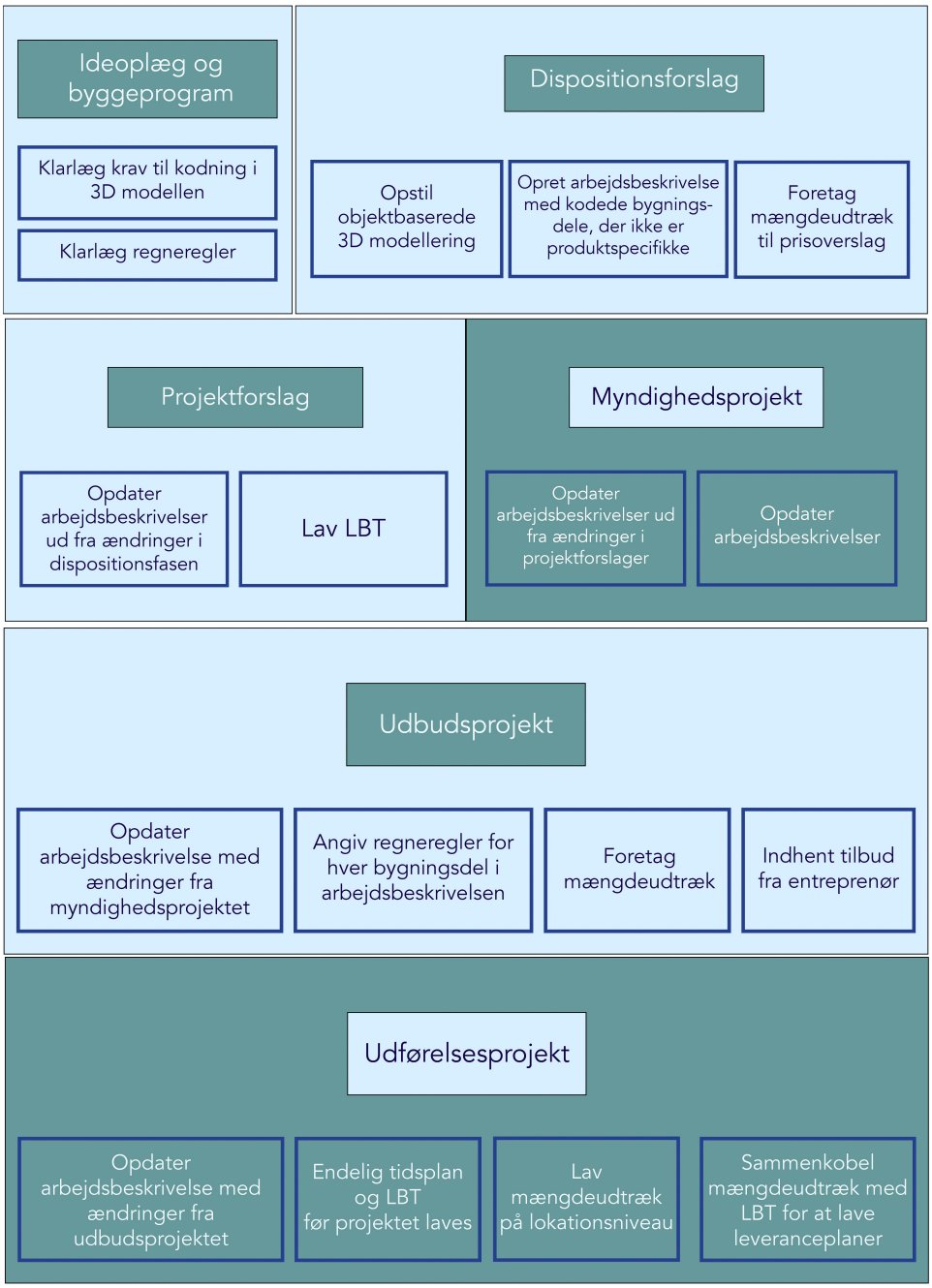
Figur 13.1: Af figuren fremgår hvilke processer, der skal til for at foretage BIM-baseret mængdeudtræk for byggeprojekt.

Ved at anvende projektgruppens importeringsmetode, begrænses en virksomhed ikke af at alle skal have en computer med Vico Office. Det er muligt at lave et Excelark, som kan importeres og opdatere et mængdeudtræk.
I Excelarket er det nødvendigt at vælge hvilke opmålingsregler, som en mængde trækkes ud med. Projektgruppen har opstillet opmålingsregler for en objekttype, der fremgår af bilag J.
For at mængdeudtrækket følger IKT-bekendtgørelsen, skal opmålingsreglen fremgå for hvert produkt. Derfor har projektgruppen haft behov for at anvende *Tags*, som beskrives i bilag I.

Hvilke processer skal opsættes for at kunne muliggøre JIT-leverancer på et byggeprojekt?

Processerne for at muliggøre JIT-leverancer har taget udgangspunkt i indsamlet data til opstillingen af løsningsforslaget til casestudiet. Derefter er løsningen forsøgt at generalisere til bygge- og anlægsbranchen med hensyn til gældende love og regulativer for offentlige

byggeprojekter. Dette beskrives yderligere i kapitel 11.
Processen for at muliggøre JIT-leverancer til et gængs byggeprojekt er illustreret i figur 13.2. I figuren er beskrevet en række arbejdsopgaver, som skal udføres i løbet af et byggeprojekt for at kunne opnå JIT-leverancer.



Figur 13.2: Af figuren fremgår arbejdsopgaver for at opnå JIT-leverancer i et byggeprojekt. Samme figur fremgår i kapitel 11.

13.2 Problemformulering

Hvordan kan der laves Just-In-Time-leveranceplan ud fra mængdeudtræk på et byggeprojekt?

Projektet har taget udgangspunkt i litteratur om JIT og mængdeudtræk anvendt i bygge- og anlægsbranchen, hvoraf projektgruppen ser et researchgap vedrørende anvendelsen af JIT, da kun en begrænset mængde af litteratur blev fundet med den samme vinkel som nærværende projekt. Derudover tog projektet udgangspunkt i udviklingsmetoden, Kontekstuel Design. Dette skulle give projektgruppen mulighed for at anvende en systematisk metode til at forstå, hvordan udviklingen af et system skulle foregå. I projektarbejdet anvendes også Storyboarding fra kontekstuel design, hvor der beskrives, hvordan processen for at udarbejde en leveranceplan beskrives.

Ved at sammenkoble mængdeudtræk, lokationsbaseret tidsplaner og tidsplaner er det muligt at udarbejde JIT-leverancer til levering af de nødvendige mængder, til den korrekte lokation til den tid, hvor materialerne skal anvendes i byggeriet. Dette beskrives i kapitel 10. Dog er leveranceplanen kun en del af JIT. For at operationalisere JIT, kræver det, at byggeledelsen på byggeprojektet integrerer kanbanssystem og Last Planner Systemet til kontrol.

Projektet tager udgangspunkt i et casestudie i et strategisk partnerskab, som anses som værende et optimalt sted, at foretage JIT-leverancer på grund af aktørernes tætte samarbejde. Derudover kan mængdeudtrækket løbende tilpasses således, at dette optimeres og gør processen fra model til JIT-leveranceplan hurtigere. Dette fremgår også af afsnit 7.6.

Projektgruppen har undersøgt processerne for casestudiet og fastlagt, hvornår i projektfasen processen for mængdeudtrækket kan starte og hvornår en lokationsbaseret tidsplan kan knyttes til mængeudtrækket for dermed at oprette en leveranceplan, der muliggør JIT-leverancer.
Projektgruppen konkluderer, at JIT-leveranceplaner kan tilpasses kanbans på byggepladsen. Afhængigt af projektets indhold, kan forskellige kanbans anvendes. Især trækkende kanbans og leverandørkanbans vil være relevante for bygge- og anlægsbranchen, idet disse vil kunne skabe fremdrift for projektet ved at udnytte *Pull*-effekten, som er beskrevet i kapitel 6. Kanbans vil til forskel fra produktionsindustrien, have fokus på lokation i stedet for produkt.

Projektgruppen har undersøgt, om det var muligt at finde lokationsbaserede mængder i afsnit 10.4 og knytte det til en lokationsbaseret tidsplan, hvormed udarbejdelsen af en leveranceplan var muligt. Der er taget udgangspunkt i en model fra Revit, som bliver eksporteret til Vico Office, hvor Vico Office gør det muligt at lokationsopdele mængder.
Projektgruppen har påpeget muligheder og udfordringer ved mængdeudtrækket i afsnit 8.9.

Den opstillede leveranceplan er herefter benyttet til at visualisere denne i et dashboard, udarbejdet i et andet speciale, som fremgår af appendiks B.

Dog skal det bemærkes, at projektgruppen vurderer, at JIT i bygge- og anlægsbranchen ikke kan opnås på samme måde som i produktionsindustrien, idet der er faktorer, som forskellige regler og lovgivning mellem disse brancher.

14 | Det videre arbejde

I dette kapitel beskrives mulige arbejdsområder, der kan gøre det opstillede løsningsforslag bedre samt nemmere og tilpasses således flere aktører i bygge- og anlægsbranchen kan gøre brug af løsningsforslaget.

For at kunne opstille et godt løsningsforslag, der tager hensyn til problemområdets udfordringer og muligheder, har projektgruppen være nødsaget til at afgrænse og fokusere projektarbejdet indenfor bestemte områder. Hvis der havde været mere tid kunne projektgruppen med fordel have undersøgt følgende emner, som kunne have løsningsforslaget mere gavnligt for en brede skare af aktører og til flere formål, som projektgruppen vurderer bliver brændpunkter i forbindelse med nye krav til bæredygtighed i forbindelse med den Bygningsreglement 2023.
Nedenstående emner er emner, der med fordel kan undersøges i forbindelse med andre projekter eller specialer på Aalborg Universitet eller i entreprenørvirksomheden, der kan anvende løsningsforslaget 1:1 på byggeprojekter i deres strategiske partnerskaber.

14.1 Projektændringer

En vigtig egenskab at kunne klare ved et byggeprojekt er at kunne håndtere projektændringer løbende i projektet. Dette har dette projekt ikke haft som fokusområde, men dette er et vigtigt område at kunne håndtere, idet projektændringer sker ofte.

14.2 Spild

Et væsentligt element i løsningsforslaget er indarbejdelsen af spild i beregningen af mængder for hvert materiale. Indarbejdelsen af spild skal tage hensyn til eventuel beskadigelse af materialet eller spild i form af afskær og lignende. Dog er angivelsen af spild ikke baseret på kvalificeret erfaringer, undersøgelser eller andet materiale men blot en forudindtagelse. Fastlæggelsen af værdien for spildprocent for hvert materiale under hvert fagdiciplin, bør derfor undersøges nærmere og gerne i forbindelser med et antal byggeprojekter i udførelsesfasen. Her foreslår projektgruppen, at spildmængden fastlægges for hver fagdiciplin ved at granske projekter ud fra bestilte varer kontra fremskridt. Her kan fremskridtet i byggeprojekterne vurderes på baggrund af byggemødereferater, hvor der skal angives fremgang i procent for hver UE involveret i byggesagen. Herefter kan spildet i byggeriet fastlægges på baggrund af følgende formel:

$$\text{Spild} = \text{Bestilt} - \text{Mængdeudtrækkets mængde} + \text{ekstra forbrug}$$

Dette kan herefter sammenlignes med spildprocenten for det samlede byggeri fastlagt af Lasse Fredslund, Postdoc researcher på BUILD. Ved et foredrag med Lasse Fredslund om Forsyningskædens rolle i det komplekse byggeri påpeges det, at spildprocent er 13% for et samlet byggeprojekt i udførelsesfasen. Dette kunne nærmere defineres på produktniveau, som dermed kunne indsættes som faktor for det pågældende produkt.

14.3 Regneregler og ansvarsfordeling

Herudover er anvendelsen af regneregler for materialerne i et byggeprojekt også væsentligt for løsningsforslaget, men som der ifølge kapitel 7 mangler indenfor den danske bygge- og anlægsbranche, der vil gøre aktørerne modtagelige overfor brugen af løsningsforslaget i forhold til mængdeudtræk. Derfor er det væsentligt, at der i fællesskab med repræsentanter for Bygherreforeningen, arkitekter, ingeniører, entreprenører og underentreprenører opstilles fælles standarder, der kan gøre mængdeudtræksprocessen og verificeringsprocessen mere gennemskueligt og ensartet. Således kan nogle af problematikker vedrørende mængdeudtræk, belyst i kapitel 7, overkommes, hvormed flere aktører vil tage løsningsforslaget til sig.
Derudover kan regneregler for tømrerdisciplinen specificeres/detaljeres og andre fagdicipliner som installation og el med fordel undersøges, idet dette ikke indgår i det opstillede løsningsforslag. Derved kan løsningsforslaget anvendes af flere aktører i bygge- og anlægsbranchen.

14.4 Vedligeholdelse af leveranceplanen

En faldgrube i løsningsforslaget er den videre bearbejdning af leveranceplanen i forhold til det aktuelle forbrugsniveau på byggepladsen samt revideringer i den lokationsbaserede tidsplan på grund af uforudset forhindringer. Faldgruben ligger i, hvorledes leveranceplanerne revideres lettes for byggelederen. Dette tiltrods for, at leveranceplanen er udarbejdet i PowerQuery således, at hvis der inputtes den samme form for data i skabelonen i PowerQuery, så kan den opstillede leveranceplan generes automatisk ved at bruge skabelonen i PowerQuery.
For at kunne gøre det muligt at revidere leveranceplanen i forhold til det aktuelle fremskridt i udførelsesfasen og gøre anvendelsen af løsningsforslaget nemmere for byggeledelsen, foreslår projektgruppen, at dette undersøges nærmere.

14.5 Lokationsbaserede tidsplaner

Under projektarbejdet blev projektgruppen opmærksomme på, at Exigo har udviklet et nyt værktøj til at håndtere lokationsbaseret tidsplaner, Taktplan. Ifølge Exigo skal det nye værktøj gør det muligt oprette tidsplaner, der nemmere kan opsættes samt redigeres og understøtte, forbinde og skabe bedre flow i lokationsbaseret tidsplaner, som kan optimere tidsplanlægningen for byggerier og byggerier med omkring 300 lokationer.
Idet løsningsforslaget baseres på lokationsbaseret tidsplaner kunne det være en fordel at undersøge, om revideringen af leveranceplaner kan forbindes til dette system, således eventuelle revideringer i leveranceplanerne kan gøres nemmere.

14.6 Leverancepakkernes størrelse og grøn omstilling

På nuværende tidspunkt er leveranceplanen defineret på baggrund af pakker baseret på aktivitetslisten og startdatoen for hver aktivitet, der er angivet i LBT. En optimering af pakkeløsningen kunne være at definere pakkerne efter konstant bestillingsmængdesystemet, der er beskrevet i afsnit 6.4.
Dette kunne med fordel kombineres med fokus på den grønne omstilling i bygge- og anlægsbranchen, således materialer ikke kun leveres efter forbrugsniveauet på byggepladsen, men også således CO_2 påvirkningen fra transport af materialer minimeres.
Andre tiltag, der kan arbejdes videre for at være med til en grønnere bygge- og anlægsbranche, er

at undersøge, hvordan informationerne indlagt i mængdeudtrækket og selve mængdeudtrækket i løsningsforslaget kan benyttes til livscyklusanalyser. Dette vil være med til at give aktører i bygge- og anlægsbranchen til nemmere at kunne vurdere og foretage miljørigtige valg. Dette er også aktuelt for bygge- og anlægsbranchen, idet der stilles krav om LCA beregninger i Bygningsreglementet 2023, der indeholder tiltag fra den frivillige bæredygtighedsklasse for nybyggeri over $1000m^2$.

14.7 Implementering af JIT

Hvis tidsrammen for projektet havde været større, kunne projektgruppen med fordel af undersøgt, hvorledes løsningsforslaget kunne implementeres i entreprenørvirksomheden, hvor der ifølge litteraturstudiet med fordel kunne have benyttet 5S i forhold til implementeringen af JIT.
Idet hovedfokus for dette projekt har været at opstille et system, der gør det muligt at foretage JIT-leverancer, har implementeringsdelen ikke været i fokus.
I denne sammenhæng vil projektgruppen påpege, at der i det opstillede løsningsforslag ikke er nemt for entreprenøren, at opdatere og vedligeholde leveranceplanen uden at have PowerQuery skabelonen. Dette bør også være et fokuspunkt, når løsningsforslaget skal implementeres.

Projektgruppen har gjort nogle iagttagelser i løbet af projektet, som der bør taget højde for i løbet af implementeringen. Derfor gives der en kort beskrivelse af hvordan projektgruppen ville tilgå en implementering af JIT-leverancer på et byggeprojekt.

Til at starte med kan det give mening kun at lave leverancer ud fra datoerne på LBT. Men man bør arbejde mod at arbejde mod at arbejde med kanbans. Projektgruppen anbefaler en gradvis ændring af procedurer for at opnå JIT-leverancer. Dette vil kræve anvendelse af kanbans, men dette vil kræve samarbejde med håndværkerne, som kræver en indgående forståelse af LPS. Derfor er det nødvendigt at tage implementering af nye systemer, som fører til JIT-leverancer, gradvist. Eksempelvis kunne man starte med mængdeudtræk og LBT. De to kunne lægges sammen til en leveranceplan, som leverandøren og byggeledelsen kunne tilgå. Leverandøren skulle have mulighed for at se ændringer i leveranceplanen, hvor byggeledelsen skulle have mulighed for at ændre på leverancedatoen og indholdet i leverancen. Derudover bør der snarest muligt implementeres produktionsdelsbehovsprognose, som et system til at signalere overfor leverandøren hvilke leverancer, som bliver aktuelle indenfor den næste måned.
Dernæst kunne byggeledelsen arbejde mod et system for at få leverancerne til at ankomme til byggepladsen så leverancen kunne håndteres effektivt. Leverancerne bliver på nuværende tidspunkt ikke leveret til installationslokationen, og det kræver logistik, at få materialerne til at ankomme på installationslokationen på tidspunktet, hvor håndværkerne er klar. Der skal derfor et signal til dem, som håndtere materialerne om, at håndværkerne snart er klar til at kunne modtage materialer på en lokation.
For at kunne lave et signalsystem, kunne der anvendes LPS's morgenmøder. Dermed kunne håndværkerne hver morgen signalere (ved kanbans eller anden metode), hvor langt de er nået på deres nuværende lokation. Derudover bør PPU igangsættes, for at give en indikation på om byggeriet har sunde aktiviteter, eller om byggeriet har udfordringer. Næste trin er at introducere kanbans på LPS's morgenmøder og look-ahead-møder. Dette kræver at håndværkerne forstår systemet for trækkende kanbans og produktionsordrekanban. De trækkende kanbans ville anvendes for at signalere til den næste håndværker at lokationen er fri og der kan påbegyndes arbejde. Produktionsordrekanban kan anvendes til at beskrive hvilket arbejde, som skal foregå på den lokation. Derudover vil det være optimalt, hvis håndværkerne løbende kan komme med

forbedringer af processer, således at byggeledelsen og håndværkere arbejder sammen mod at kunne færdiggøre byggeriet så effektivt som muligt.

Dermed er der givet et forslag til implementeringen for JIT-leverancer, og hvordan det projektgruppen anbefaler at implementeringen sker gradvist ved at inddrage flere og flere dele af løsningsforslaget.

15 | Litteraturliste

Aalborg Universitet, **2021a**. Aalborg Universitet. *Byggeledelse, civilingeniør. 2021a,* `https://www.aau.dk/uddannelser/kandidat/byggeledelse`. *Besøgt: 26/05/2022.*

Aalborg Universitet, **2021b**. *Aalborg Universitet. Studieordning for kandidatuddannelsen (Cand.Polyt) i byggeledelse, Sommer 2020. 2021b,* `https://studieordninger.aau.dk/2021/29/2426`. *Besøgt: 26/05/2022.*

Aalborg Universitetsbibliotek, **2017**. *Aalborg Universitetsbibliotek. Søgeteknik. 2017,* `https://www.aub.aau.dk/find-materiale/soegemaskine/soegeteknik/`. *Besøgt: 27/05/2022.*

Akadamiet for Talentfulde Unge, **2017**. *Akadamiet for Talentfulde Unge. Deduktion, induktion og abduktion – en note. 2017,* `https://atumidt.dk/sites/default/files/aktiviteter/forskningsstrategier_mc.pdf`. *Besøgt: 27/05/2022.*

Akintoye, **1994**. *Akintola Akintoye. Just-in-Time application and implementation for building material management. Construction Management and Economics, Vol. 13, pp. 105–113, 1994.*

Andersen, **2021**. *Ulrik Andersen. Ny aftale: CO2-krav til nybyggeri fra 2023. 2021,* `https://ing.dk/artikel/ny-aftale-co2-krav-nybyggeri-2023-244491`. *Besøgt: 22/02/2022.*

Ang og Low, **2003**. *Gin Keng Ang og Sui Pheng Low. Integrating Jit and 5-S Concepts for Construction Site Management: A Case Study. The International Journal of Construction Management, Vol. 3, No. 1, pp. 31–47, 2003.*

Arkitektskolen Aarhus et al., **2017**. *Arkitektskolen Aarhus, AART architects, Arkitema Architects, C.F. Møller, CUBO Arkitekter A/S, Friis & Moltke A/S, Link Arkitektur og Schmidt Hammer Lassen Architects. BIM7AA TYPEKODNING. 2017,* `http://bim7aa.dk/BIM7AA_Typekodning.html`. *Besøgt: 02/03/2022.*

Askehave et al., **2015**. *Inger Askehave, Heidi Linnemann Prehn, Jens Pedersen og Morten Thorsø Pedersen. PBL - Problembaseret læring. Aalborg Universitet - Rektorsekretariatet, 2015. Brochure fra AAU.*

Ballard og Tommelein, **2021**. *Glenn Ballard og Iris Tommelein. 2020 CURRENT PROCESS BENCHMARK FOR THE LAST PLANNER® SYSTEM OF PROJECT PLANNING AND CONTROL. Lean Construction Journal 2021, 2021, pp. 53–155, 2021.*

Birrell, **1980**. *George S. Birrell. Construction-Planning - Beyond the Critical Path. Journal of Construction Division, Ameriacan Society of Civil Engineers, Vol. 106, No. 3, 1980, pp. 389–407, 1980.*

Bryman, **2012**. *Alan Bryman. Social Research Methods. Oxford University Press, 4.udgave edition, 2012. ISBN 978-0-19-958805–3.*

Bygherreforeningen og Molio, **2020**. *Bygherreforeningen og Molio. Udbud med mængder 2020. 2020,* *https://molio.dk/media/32qdhtb0/udbud-med-m%C3%A6ngder-2020-4.pdf*. *Besøgt: 14/05/2022.*

Creswell, **2009**. *John W. Creswell. Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Sage Publications Inc., 2009. ISBN 978-1412965576.*

Dalland, **2012**. *Olav Dalland. Metode og oppgaveskriving for studenter. Gyldendal akademisk, Oslo, 5.udgave edition, 2012. ISBN 9788205423985.*

Danmarks statistik, **2021**. *Danmarks statistik. Klima. 2021,* *https://www.dst.dk/da/Statistik/temaer/klima*. *Besøgt: 09/06/2022.*

Dubois og Gadde, **2000**. *Anna Dubois og Lars-Erik Gadde. Supply strategy and network effects — purchasing behaviour in the construction industry. Construction Management & Economics, Vol. 6, No. 3-4, pp. 207–215, 2000.*

Dunn, **2020**. *Rob Dunn. Improved Quantity Takeoffs Headline Revu 2019. Design Cost Data, Vol.64, iss.1, s.20–40, 2020.*

Erik Fossåskaret, **1997**. *Tor Halfdan Aase Erik Fossåskaret, Otto Laurits Fuglestad. Metodisk feltarbeid, produksjon og tolkning av kvalitative data. Universitetsforlaget, 1997. ISBN 9788200229148.*

ExlibrisPrimo, **2018**. *ExlibrisPrimo. Primo Your digital gateway to a wealth of content. 2018,* *https://exlibrisgroup.com/products/primo-discovery-service/*. *Besøgt: 27/05/2022.*

Flick, **2011**. *Uwe Flick. Introducing research methodology: A beginner's guide to doing a research project. London: Sage, 2011. ISBN 9781526496935.*

Foreningen af Rådgivende Ingeniører og Danske Arkitektvirksomheder, **2018**. *FRI Foreningen af Rådgivende Ingeniører og DANSKE ARK Danske Arkitektvirksomheder. Vejledningen til Ydelsesbeskrivelsen for Byggeri og Landskab 2018. Danske Arkitektvirksomheders hjemmeside findes denne kilde, 1.udgave edition, 2018. ISBN 978-87-93451-07-0.*

Frederiksen og Jensen, **2020**. *Susie Frederiksen og Line Jensen. Indvendige vægge af gips. 2020,* *https://www.bolius.dk/indvendige-vaegge-af-gips-18952*. *Besøgt: 05/06/2022.*

Heggland, **2020**. *Nils-Ole Heggland. Spildtid spænder ben for byggeriet. 2020,* *https://www.licitationen.dk/article/view/741956/spildtid_spaender_ben_for_byggeriet*. *Besøgt: 18/05/2022.*

Holtzblatt og Beyer, **2021**. *Karen Holtzblatt og Hugh R. Beyer. 8. Contextual Design. 2021,* *https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/contextual-design*. *Besøgt: 16/03/2022.*

Jan Johansson, **2020**. *Jan Johansson. Brundtlandsrapporten. 2020,* *https://issuu.com/janjohansson13/docs/brugerinvolvering_-_udvikling_af_b_redygtighed_i_a/s/10769598*. *Besøgt: 26/05/2022.*

Jaudan og SiteHub, 2021. *Jaudan og SiteHub. Mindre materialespild på byggepladsen. 2021, https://molio.dk/nyheder-og-viden/netvaerk/contech-lab/projekter/pionerprojekter/mindre-materialespild-pa-byggepladsen. Besøgt: 18/05/2022.*

Kenley og Seppänen, 2010. *Russell Kenley og Olli Seppänen. Location-Based Management for Construction. Spon Press, 2010. ISBN 978-0-415-37050-9. 1. udgave.*

Khosakitchalert et al., 2019. *Chavanont Khosakitchalert, Nobuyoshi Yabuki og Tomohiro Fukuda. Improving the accuracy of BIM-based quantity takeoff for compound elements. Automation in construction, Vol.106, p.102891, 2019.*

Kitchenham og Charters, 2007. *Barbara Ann Kitchenham og Stuart Charters. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering, 2007.*

Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget, 2019-2020. *Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget. Anbefalinger til regeringen fra Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren. 2019-2020, https://www.ft.dk/samling/20191/almdel/KEF/bilag/393/2229190.pdf. Besøgt: 22/02/2022.*

Kvale, 1997. *Steinar Kvale. Interview - En introduktion til det kvalitative forkningsinterview. Hans Reitzels Forlag, 1.udgave edition, 1997. ISBN 978-412-2816-2.*

Legal Desk, 2007. *Legal Desk. Udbudsloven. 2007, https://danskelove.dk/udbudsloven. Besøgt: 31/05/2022.*

Lubson, 2021. *Paul Lubson. Byggeriets omsætning. 2021, https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/erhvervsliv/byggeri-og-anlaeg/byggeriets-omsaetning. Besøgt: 15/03/2022.*

Malmgreen, den 7.juni 2021. *Henrik Malmgreen. Mindre materialespild skaber en bedre byggeplads og giver en bedre bundlinje. den 7.juni 2021, https://www.businessinsights.dk/byggeri/contech/mindre-materialespild-skaber-en-bedre-byggeplads-og-giver-en-bedre-bundlinje/. Besøgt: 18/05/2022.*

May, 2011. *Tim May. Social research: Issues, methods and research. London: McGraw-Hill International, 2011. ISBN 9780335235674.*

Moher et al., 2009. *David Moher, Allessandro Liberati, Jennifer Tetzlaff, Douglas G. Altman og The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement, 2009. Besøgt d. 14/3.*

Molio, 2022. *Molio. CCS-Cuneco Classification System. 2022, https://molio.dk/produkter/digitale-vaerktojer/gratis-vaerktojer/ccs-cuneco-classification-system. Besøgt: 08/04/2022.*

Molio, 2022. *Molio. Aftale og kommunikation. 2022, https://molio.dk/produkter/digitale-vaerktojer/aftale-og-kommunikation. Besøgt: 31/05/2022.*

Molio, a. *Molio. bips Opmålingsregler 2008. a, https://anvisninger.molio.dk/gratis-vaerktojer/~/link.aspx?_id=5E5B1B36832B47EB84CD4297B66CBB22&_z=z. Besøgt: 26/05/2022.*

Molio, **b**. *Molio. CCS Måleregler. b,* https://anvisninger.molio.dk/gratis-vaerktojer/ccs%20maaleregler. *Besøgt: 26/05/2022.*

Monden, **1998**. *Yasuhiro Monden. Toyota production system : an integrated approach to just-in-time. Norcross: Engineering & Management Press, 1998. ISBN 9780898061802. 3. udgave.*

Monden, **2012**. *Yasuhiro Monden. Toyota production system: an integrated approach to just-in-time. Taylor & Francis Group, CRC Press, 2012. ISBN 978-1-4398-2097-1. 4. udgave.*

Monteiro og Martins, **2013**. *André Monteiro og João Poças Martins. A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. Automation in construction, Vol.35, pp. 238–253, 2013.*

Nyeng, **2012**. *Frode Nyeng. Nøkkelbegreper i forskningsmetode og vitenskapsteori. Fagbokforlaget, 2012. ISBN 9788245012774.*

Ohno, **1988**. *Taiichi Ohno. Toyota Production System - Beyond Large-Scale Production. Taylor & Francis Inc., 1988. ISBN 978-0-915-29914-0.*

Olsen og Taylor, **2017**. *Darren Olsen og J. Mark Taylor. Quantity Take-Off Using Building Information Modeling (BIM), and Its Limiting Factors. Procedia engineering, Vol.196, pp. 1098–1105, 2017.*

Olsson, **2011**. *Nils Olsson. Praktisk rapportskriving. Tapir akademisk forlag, 2011. ISBN 9788251927710.*

Phan og Matsui, **2010**. *Chi Ahn Phan og Yoshiki Matsui. Comparative study on the relationship between just-in-time production practices and operational performance in manufacturing plants. Operations Management Research, Vol. 3, No. 3-4, pp. 184–198, 2010.*

Pheng og Hui, **1998**. *Low Sui Pheng og Mok Sze Hui. The application of JIT philosophy to construction: a case study in site layout. Construction Management & Economics, Vol. 17, No. 5, pp. 657–668, 1998.*

Pheng og Jayawickrama, **2012**. *Low Sui Pheng og Thilini Shiromani Jayawickrama. Just-in-time systems - Springer Optimization and Its Applications. Springer Science+Business Media, LLC, 2012. ISBN 978-1489995803. Kapitel 12: Just-in-Time Management of a Building Project in the Middle-East.*

Redaktionen/stkj, **24. november 2021**. *Redaktionen/stkj. E&P-team genvinder milliardpartnerskab i København. 24. november 2021,* https://www.licitationen.dk/article/view/821689/epteam_genvinder_milliardpartnerskab_i_kobenhavn. *Besøgt: 15/03/2022.*

Sacks et al., **2018**. *Rafael Sacks, Chuck EastmanGhang, Paul Teicholz og Kathleen Liston. BIM handbook. John Wiley & Sons, Inc., 3. udgave edition, 2018. ISBN 978-1-1192-8753-7.*

Samset, **2014**. *Knut Samset. Prosjekt i tidligfasen - Valg av konsept. Fagbokforlaget, 2014. ISBN 9788245017540.*

Saunders et al., 2019. *Mark N. K Saunders, Philip Lewis og Adrian Thornhill. Research methods for business students. Pearson Education, pearson education limited edition, 2019. ISBN 9781292208787.*

Selskabsadvokaterne, 2014. *Selskabsadvokaterne. Hvad er forskellen på AB 18, ABT 18, ABR 18 og AB forbruger? 2014, https://www.selskabsadvokaterne.dk/artikler/entrepriseret/hvad-er-forskellen-paa-ab-18,-abt-18,-abr-18-og-ab-forbruger/. Besøgt: 31/05/2022.*

Seongah et al., 2019. *Kim Seongah, Chin Sangyoon og Kwon Soonwook. A discrepancy analysis of BIM-based quantity take-off for building interior components. Journal of Management in Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE), Vol. 35 No. 3., 2019.*

Joachim Skovbogaard. Visualizing logistical data for supply chain monitoring and improvement. Master's thesis, Syddansk Universitet, Master in Data Science, 2022.

Statistik, 2021. *Danmarks Statistik. Materialer trækker byggeomkostningerne op. 2021, https://www.dst.dk/da/Statistik/nyheder-analyser-publ/nyt/NytHtml?cid=32163. Besøgt: 18/05/2022.*

Tjora, 2021. *Aksel Tjora. Kvalitative forskningsmetoder i praksis. Gyldendal, 2021. ISBN 9788205546530.*

Transport og Boligministeriet, 2018a. *Transport og Boligministeriet. Almindelige betingelser for arbejder og leverancer i bygge- og anlægsvirksomhed (AB 18). 2018a, https://www.retsinformation.dk/eli/retsinfo/2018/9632. Besøgt: 09/05/2022.*

Transport og Boligministeriet, 2018b. *Transport og Boligministeriet. Almindelige betingelser for rådgivning og bistand i bygge og anlægsvirksomhed (ABR 18). 2018b, https://www.retsinformation.dk/api/pdf/202696. Besøgt: 09/05/2022.*

Transport og Boligministeriet, 2018c. *Transport og Boligministeriet. Almindelige betingelser for totalentreprise i bygge og anlægsvirksomhed (ABT 18). 2018c, https://www.retsinformation.dk/api/pdf/202698. Besøgt: 09/05/2022.*

Transport og Boligministeriet, 06. februar 2013. *Transport og Boligministeriet. Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i offentligt byggeri. 06. februar 2013, https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2013/118. Besøgt: 09/05/2022.*

Transport og Boligministeriet, 2012. *Transport og Boligministeriet. Udbudsloven. 2012, https://www.retsinformation.dk/api/pdf/175507. Besøgt: 09/05/2022.*

TRUST, 2022. *TRUST. Forside for ByK med TRUST. 2022, http://www.bykmedtrust.dk/. Besøgt: 15/03/2022.*

UNDP Danmark, 2022. *UNDP Danmark. Verdensmålene for bæredygtig udvikling. 2022, https://www.undp.org/sustainable-development-goals. Besøgt: 22/02/2022.*

United Nations, 2021. *United Nations. Take urgent action to combat climate change and its impacts. 2021, https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/goal-13/. Besøgt: 22/02/2022.*

van Driel og Dolfsma, **2009**. *Hugo van Driel og Wilfred Dolfsma. Path dependence, initial conditions, and routines in organizations - The Toyota production system re-examined. Journal of Organizational Change Management, Vol. 22, No. 1, 2009, pp. 49–72, 2009.*

Værdibyg og REBUS, **2021a**. *Værdibyg og REBUS. Strategiske partnerskaber - fra ide til kontrakt. Værdibyg, 38, 2021a.*

Værdibyg og REBUS, **2021b**. *Værdibyg og REBUS. Strategiske partnerskaber - samarbejdets gennemførelse. Værdibyg, 39, 2021b.*

Wahab og Wang, **2022**. *Abdul Wahab og Jun Wang. Factors-driven comparison between BIM-based and traditional 2D quantity takeoff in construction cost estimation. Engineering, construction, and architectural management, Vol. 29, No. 2, pp. 702–715, 2022.*

Weygant, **2011**. *Robert S. Weygant. BIM content development : standards, strategies, and best practices. John Wiley & Sons inc, 1. udgave edition, 2011. ISBN 978-1-118-03045-5.*

Yan Dong og Dresner, **2001**. *Craig Carter Yan Dong og Martin E Dresner. JIT purchasing and performance: an exploratory analysis of buyer and supplier perspectives. Journal of Operations Management, Vol. 19, No. 4, pp.471–483, 2001.*

Zaid et al., **2017**. *Mohammed Khair Saleem Abu Zaid, Mahmoud Mohammad Migdadi, Fawwaz Ali Alhammad og Khalil Ahmad Al-Hyari. An empirical examination of total just-in-time impact on operational performance: Insights from a developing country. International Journal of Supply Chain and Inventory Management, Vol. 1, No. 4, 2016, pp. 286–305, 2017.*

Bilag

Bilag A Teori i bilag 146

Bilag B Interviewguide LEAN Produktionschefen ... 151

Bilag C Interview med LEAN produktionssupportchefen 153

Bilag D Interviewgudie Beregneren 157

Bilag E Interviewreferat 161

Bilag F Referat af præsentation 165

Bilag G Møde med IKT-gruppen 167

Bilag H Proces for mængdeudtræk i Vico Office 169

Bilag I Vico Office - tags 174

Bilag J Oversigt over opmålingsregler 178

Bilag A | Teori i bilag

I dette bilag fremgår teori, som ikke passer direkte ind i rapporten, men er en yderligere forklaring af dele af teorien angående JIT.

Nedenstående afsnit er uddybninger af aspekter om teorien om JIT. Denne viden anvendes ikke direkte i projektarbejde eller løsningsforslaget, hvorfor denne teori fremgår af dette bilag.

A.0.1 Økonomiske målepunkter

Det ultimative mål med at anvende JIT, er at opnå økonomiske gevinster, der kan måles ved hjælp af Return on Investment (ROI) eller Return on Assets (ROA) (Monden, 2012). Det måles ved:

$$ROA = \text{Profit af omsætning} \cdot \text{Aktivomsætning} \tag{A.1}$$

Profit af omsætning beregnes ved indkomst over salg, som kaldes margin ratio. Profit må altså maksimeres og ved at omkostninger formindskes (Monden, 2012). For at måle på omkostningerne og måle om de reduceres eller øges ved at regne på lagerbeholdningen ved:

$$\text{Lageromsætning} = \frac{\text{Pris for solgte varer}}{\text{Pris på gennemsnitlige lagervarer}} \tag{A.2}$$

Ved en lav Lageromsætning betyder det, at materialerne bevæger sig langsomt gennem produktionen (Monden, 2012). En anden indikation på lagervarers hastighed gennem produktionen er gennemløbstid som kan beregnes ved (Monden, 2012):

$$\text{Gennemløbstid} = \frac{\text{Pris på gennemsnitlige lagervarer}}{\text{Pris for solgte varer per dag}} \tag{A.3}$$

Andre målepunkter for at kunne undersøge produktivitet til industrien er ifølge (Monden, 2012):

- Gennemløbstid
- Lagerstørrelse
- Opsætningstid
- Maskinenedbrud
- Defekte materialer
- Kapacitet tilgængelighed

A.1 Ekstra teori om kanban og produktionsjævning

Andre typer af kanbans er **ekspreskanban**, **gennem-kanban** og **fælleskanban**.
Ekspreskanban opstår når en proces mangler noget materiale fra en tidligere proces. Når der mangler materiale går den efterfølgende proces til den tidligere proces og lægger en kanban i dennes "røde post", som betyder at den ordre skal håndteres øjeblikkeligt. Derudover beskrives

det, at der skal aktiveres en lampe til at signalere en ekspresproduktion af en bestemt proces. Lampen slukkes igen når ordren/materialet er blevet produceret.
Gennem-kanban anvendes når to processer står så tæt, at den samme kanban kan anvendes til begge processer.
Fælleskanban anvendes når to processer kommer efterfølgende af hinanden og superviseres af en person. Det kan beskrives som en kombination af trækkende kanban og produktionsordre kanban. Derudover bliver der hentet materialer til begge processer, og alle tomme beholdere til materialerne fra begge processer bliver taget med af én omgang.

Regler for Kanban

For at anvende Kanban i en produktion opstiller Monden (1998) fem regler, som skal følges, for at opnå en succesfuld anvendelse af Kanban og dermed opnå fordelene ved JIT:

1. Den efterfølgende proces bør trække den nødvendige mængde af produkter i det nødvendige antal på det relevante tidspunkt fra forgående processer.
2. Den foregående proces bør kun producere de produkter i det antal, som er trukket fra den efterfølgende proces.
3. Defekte materialer må aldrig gå videre til efterfølgende processer
4. Antallet af kanbans skal minimeres
5. Kanban bør anvendes således, at det er muligt at tilpasse til fluktuerende efterspørgsel (fine-tuning).

For at kunne opretholde regel 1 beskriver (Monden, 2012) at topledelsen skal bakke denne beslutning op. Hele produktionssystemet vil blive ændret og dermed kan ændringen møde meget modstand.

Produktionsjævning
For at kunne opnå fordelene ved at anvende JIT og kanban kræves der produktionsjævning. En jævning af produktionen betyder, at fluktuationer i efterspørgsel bliver gradvist implementeret i produktionen. Dermed vil produktionen være konstant, og arbejdsflow i produktionen kan øge effektiviteten. Ved at kende arbejdsbyrden (antallet af elementer, som skal produceres) for en måned, kan der planlægges en produktion ved at dividere antallet af elementer med antallet af produktionsdage. Dermed fås den daglige produktion for at kunne dække arbejdsbyrden for den måned. For at kunne opfylde arbejdsbyrden kan ressourcerne (bemandingen) efterfølgende tilpasses. (Monden, 2012,s.89-92)

Ved at kende til den daglige arbejdsbyrde kan der forudsiges bemanding og materialebehov, som kan anvendes løbende til kontrol af månedsplanen. Ved at kunne forudsige noget om materialebehovet, kan leverandører underrettes herom, så de kan tilpasse deres produktion derefter. Undervejs i måneden vil leverandørerne ifølge JIT modtage løbende kanbans, som beskrives i afsnit 6.3.

A.2 Lokationsbaseret planlægning og aktivitetsbaseret planlægning

LBT har en anden metodologien end den dominerende og mere kendte aktivitetsbaseret planlægning (ABP). (Kenley og Seppänen, 2010)

A.2.1 Aktivitetsbaseret planlægning vs. LBT

Aktivitetsbaseret planlægning bruger termer som *kritisk vej-metoden*. Deri findes fire kompleksitetsniveauer som beskrives i Kenley og Seppänen (2010) til at være:

- Deterministisk - eksempelvis CPM
- Sandsynlighed - eksempelvis PERT
- Generaliseret aktivitetsnetværk
- Kritisk vej

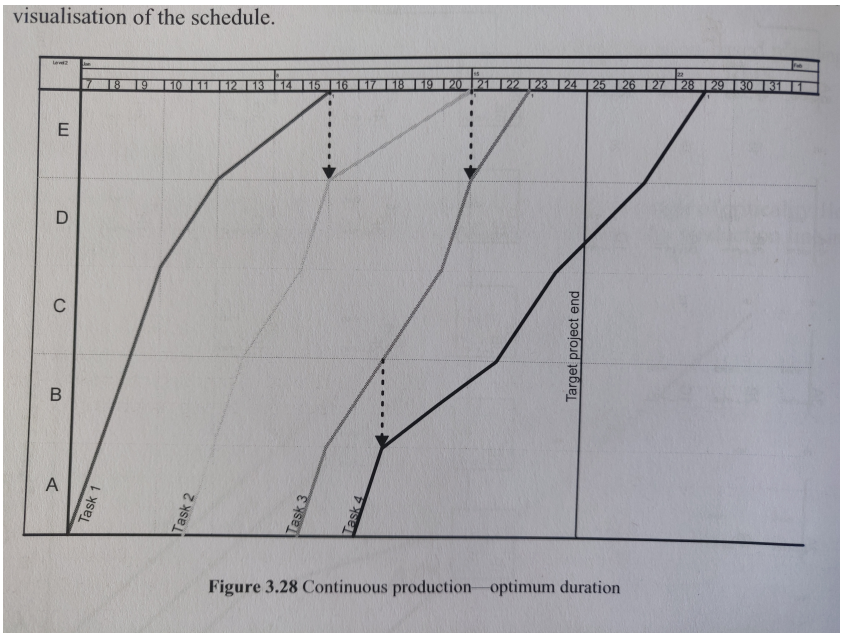
Disse fire niveauer har til fælles, at alle aktiviteter er knyttet med et logisk forhold, såsom at have en foregående og en efterfølgende aktivitet. Sådan en metode er nyttig, når der er tale om et projekt, hvor aktiviteter er diskrete og ikke har noget internt forhold. Karakteristikken for et projekt, som egner sig til aktivitetsbaseret planlægning kan beskrives ved følgende punkter, som er beskrevet af Kenley og Seppänen (2010):

- Domineret af diskrete lokationer
- Involverer meget præfabrikation i produktionen
- Kompleks montage/samling af præfabrikerede elementer, som involverer diskrete aktiviteter
- Primær sekventielle aktiviteter med aktiviteter, som ikke foregår sideløbende
- Mulighed for at bestemme én kritisk vej gennem projektet
- Ressourcehåndtering er et tids-/ressourceoptimiseringsproblem

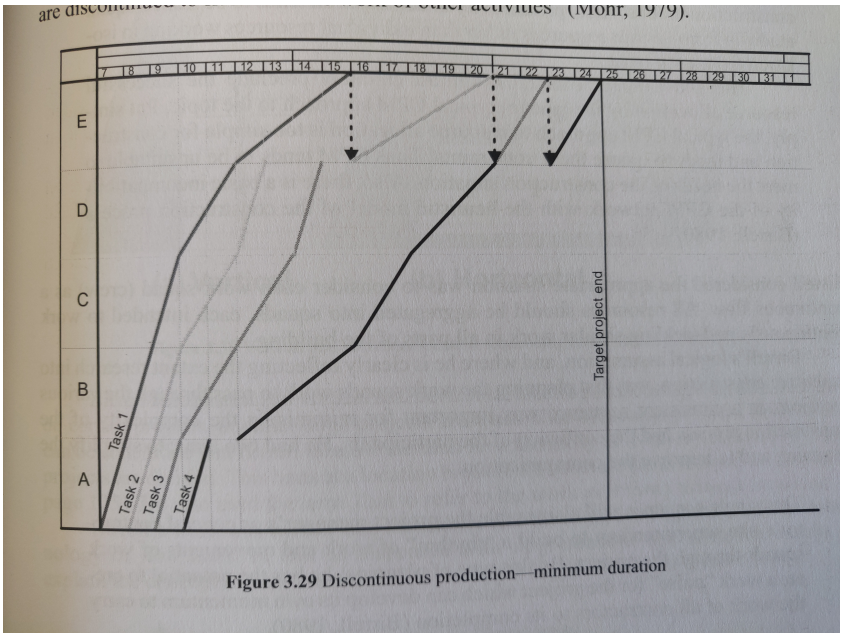
Kenley og Seppänen (2010) mener dog ikke, at dette beskriver den kommercielle bygge- og anlægsbranche særlig godt. I stedet kan lokationsbaseret planlægning egne sig bedre til byggeprojekter med mange lokationer og sideløbende aktiviteter.

Konceptet for CPM og PERT blev udviklet i et militært miljø, hvor der ikke blev prioriteret omkostninger, kontrol eller effektivitet, fordi hovedformålet med opgaverne var sikkerhed. Et projektet blev planlagt og kontrolleret således at vigtigheden af individuel effektivitet, ikke var i fokus eller blev prioriteret. I bygge- og anlægsbranchen er hovedformålet ikke sikkerhed, og hver underentreprenør er mere interesseret i at udnytte deres ressourcer optimalt og tjene penge hver især. Dermed har byggebranchen nogle andre forudsætninger end CPM og PERT's originale brug. Byggeprojekter har oftest et større incitament til at opnå en lavere pris end at aflevere på en specifik dato. Målet for virksomheder er at tjene penge og at reducere omkostningerne til projekter. Dernæst kommer incitamentet om at forkorte byggetiden i projekter. (Birrell, 1980; Kenley og Seppänen, 2010)

Igennem ABP kan der derfor tages højde for, hvornår en aktivitet tidligst kan gå i gang i en lokation, og dermed opdele de enkelte aktiviteter. Kenley og Seppänen (2010,s. 81)



Figur A.1: En tidsplan efter aktivitetsbaseret planlægning efter kritisk vej-metoden. Billede fra og af Kenley og Seppänen (2010).



Figur A.2: En optimeret tidsplan med de samme aktiviteter, men tidlig opstart ved hver lokation. Dermed en optimeret tidsplan. Billede fra og af Kenley og Seppänen (2010).

Figur A.2 har en tidsplan, som er fem dage kortere end på figur A.1, og holder sig inde for tidsrammen for projektet.

A.3 Kontrol til lokationsbaseret tidsplanlægning

Finske studier påviser, at hovedårsagen til problemer/budgetoverskridelser i entrepriser ligger i planlægning. Årsagen til at planerne ikke følges er manglende kontrol med planen. Derfor

mener Kenley og Seppänen (2010), at det er nødvendigt med et forbedret kontrolsystem til byggetidsplaner med produktionskontrol for at opnå profitten ved aftalte planer. En af årsagerne til at der ikke følges kontrol med tidsplanen, er at den mest gængse tidsplansmetode, aktivitetsbaseret planlægning, ikke har en effektiv kontrolmetode.
Ved at opdele projektet i mindre dele, bliver det muligt at analysere og overvåge, således at udfordringer kan opdages tidligt i projektet (Kenley og Seppänen, 2010,s.123). Det skal være planlæggers ansvar og søgen om at optimere arbejdsflowet, således, at der opnås en forbedret produktivitet (Kenley og Seppänen, 2010,s.132).
Ud fra de finske studier blev der opstillet nogle principper for at kunne udføre en effektiv kontrol. Principperne var (Kenley og Seppänen, 2010,s.116):

- Monitorering bør ske ved at undersøge færdigt arbejde på lokationer.
- Fremgang i projektet bør indsamles ved kontrolskemaer.
- Fremgang i projektet bør illustreres med et flowlinediagram for at vise kritisk afvigelser og dets effekt på planen.

Kenley og Seppänen (2010,s.117) opstiller proaktive og reaktive principper for produktionskontrol
Proaktive principper:

- Risikoskemaer for produktionsproblemer
- Risikoanalyse af tidsplan
- Detaljeret planlægning af implementeringen af tidsplanen
- Integreret leveranceskemaer i tidsplanen for at sikre forudsætninger for bestilling er mødt.

Reaktive principper:

- Øge ressourcer til at indhente forsinkelser
- Ændre på omfanget af aktiviteterne
- Brug af overtid

Dog kan et stærkt lean-princip anvendes som kontrol, kaldet Last Planner System.

Bilag B | Interviewguide LEAN Produktionschefen

Af ette bilag fremgår de spørgsmål, som interviewet med LEAN produktionschefen baseres på. Heri fremgår hvilke spørgsmål, der danner grundlag for interviewet med LEAN prodiktionschefen, der fremgår af bilag B. Spørgsmålene danner interviewguiden.

Spørgsmål omkring begreber:

- Processen under Trin 0, Behovsafklaring: Hvem deltager til behovsafklaring, og hvad bliver der udarbejdet i den proces? Der står ikke nogen aktiviteter i dokumentet.
- Hvad betyder HYO?
- Hvem er KEID? De står ofte sammen med ByK (Byggeri København).
- Hvem er BUF?
- Hvad betyder BtD?
- Under aftaletrin 3: Hvad betyder udfaldskrav?

Roller i processen:

- Hvilke virksomheder varetager de bestemte roller, som er beskrevet i processen?
    - Projekteringsleder
    - ARK
    - LANDARK
    - ING/VVS
    - ING/EL
    - ING/KON
    - Miljø
    - Bæredygtighed
    - Projektchef/PCU
    - Arbejdsmiljø
    - Bygningsejer ByK / KEID
- Hvem repræsenterer "Leverancer", som rolle? Hvad gør de? Hvordan deltager de i processen?
    - Der står at de deltager i Trin 1. Hvad bidrager de med under Trin 1?
- Hvem er Miljø og hvad laver disse i projektet? Hvilke ansvarsområder har denne rolle?

Spørgsmål til processen:

- I trin 1: Deltager Projekteringslederen, ARK, LANDARK, ING/VVS, ING/EL, ING/KON, Miljø, Bæredygtighed, PCU, Kalkulation, Arbejdsmiljø i alle tre opstars-workshops? Umiddelbart virker det som mange mennesker så tidligt i processen. Er det sådan at det fungerer i virkeligheden?
- Under de forskellige aftaletrinenes processer beskrives det hvordan økonomien skal regnes. Hvordan regnes byggeøkonomien ud fra volumen i Byggeprogrammet? Vi er egentlig interesseret i at forstå økonomiprocessen lidt bedre, men det tænker vi, at der skal et møde til.
- Der beskrives i forskellige processer at ingeniørerne inddrages. Hvad menes der med dette? Tag eksempelvis under Trin 1, Byggeprogram. Hvordan inddrages ingeniøren? Skal de leverer noget til processen?
- Processen for dispositionsforslaget og projektforslaget er stort set identiske. Hvad er forskellen mellem dispositionsforslaget og projekteringsforslagets processer? Er der tale om forskel i detaljeringsgraden? Hver er resultatet af projektet efter dispositionsforslag og projekteringsforslag?
- Skal bygningsejeren også godkende hovedprojektet? Dette kan ikke ses på procesoversigten som det står i dag. Kan det være korrekt?

Spørgsmål til Tjeklisterne:

- Hvad betyder dette?

Spørgsmål til notationen:

- Er der forskel på om der bruges blå stjerne eller sorte stjerner?

Bilag C | Interview med LEAN produktionssupportchefen

Dette bilag indeholder et referat af interviewet med partnerskabssupportchefen fra entreprenørvirksomheden.

Af dette bilag fremgår referatet af interviewet med partnerskabssupportchefen. Af referatet fremgår kun vigtige punkter fra interviewet og er ikke en transskribering. Gengivelsen af vigtige punkter fra interviewet er baseret på en lydoptagelse af interviewet, der er transskriberet ved hjælp af Word Online. Herefter er transskriberingen blevet redigeret og opstillet i punktform. Det redigeret referat er efterfølgende blevet godkendt af partnerskabssupportchefen den 8. juni 2022

I overensstemmelse med Kontekstuel Design skal interviewet klarlægge eksisterende faser for byggeprojekter i det strategiske partnerskab. Derudover er det intentionen, at den interviewede skal uddybe projektgruppens spørgsmål i forhold til dokumentanalysen af byggefaserne i casestudiet, der fremgår i sin helhed i appendiks A og beskrives i afsnit 8.5. Interviewguiden som danner grundlag for interveiwet fremgår af bilag B.
Alle interviewspørgsmål blev fremsendt til den interviewede, men yderligere uddybende spørgsmål stilles, når projektgruppen finder det nødvendigt. Dermed er interviewet et semistruktureret interview.

Interviewet afholdes den 29.marts 2022 og varede omtrent 48 minutter. Interviewet blev foretaget af Katrine Voigt (KV), Nour Aburashid (NA) og Vaishnavee Sasitharan (VS).

C.1 Relevante punkter fra interviewet

- KV præsenterer formålet med projektet og et eventuelt løsningsforslag
  - Der er et ønske om, at materialer pakkes i en samlet pakke, der indeholder alt materiale for et pågældende arbejde et bestemt sted. Pakken skal indeholde alle nødvendige materialer og udstyr for dette arbejde.
- Behovsafklaringsfasen vendes:
  - I denne fase deltager projekteringslederen og udvalgte faggrupper sammen med bygherren og slutbrugerne. Derudover deltager kalkulationen for at klarlægge, hvorvidt bygherrens budget er tilstrækkeligt for at opfylde bygherrens og slutbrugernes ønsker.
  - For at afklare ønsker afvikles der i Behovsafklaringen, Ideoplægs- og Byggeprogramsfasen Omsorgsdage, hvor teamet mødes med slutbrugeren og bygherren i sine omgivelser og klarlægger ønsker og behov. Ud fra disse behov og ønsker arbejdes der videre på det eksisterende program.
  - Alle som er angivet i Behovsafklaring medtages ikke i afklaring af behov.
- Anvendte forkortelser i dokumentet for faser forklares af LEAN produktionssupportchefen. I dette bilag er enkelte forkortelser dog fjernet af hensyn til GDPR:
  - Bygningsejeren er også driftsorganisationen.

  - Teamet fra den danske kommune består af projektleder.
  - Honorarydelsesoversigt er en oversigt, hvor rådgiverne registrer deres arbejdstimer og beskriver hvilke ydelser, som de har udført. Arbejdstimerne og beskrivelserne anføres i et excelark. Angivede timer sammenlignes med det foreliggende projektbudget og anvendes til at gøre opmærksom på eventuel slag.
  - BtD er forkortelse for Bygning til Drift, som der arbejdes med tre måneder før aflevering. I denne proces inddrages brugerne og bygningsejeren og der arbejdes ud fra en fastlagt plan. Til møderne fastlægges hvad der skal driftes i bygningen både ud fra disse møder samt behovsafklaringerne fra Behovsafklaringsfasen. Derudover instrueres brugerne og bygningsejeren i, hvorledes bygningen skal driftes og vedligeholdes.
  - I BTD klarlægges, hvilke behovsdata bygningsejeren har brug for i forhold til drift og vedligeholdelse af byggeriet, så der ikke benyttes unødige arbejdsgange med eksempelvis CCS koder, der alligevel ikke skal benyttes. Dette medfører yderligere, at drift og vedligeholdelsespersonalet modtager materiale, der kan anvendes direkte.
  - I BTD processen er definerede data også vigtige. Inputtet til dataen i As Built tegninger afhænger af, hvad modellen skal anvendes til, af hvem og hvordan. Det har også indflydelse på, hvordan drift og vedligeholdelses kan foretages af skiftende driftspersonale.
  - Miljø omhandler asbesthåndtering og andet miljøfarlig håndtering. I MILJØ arbejder der to personer.
  - Udtrykket *den danske kommune bringer boblerne i spil i OL* forklares af LEAN produktionssupportchefen som følgende: Bobler er en betegnelse for mulige fremtidige projekter, der endnu ikke er fastlagte og skal vurderes. OL er en betegnelse for Operationel Ledelse, der indbefatter driftsledelsen i partnerskabet. Driftsledelsen består af en fra entreprenørvirksomheden, en rådgiver og en repræsentant for bygherren.
  - Opstartsmøder afholdes, hvis projekteringslederen vurderer det værdifuldt. Der afholdes ifølge LEAN produktionssupportchefen evalueringsmøder ved faseskift, hvor kun de nødvendige fagligheder, der fremgår af procesdokumentet, som deltager. Eksempelvis deltager Bæredygtighedstemaet kun, hvis det giver mening i forhold til mødets indhold. Yderligere indbefatter Opstartsmøder også Omsorgsdag og Samarbejds Workshops. Der afholdes altid Samarbejds Workshop, hvor projektet bevæger sig ind i Udførelsesfasen. Til Samarbejds Workshop deltager bygherren, alle UE og alle rådgiver.
  - Leverancer angående Opstart Sketchbook, ideoplæg også videre vedrører, hvad der skal leveres til bygherren og slutbrugerne. Der er tale om visualiseringer af byggeriet. Det vedrører ikke materialelevering fra leverandører.
- Projektgruppens løsningsforslag vendes kort:
  - LEAN produktionssupportchefen giver udtryk for, at løsningsforslaget kan minimerer mængden af tid anvendt af UE til at beregne mængder, hvilket er positivt. Derudover ses der en mulighed for at løsningsforslaget kan hjælpe i forhold til projektændringer og anvendelsen af tid til at ajourføre disse ændringer i forhold til materialebestillinger.
  - LEAN produktionssupportchefen udtrykker yderligere, at løsningsforslaget gør bygningsmodellen mere intelligent. Men det skal også kunne anvendes af medarbejder, hvilket ifølge LEAN produktionssuportcehen er den svære proces.
- Afklaring af spørgsmål vedrørende Hovedprojekt og Udførelsesfasen:
  - Hvad Udfaldskrav indebærer vides ikke af LEAN produktionssupportchefen, men det

vurderes, at det vedrører projekteringen.
  - Der indgår forskellige roller i projektet. Klassificering af hvem, der varetager hvad uddybes:
    * Projekteringslederen er normalt arkitekten. På dette projekt agerer arkitekten projekteringslederen. Der er også enkelte ingeniører på byggeprojektet, der kan varetage denne rolle.
    * LEAN produktionssupportchefen bemærker overfor projektgruppen, at der i bygge- og anlægsbranchen er kutyme for, at det er en arkitekt eller bygningskonstruktør, der varetager projekteringslederrollen. Dette skyldes, ifølge LEAN produktionssupportchefen, at disse er vant til at samarbejde med brugerne og konstruktørerne ofte agerer mellemled imellem arkitekter og ingeniører, hvorfor disse er gode til at kommunikere og koordinere og ikke er for fagspecifikke i deres arbejde. I modsætning til disse er ingeniørerne alt for tekniske og fagspecifikke.
    * Rollefordelingen på projektet udvælges baseret på tilgængelige ressourcer. Der udvælges ikke baseret på virksomhed, men baseret på hvem der er ledig og disse personers kompetencer. Gennem ressourcestyring tildeles udvalget i de forskellige puljer eksempelvis El-ingeniør, VVS-ingeniør også videre forskellige roller i de forskellige projekter.
    * Ressourcestyringen varetages af udvalgte ledere for hver at puljerne. Ressourcestyringen foretages hver 14.dag af lederne.
    * Denne form for ressourcestyring kan ifølge LEAN produktionssupportchefen foretages på dette projekt, idet det er et strategisk partnerskab. LEAN produktionssupportchefen fortæller yderligere, at ressourcestyring kan foretages og koordineres således, idet alle aktører sidder samme sted.
- Mængder og kalkulation:
  - For at fastslå hvor detaljeret informationen om materialer skal være afhængig af faserne, bedes projektgruppen kontakte lederen for kalkulationsafdelingen.
  - LEAN produktionssupportchefen fortæller, at priserne på materialet blive gjort mere og mere skarp jo længere man kommer i aftaletrinene. Men det er vigtigt, at prisen (target prisen) der fastsættes i de indledende faser hele tiden overholdes.
  - De kalkulerede priser kan ikke ændres efter Dispositionsforslag og projektforslag. Efter denne fase er priserne fastlåste. Efter denne fase overgår projektet til Udførelsesfasen, hvor der ABT93 indtræder. Dog følger et andet byggeprojekt i det strategiske parnterskab AB18 og BR18.
  - LEAN produktionssupportchefen udtrykker, at der ikke er det store behov for mængdeudtræk i byggeprojekters tidlige faser, som projektgruppens løsningsforslag, idet de indledende priser baseres på erfaringstal og grundlæggende informationer om det aktuelle byggeri. I de indledende faser vurderer LEAN produktionssupportchefen, at det er vigtigere, at kunne lave mængdeudtræk, der er ikke er defineret af materialetype men blot en mængde gulv, væg, loft og lignende.
  - Kalkulationen af priser baseres på priser indhentet fra leverandører.
- Forklaring af signaturer i dokumentet for faser:
  - Signaturerne vurderes af LEAN produktionssupportchefen ikke at betyde noget bestemt eller særligt.
- Dispositionsforslaget kontra Projektforslaget:
  - Eneste forskel er ifølge LEAN produktionssupportchefen kalkulation af materialer. Forslagene bliver skarpere og skarpere, jo længere man kommer i faserne. Dog sker

der ikke en ændring i mængder, det er materialet i byggeriet, der bliver specificeret yderligere.
- Detaljeringsgraden i de to forslag afhænger af ydelsesbeskrivelserne, som påhviler de rådgivende.
- Detaljeringsgraden i projektforslaget afhænger også af, hvad der skal afleveres til myndighederne.
- Efter myndighedsgodkendelsen revideres materialet, således det stemmeroverens med myndighedernes rettelser og kommentarer.

Bilag D | Interviewgudie Beregneren

Dette bilag indeholder en interviewguide, der danner grundlag for interviewet med beregneren i entreprenørvirksomheden og det strategiske partnerskab.

I dette bilag fremgår interviewguiden, der danner grundlaget for interviewet med beregneren i det strategiske partnerskab, der fremgår af bilag E.

Introduktion	
Præsentation af projektgruppen	Gruppen består af … • Byggeledelse på AAU • Baggrund
Projektets formål	JIT-leverancer baseret på mængdeudtræk fra Vico Office.
Formål for interview	• Forstå hvordan mængder regnes i dag og hvordan kalkulationen regner i de forskellige faser • Forstå processen i det strategiske partnerskab • Forstå hvornår det ville være nyttigt med et mængdeudtræk
Rammer for interview	
Tidsramme	Der er afsat en time til interviewet.
Medie og optagelse	Interviewet vil blive optaget på mobilen og vigtige punkter noteres med det samme. Optagelsen transskriberes efterfølgende vha. Microsoft Word Online. Herefter slettes ikke vigtige punkter for projektarbejdet. Denne transskribering sendes til informanten for godkendelse af indhold og til offentliggørelse i projektrapporten. Årsag til optagelse: Således interviewet kan transskriberes, så der skabes en form for validitet af resultaterne. Optagelsen slettes efter projektperioden.
Rollefordeling	Mødeleder: Katrine Referent: Vaishnavee og Nour Dog skal hele projektgruppen byde ind ved behov for uddybende spørgsmål eller afklaringer.
Introduktion af interviewpersonen	• Kort beskrivelse af beregneren fra Kalkulationen. • Arbejdsgiver, rolle i det strategiske parternskab, daglige arbejdsopgaver, hvad arbejder beregneren hen imod

Undersøgelsens spørgsmål	
Hvordan foregår nuværende processer ift. indkøb og leverancer?	1. Hvornår opstarter kalkulationen på et nyt projekt? 2. Hvordan regnes økonomien i de forskellige aftaletrin? a. Hvor lang tid tager en kalkulation? b. Er kalkulationens størrelse afhængig af projektets størrelse? 3. Hvad er forskellen mellem de forskellige aftaletrin? a. Deltager du i sagsoverdragelsen til byggeledelsen? b. Hvad overdrages til byggeledelsen i forbindelse med sagsoverdragelsen? c. Hvem deltager ellers i sagsoverdragelsen? Hvis alle parter er med er det så ensbetydende med at alle informationer overdrages? d. Hvordan sikrer i, at alle nødvendige informationer overdrages i næste aftaletrin? 4. Hvornår overdrages projektet fra kalkulationsafdelingen til byggeledelsen? a. Hvornår slipper kalkulationsafdelingen projektet og videregiver det til byggeledelsen? 5. Kommer byggeledelsen tilbage i løbet af udførselsfasen og spørger efter informationer? a. Hvor ofte? b. Hvad bliver der oftest spurgt ind til? 6. Hvordan modtager I tilbuddene fra UE'erne i dag? a. Er kalkulationsafdelingen eller entreprenørvirksomheden i kontakt med leverandøren allerede i Dispositionsforslaget? b. Hvornår sendes materialerne ud til trælasterne, så de kan komme med et tilbud på sagen?
Hvordan bestilles og leveres materialer på et byggeprojekt?	
Hvilke kriterier skal være opfyldt for at der er foretaget JIT leverancer?	
Hvordan trækkes mængder ud af et byggeprojekt?	1. Hvordan får du mængder i dag? 2. Hvad bruger I mængderne til i Dispositionsforslaget? 3. Hvordan bruger I mængderne i Hovedprojektet og Udførelsesfasen? 4. Er de mængder, som I får, retvisende? a. Oplevelse af at ramme rigtigt eller forbi? 5. Hvor ofte gives der feedback til arkitekterne omkring mængdeudtrækket? 6. Hvad skal der til for at du vil lave digitalt mængdeudtræk? 7. Bruger I mængder når I sender UE-opgaver i udbud?

Hvordan kan mængdeudtræk kobles til leveranceplaner for rettidige leverancer?	

Bilag E | Interviewreferat

Dette bilag indeholder et referat af interviewet med en beregner, fra entreprenørvirksomheden.

Af dette bilag fremgår referatet af interviewet med en beregner i entreprenørvirksomheden samt det strategiske partnerskab. Af referatet fremgår kun vigtige punkter fra interviewet og er ikke en decideret transskribering. Gengivelsen af vigtige punkter fra interviewet er baseret på en lydoptagelse af interviewet, der er foretaget over Teams, hvorefter lydoptagelsen er transskriberet ved hjælp af Word Online. Herefter er transskriberingen blevet redigeret og opstillet i punktform. Det redigerede referat er efterfølgende blevet godkendt af beregneren den 31. maj 2022.
I overensstemmelse med de indledende trin i Konteksuel Design skal interviewet klarlægge nuværende processer i forhold til hvilke faser økonomien for materialer i et byggeprojekt beregnes og hvorledes dette gøres. Interviewet tager udgangspunkt i interviewguiden, der fremgår af bilag D.
Med udgangspunkt i interviewgudien uddybes spørgsmålene yderligere med andre spørgsmål ved behov. Dermed er der foretaget et semistruktureret interview.

Interviewet afholdes den 06.april 2022 og varede omtrent 50 minutter. Interviewet blev foretaget af Katrine (KV) Voigt og Nour Aburashid (NA).

E.1 Relevante punkter fra interviewet

- KV præsenterer formålet med projektet og projektgruppens løsningsforslag.
- Beregneren forklarer om sin baggrund og sin rolle hos entreprenørvirksomheden:
  - Beregneren arbejder med beregning af tilbud i både entreprenørvirksomheden samt for projekter på i det strategiske partnerskab.
  - Arbejder i det strategiske partnerskab med alt fra renoveringssager til kontraktskrivning.
  - I sit arbejde benyttes både traditionelle metoder som anvendelse af blyant til mængdeudtræk fra modeller.
- Forklaring af hvilket faser som kalkulationsafdelingen inddrages i:
  - Kalkulationen inddrages tidligt i et byggeprojekt, hvor kalkulationen skal hjælpe med at prissætte ukendte faktorer som oprensning af jord og lignende. Dette skal ifølge beregneren sikre det økonomiske grundlag for byggeprojektet, således det er bygbart økonomiskset i udførelsesfasen.
  - Kalkulationen inddrages i Ideoplægget og Byggeprogrammet. Kalkulation inddrages ved udformningen af byggeprojektet.
  - Økonomien for byggeprojekter i Ideoplægget og Byggeprogrammet regnes ikke detaljeret som til en kontrakt, men foretages på et overfladisk niveau. For hvert byggeprojekt regnes økonomien for det sted specifikke.
- Forklaring af prissætning indenfor hver fase:
  - Prissætning af byggeprojekter afhænger af, om der er tale om en renoveringssag eller nybyggeri. Ved nybyggeri estimeres SI80% af prisen baseret på det foreliggende byggemateriale, hvor materialer, omfang også videre kendes. Ved renoveringssager er prissætningen vanskeligere, idet omfanget er svært at fastsætte på grund af alderen på bygningerne.

  - For renoveringssager og nybyggerier kan nogle hovedprincipper for prissætning opstilles:
    * I Byggeprogrammet udarbejdes prisen for byggeprojekt ud fra en kvadrameterpris.
    * I Dispositionsforslaget specificeres prisen yderligere fra Byggeprogrammet. I denne fase foretages specificering på baggrund af specielle elementer i byggeprojektet som eksempelvis specielle installationer, håndtering af miljøfarlige stoffer og lignende. For at minimere eksisterende risiko på byggeprojekternes inddrages samarbejdspartnere og byggeledelsen for den specifikke sag. Samarbejdspartnere og byggeledelsen inddrages for at angive realistiske løsningsforslag på forhold i byggeprojektet samt angive en realistisk pris på løsningsforslagene. Ifølge beregneren foretages der, dermed en specificering af pris tidligt i byggeprojektet på udvalgte elementer, mens nogle elementer indgår som arealpriser.
    * I Projektforslaget foretages en specificering af prisen for hele byggeprojektet, idet det er baseret på denne pris, der foretages en kontrahering med bygherren. I denne fase benyttes mængdeudtræk fra modeller til at udarbejde Aktivitetslister, der angiver materialemængder samt arbejdsopgaver. Priser beregnes detaljeret og medtager alt fra skruer og søm.
  - For alle faser gælder, at detaljeringsgraden øges, jo længere man kommer i faserne. Detaljeringsgraden afhænger ikke kun af det tilgængelige projektmateriale på det enkelte aftaletrin, men afhænger også af overholdelse af honorar og økonomi.
- Tidsforbrug til estimering af priser på et byggeprojekt gennemgås:
  - I Byggeprogram benytter beregneren fem fulde arbejdsdage på at estimere en pris for et byggeprojekt. Disse arbejdsdage inkluderer afholdelse af møder og kalkulering.
  - I Dispositionsforslaget afhænger tidsforbruget for estimering af priser af byggeprojektets størrelse. I denne fase vurderer beregneren, at der benyttes 15 arbejdsdage. Der benyttes en uge til at deltage i diverse relevante møder for byggeprojekter samt to uger på estimering af pris. Beregneren bemærker, at denne tidsfrist ofte overskrides, idet andre i samarbejdet søger sparring hos kalkulationsafdelingen, hvormed noget af tiden forbruges på disse spørgsmål.
  - I Projektforslaget modtager kalkulationsafdelingen Aktivitetslister og udbudsmaterialer. Efter modtagelse foretages intern kvalitetssikring af materialet samt eventuelle ændringer, hvilket varer en uge. Herefter udsendes materialet til leverandører og UE, hvor disse har tre uger til at prissætte byggeprojektet og sende tilbud til kalkulationsafdelingen. Efter modtagelse af priser fra UE benytter kalkulationsafdelingen en uge til at samle tilbuddene samt yderligere en uge til at revidere fastslåede priser i forhold til indkommende tilbud. Dermed benyttes i alt seks uger i denne fase til at kvalitetssikre, indhente og samle tilbud samt revidere priser. Baseret på den reviderede pris foretager kalkulationsafdelingen en kontrahering.
- Tidsforbrug for beregning af mængder i et byggeprojekt:
  - Der fokuseres primært på mængder, der vedrører tømrerarbejdet, idet entreprenørvirksomheden har egenproduktion, der består af tømrer. Mængder der vedrører andet arbejdet overlades til den enkelte UE, hvormed ansvaret for at have alt med i henhold til tegningsmaterialet pålægges UE. Dog foretages der for enkelte entrepriser mængdeudtræk, der udsendes med projektmaterialet til UE.
  - Mængder udtrækkes fra modellerne. Mængdeudtrækket vurderer beregneren at være kompliceret, når det vedrører lysninger, indfatninger, fodpaneler samt andre små ting i særdeleshed på renoveringssager.

  - Til mængdeudtræk anvendes et digitalt opmålingsprogram ved navn Bluebeam.
  - En person benytter en – to dage til at beregne mængder for et byggeprojekt på 100 mio. kr. Dette mængdeudtræk foretages kun for arbejde vedrørende tømrer. Dette skyldes, at SI80% af mængderne allerede er trukket ud i form af primært Aktivitetslisterne og andre skemaer, hvorfor der kun skal trækkes mængder ud for de sidste SI20%. Dette er en øvelse, som denne ene person i kalkulationsafdelingen fra tømrerafdelingen gentager for samtlige sager, hvormed denne proces er indøvet, hvorfor det ifølge beregneren, kan foretages hurtigt.
  - Der foretages en vurdering af mængderne i Aktivitetslisten, hvis det vurderes, at der er store mængder. Vurderingerne foretages på baggrund af opmålinger på hurtig tegnede 2D tegninger.
  - Der har været en varieret oplevelse med anvendelsen af mængdeudtræk fra Aktivitetslisten. I nogle tilfælde har mængderne i Aktivitetslisten ikke været retvisende, hvor enkelte elementer er blevet glemt. Procentmæssigt kan denne fordeling af ikke-retvisende og retvisende mængder i Aktivitetslisten beskrives med fordeling 9010. Beregneren oplever, at der forskel i mængderne baseret på 2D tegninger og mængder fra 3D modeller.
  - Byggeprojektets størrelse har ikke indvirkning på tidsforbruget til mængdeudtræk. Tidsforbruget på mængdeudtræk afhænger af ensformigheden i byggeprojektet, hvor mange rum opbygges på samme måde af samme materialer i hele bygningen. Jo mere ensformighed jo kortere tids forbruges på mængdeutræk.
- Sagsoverdragelse fra kalkulationsafdelingen forklares:
  - Beregneren indgår i sagsoverdragelsen med byggeledelsen, hvor beregneren faciliterer overdragelsen. Ved disse overdragelsesmøder følges en skabelon opstillet af entreprenørvirskomheden, der definerer hvad der skal gennemgås. Denne skabelon er der videreudviklet på, på baggrund af modtaget feedback fra byggeledelsen. Der eksisterer dog ikke nogen skabeloner for byggeprojektet i det strategiske partnerskab.
  - Ved beregnerens seneste sagsoverdragelse blev følgende punkter gennemgået:
    * Projektorganisationen
    * Hvad der skal bygges
    * Gennemgår tegningsmateriale herunder byggeriets udseende og kompleksitet
    * Gennemgang af tidsplan
    * Gennemgang af UE og samarbejdspartnere på byggeprojektet
    * Nøgletal vendes
    * Risikoer og opmærksomhedspunkter i byggeprojektet
  - Sagsoverdragelsen foregår efter kontrahering med bygherren og kaldes Sagsoverdragelse 1. Her overdrages byggeprojektet officielt fra kalkulationsafdelingen til produktionen, byggeledelsen, hvormed kalkulationsafdelingen udgår af byggeprojektet. Herfra har produktionen ansvaret for byggeprojektet. Dog foretages der videns overdragelse, der ikke slutter ved denne overgang. Denne fortsætter indtil alt viden er overdraget. Beregneren vurderer dog, at kalkulationen slipper byggeprojektet mere og mere i Hovedprojektsfasen. Kalkulationsafdelingen kontaktes dog af byggelederen i Udførelsesfasen ved behov for hjælp til at løse arbejdsopgaver i travle perioder, ved tvivlsspørgsmål, mangler eller lignende
  - Hvorvidt sagsoverdragelse 2, hvor produktionen inviterer kalkulationsafdelingen, bliver afholdt, kan beregneren ikke vurdere, idet vedkommende er relativ ny i det stategiske partnerskab. Beregneren tror dog, at disse sagsoverdragelser afholdes.

- Ved sagsoverdragelserne kan andre relevante aktører i entreprenørvirksomheden end kalkulationsafdelingen og produktionen inviteres. Til nogle sagsoverdragelser inviteres den juridiske afdeling, indkøbsafdelingen og andre relevante chefer, der kan byde ind med forskellige perspektiver.

Bilag F | Referat af præsentation

Dette bilag indeholder et referat af præsentationen ved en leverandør, der anvendes som leverandør i dette projektarbejde.

Af dette bilag fremgår referatet af præsentationen ved leverandøren for casestudiet. Af referatet fremgår kun vigtige punkter fra præsentationen og er ikke en decideret transskribering. Gengivelsen af vigtige punkter fra præsentationen er baseret på håndskrevne noter fra præsentationen, som herefter er blevet nedskrevet. Herefter er nedskrivningen blevet redigeret og opstillet i punktform. Det redigeret referat er efterfølgende blevet godkendt af leverandøren per mail den 31. maj 2022.
I overensstemmelse med de indledende trin i Kontekstuel Design skal præsentationen klarlægge nuværende processer i forhold til hvilke informationer, som leverandøren har behov for, for at levere materialer til et byggeprojekt i Udførelsesfasen. Præsentationen tager ikke udgangspunkt i en interviewguide, idet mødet var planlagt som en præsentation af processer hos leverandøren med oplæg fra leverandøren. Dog har der været mulighed for at stille spørgsmål ved behov. Dermed er der foretaget en form for ustruktureret interview.

Præsentationen afholdes den 21. marts 2022 og varede omtrent 1,5 time. I præsentationen deltog Katrine Voigt (KV) og Vaishnavee Sasitharan (VS).

F.1 Relevante punkter fra præsentationen

- Præsentationen af bestillingssystemet hos leverandøren:
  - Præsentationen tager udgangspunkt i et igangværende byggeprojektet hos entreprenørvirksomheden, hvor der udveksles og afkaldes leverancer på en ny måde, der kun er gældende for den lokale leverandørafdeling.
  - Udvekslingen og afkaldelse af data foregår over Sharepoint, der skal gøre materialestyring og leverancer mere overskueligt for leverandøren.
  - Byggeledelsens ordrer foretages i Sharepoint. Når ordreren kommer ind i systemet håndteres bestillingen af tre personer i den lokale leverandørafdeling, som melder sig på som ansvarlig for den akutelle bestilling.
  - Efter håndteringen af ordreren vil den ansvarlige for ordreren ændre statussen på ordreren, når ordreren er ved at blive pakket. Statussen synliggøres i Sharepoint ved at ordreren bliver markeret rødt.
- Ordrer i systemet:
  - I systemet kan der foretages ordrer, der ikke ligger for langt ude i fremtiden, idet der så vil være for stor bundet kapital. Eksempelvis foretages der ordrer for 1,5 mio. kr ad gangen på byggeprojektet.
  - I ordrersystemet fremgår nedenstående punkter, der delvist skal udfyldes af ordrerafgiver, byggeledelsen, og den ansvarlige håndtør fra leverandøren:
    * Sagsnummer
    * Adresse/etape/klynge
    * Kontaktperson til forbruger af leveret materiale.
    * Leverandørens sagsnummer
    * Pakketype

    - Ansvarlig fra leverandøren
    - Restordrer
    - Internt link der er et trackingssystem, som anvendes af logistikafdelingen hos leverandøren. Dette er baseret på en gps i lastbilerne, der skal levere ordrerne.
    - Kommentarfelt til fritekst
    - Mulighed for vedhæftning af filer. I dette felt uploader ordrerafgiveren typisk diverse tegningsmaterialer og mængdeudtræk.
- Ordrer i ordrersystemet kan ikke redigeres tre dage før leveringsdatoen, idet der er nogle begrænsninger i Google sheet, der anvendes til bestilling af ordrer.
- Ordrer i systemet pakkes typisk natten før levering.
- I ordren beskrives ikke et produktspecifikt materiale. Det rigtige produkt fastlægges af den ansvarlige fra leverandøren.
- Krav til leveranceplaner defineret af leverandøren:
    - Leveringsdato
    - Adresse/lokation som ordrerne skal leveres på
    - Kontaktperson for ordren
    - Hvad der skal leveres og mængder
- For at ovenstående oplysninger kan håndteres i systemet, skal oplysningerne stå i tabelformat i formatet tekst, tal og dato.

Bilag G | Møde med IKT-gruppen

I dette bilag fremgår vigtige punkter fra mødet med IKT-gruppen på det strategiske partnerskab.

Af dette bilag fremgår vigtige punkter fra mødet med IKT-gruppen på det strategiske partnerskab, der har til ansvar at definere og implementere IKT-relevante aspekter på byggeprojekter i det strategiske partnerskab.
Idet mødets formål var at præsentere projektgruppens løsningsforslag til IKT-gruppen, er der ikke udarbejdet en interviewguide eller indhentet godkendelse af nedenstående punkter.
Mødet blev afholdt på hovedkontoret for det strategiske parnterskab i København den 01. april 2022 af Katrine Voigt, Nour Aburashid og Vaishnavee Sasitharan.
IKT-gruppen har godkendt referatet d. 8. juni 2022.

Vigtig feedback eller information fra mødet med IKT-gruppen gengives herunder i punktform:

- Fremtidige koder i byggeprojekter:
  - I fremtidige byggeprojekter benyttes ikke BIM7AA-koder, i stedet arbejder IKT-gruppen på at udvikle CCS-koder, der er ligeså specifikke som BIM7AA-koder, der består af en TypeID efterfulgt af et TypeNumber. Der arbejdes på at udvikle CCS-koder, der er indeholder et løbenummer af tre eller fire cifre efter CCS-koden, så koden bliver: CCS koden + løbenummer.
  - Ifølge IKT-gruppen er løbenummeret i BIM7AA-koden baseret på bygningsdelens materialetype og dimension.
  - Samtidig med udviklingen af CCS-koder arbejder IKT-gruppen også på at udarbejde en bilioteksstandard, hvori standarder i form af løbenumre er angivet. Løbenumrerne har en specifik betydning, som ikke kan ændres.
  - Ændringen fra BIM7AA-koder til CCS-koder skyldes, at bygherren anvender CCS-koder til drift og vedligeholdelse af byggerierne.
- Gennemgang af projektgruppens udfordringer med foreliggende Aktivitetsliste:
  - I Aktivitetslisten fremgår opbygningen af et element i en samlet kolonne, hvilket medfører manuel håndtering til mængdeudtræk. Materialerne i hvert element kan, ifølge IKT-gruppen, ikke indskrives i en kolonne for sig selv uden at skulle opstille for mange parametre i Revit.
  - IKT-gruppen foreslår, at der opstilles specifikke regneregler ud fra CCS-koder, der er under udarbejdelse. Hvert materiale tildeles en specifik kode ligesom det fremgår med BIM7AA-koderne i Aktivitetslisten nu.
- Gennemgang af overordnet opmålingsregler i Vio Office:
  - Der gøres opmærksom på, at arkitekter anvender mellemrum i afslutningssætninger for linjeskift. Dette vurderer IKT-gruppen måske kan påvirke opmålingsregler i Vico Office.
- Udfordringer med elementer i Aktivitetslisten gennemgås:
  - Opstillingen af opmålingsregler for lofter i Vico Office er udfordrerende, idet opbygningsmetoden ikke fremgår nogen steder. Der kan ifølge IKT-gruppen ikke angives specifikke datablade, idet disse opdateres løbende af producenten, hvilket kan medføre risiko for, at angivede datablade bliver forældet.
  - Skakte optegnes som et Void, som ikke muliggør mængdeudtræk i skakte til opmåling

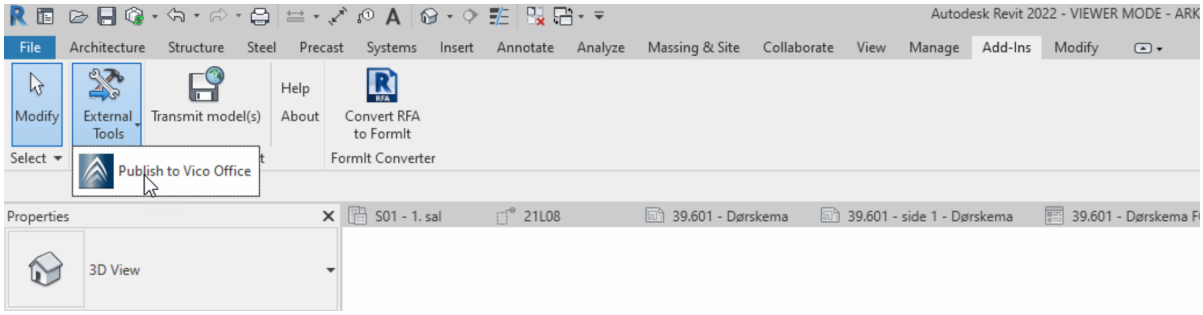
af plader til lukning af skakte i forhold til brand. Dette kan muligvis tegnes af arkitekter som et gulv eller defineres i Generic Family i Revit. På nuværende tidspunkt optegner arkitekter skakte i Revit som Shaft eller skærer huller i skakten.

– I Aktivitetslisten fremgår døre med en anderledes opbygning end andre døre med samme BIM7AA-kode, hvilket medfører, at projektgruppen skal opstille manuelleopmålingsregler. Den manglende differentiering skyldes ifølge IKT-gruppen, at anvendelsen af for mange løbenumre, vil gøre Aktivitetslisten uoverskueligt. Derudover gøres der opmærksom på, at der er en proces for udarbejdelsen af Dørskema, hvorfor projektgruppen kan undlade dette i løsningsforslaget. Dørskemaet udarbejdes af arkitekter til kalkulationsafdelingen for indhentning af tilbud hos Swedoor og lignende virksomheder.

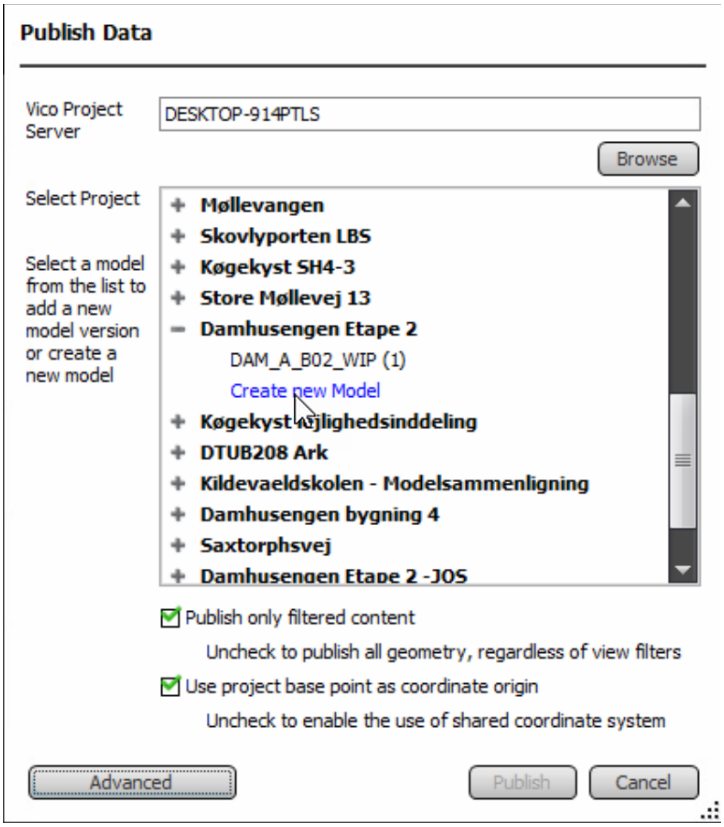
Bilag H | Proces for mængdeudtræk i Vico Office

I dette bilag beskrives processen for mængdeudtræk i programmet, Vico Office. Processen beskrives hovedsageligt med skærmbilleder med billede af de vinduer, som gør et mængdeudtræk muligt.

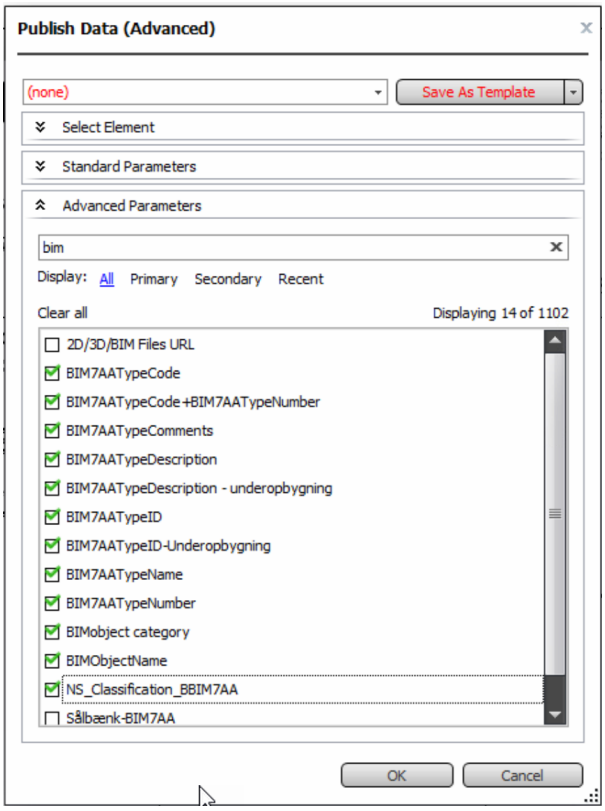
Processen for at udtrække mængder er beskrevet herunder.



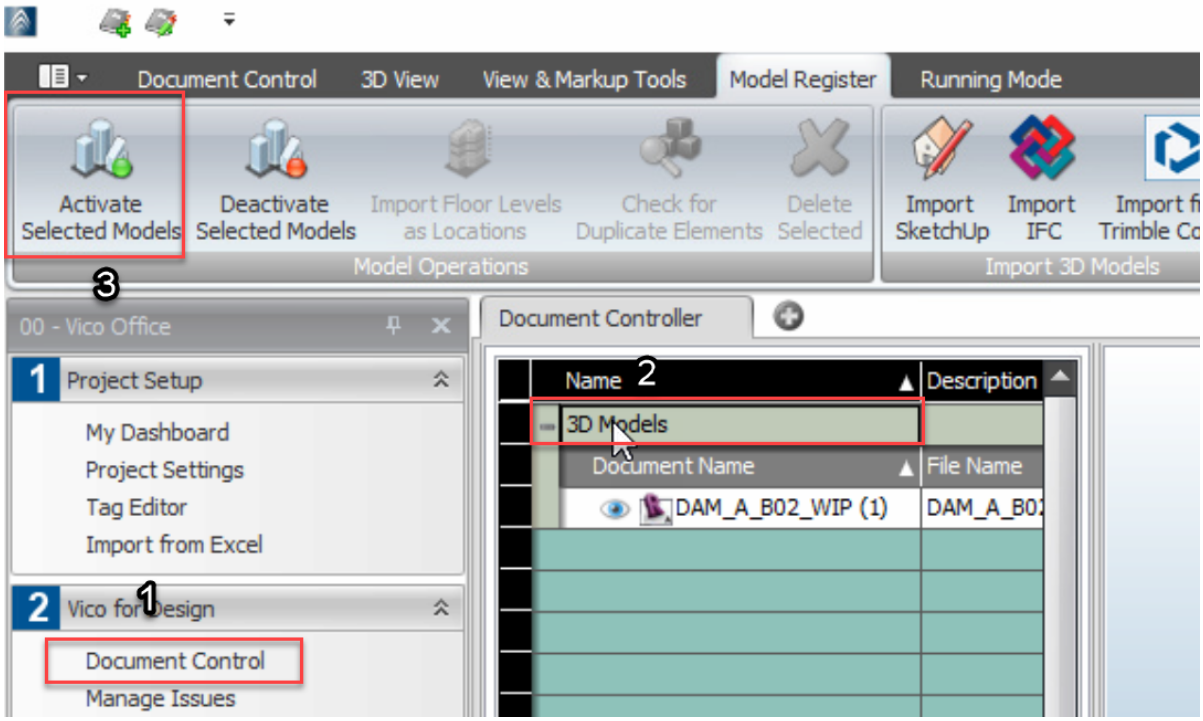
Figur H.1: Fra Revit i båndet med Add-in for at eksportere til Vico Office.



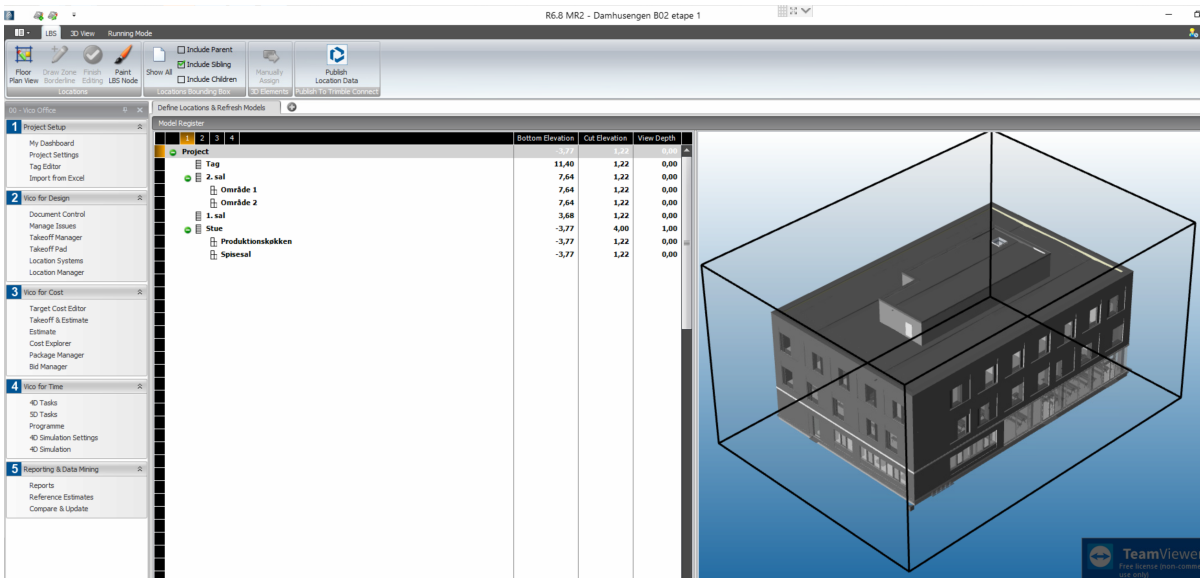
Figur H.2: Oprettelsen af revitmodel til Vico Office.



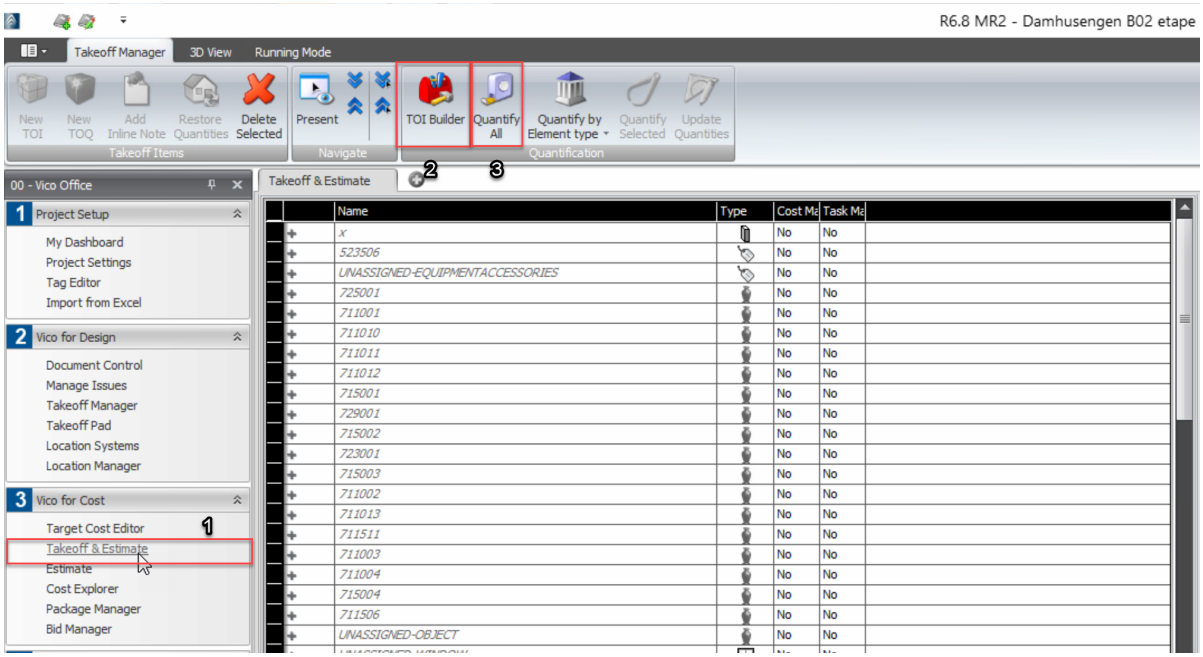
Figur H.3: Ved importering af revitmodellen til Vico Office kan BIM-notationen overføres, ved at afkrydse de properties, som findes i revitmodellen.



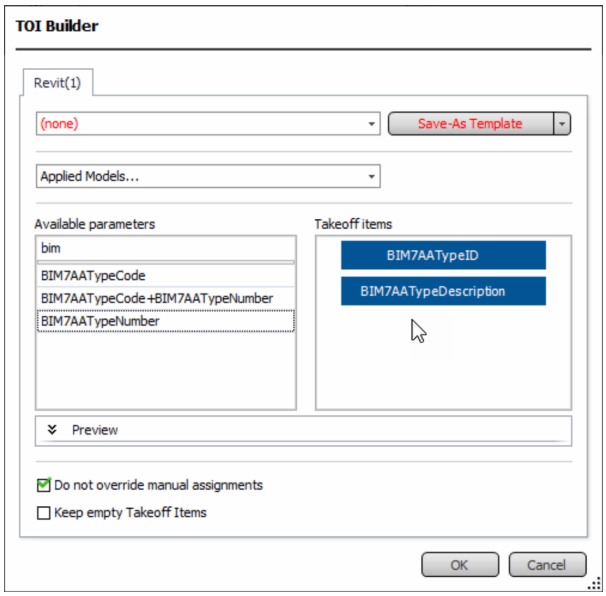
Figur H.4: Aktivering af 3D-modellen i Vico Office.



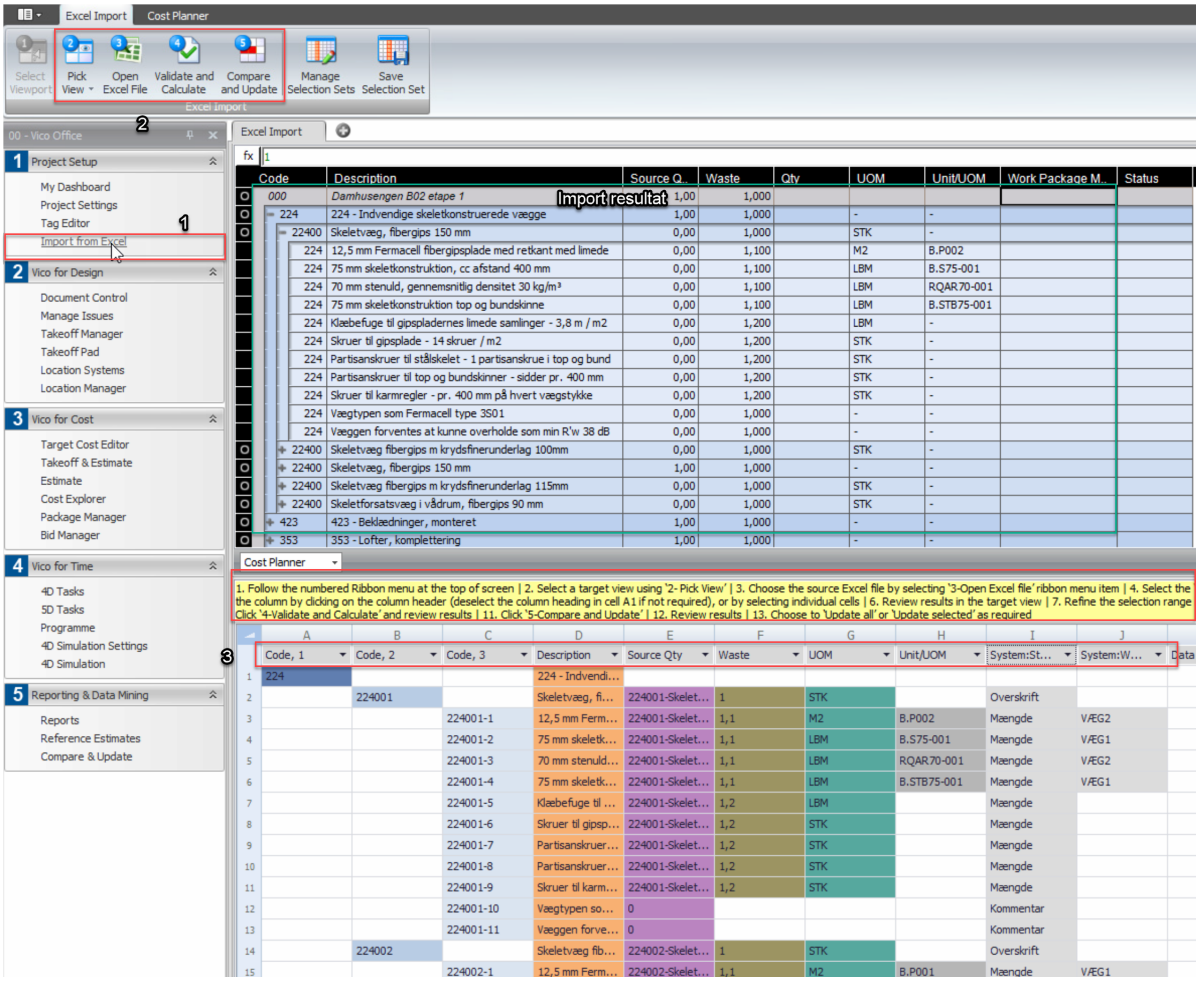
Figur H.5: Lokationsopdeling af revitmodellen.



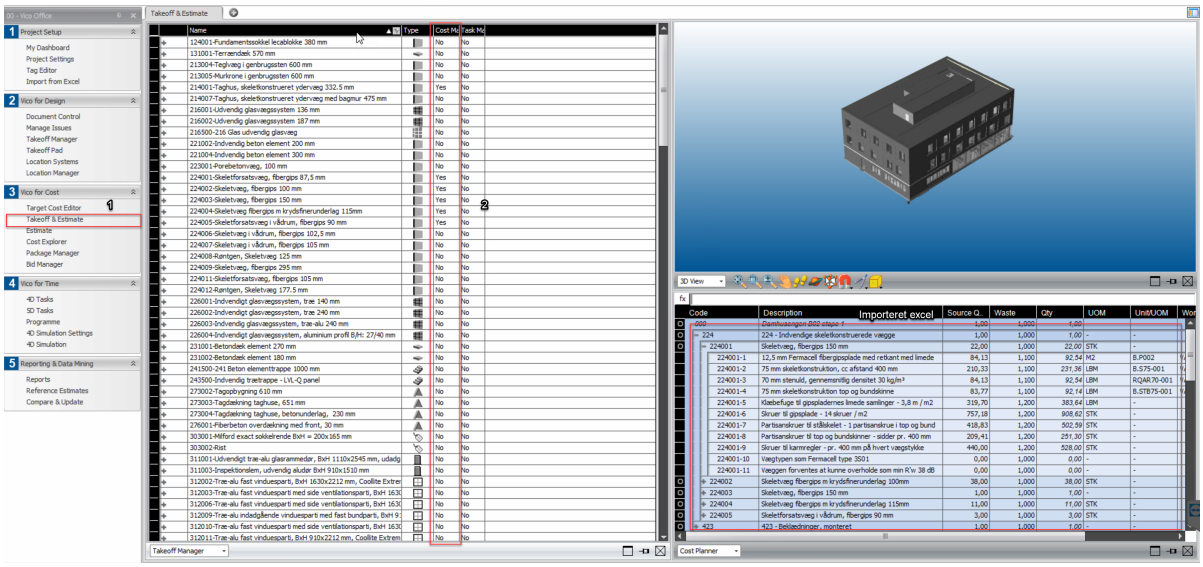
Figur H.6: Lokationsopdeling af revitmodellen.



Figur H.7: TOI-builder og opsætningen for Takeoff & Estimate.



Figur H.8: Importering af Excelark til Vico Office.



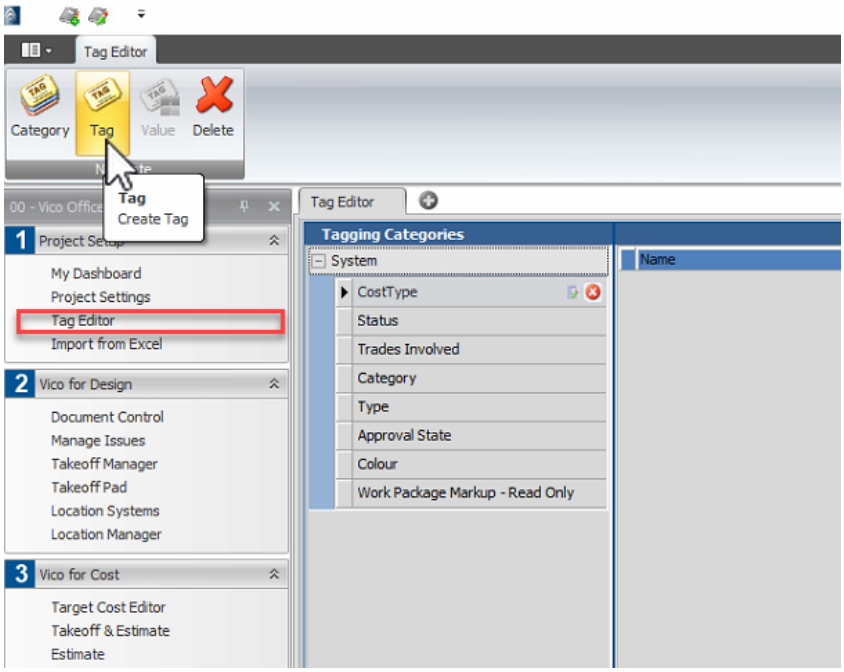
Figur H.9: Takeoff & Estimate med importeret data fra importen.

Bilag I | Vico Office - tags

Dette bilag forklarer funktionerne og muligheder ved Tags Vico Office.

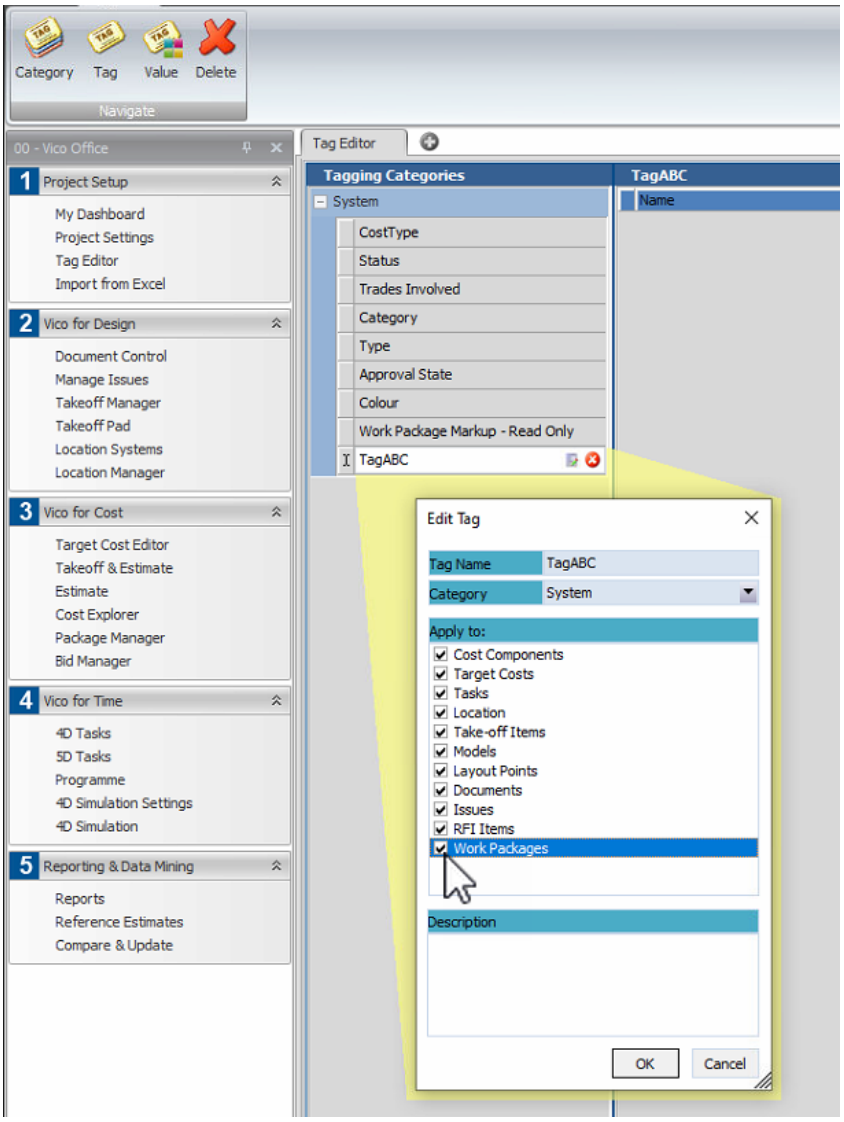
I Vico Office kan der oprettes nye Tags, som gør det muligt at lave nye brugerdefinerede datapunkter. Disse datapunkter gør det muligt at lave ekstra datapunkter til mængdeudtrækket, som kan gøre det muligt at importere og senere eksportere ved en rapport.

Under fanen for *Tag Editor* oprettes de brugerdefinerede tags, som vist på figur I.1.



Figur I.1: Tag Editoren i Vico Office.

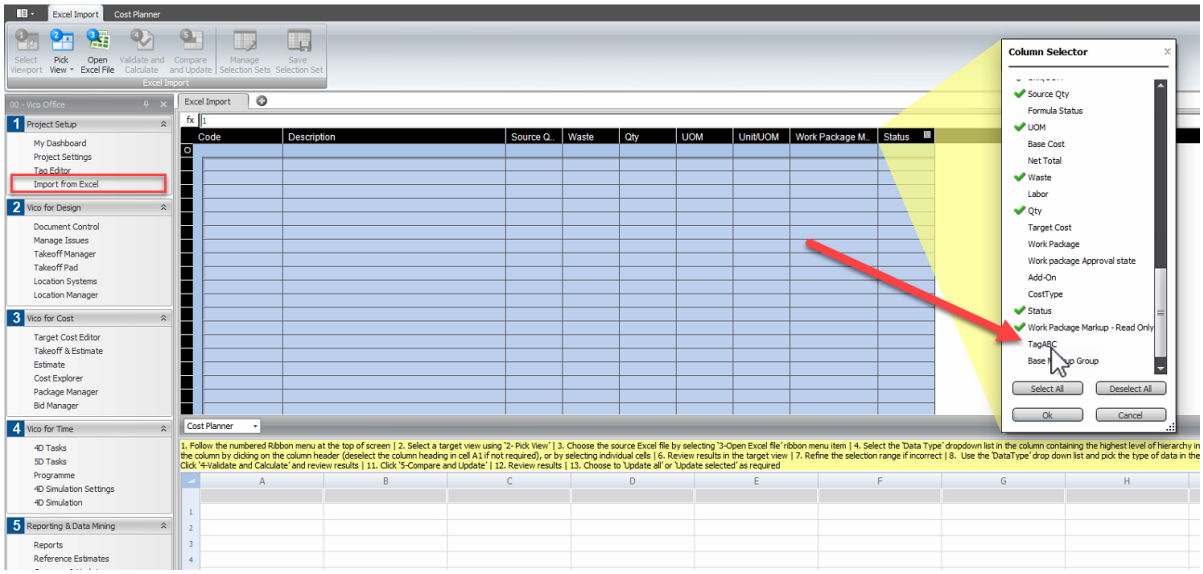
For at lave en ny tag klikkes der på *Tag*, som vist på figur I.1. Tagget lægger sig under *Tagging Categories*, som vist på figur I.2. Figur I.2 illustrerer hvilke muligheder, der er at tildele Tagget.



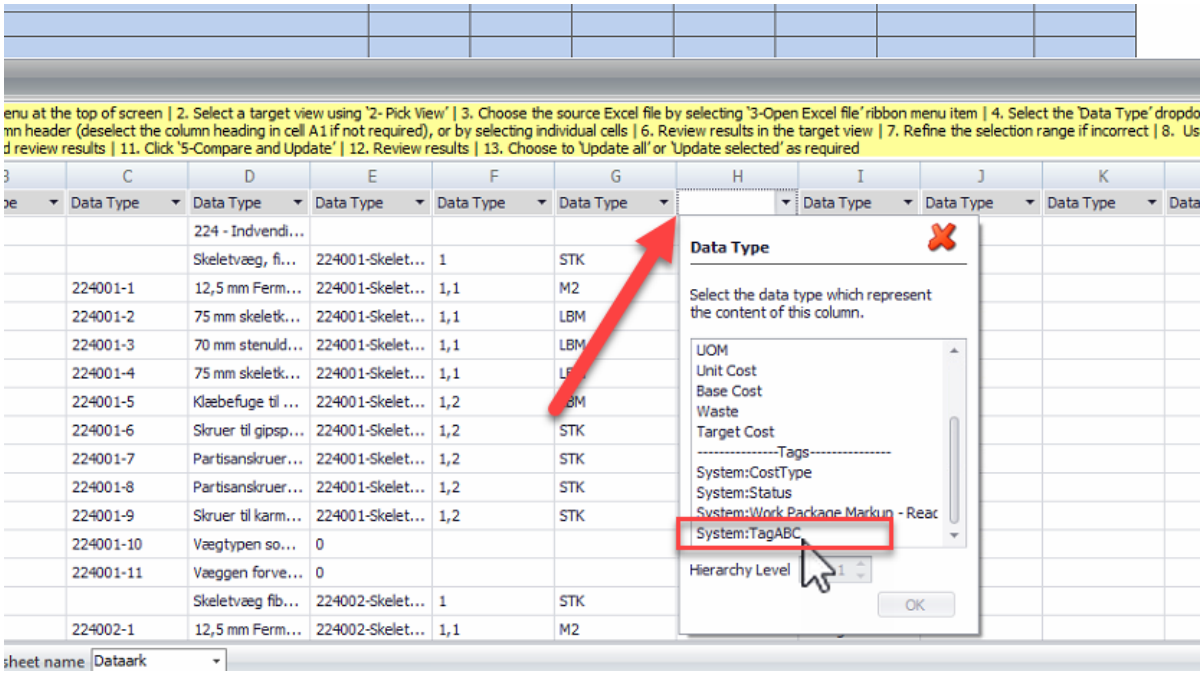
Figur I.2: Oprettelse af ny Tag. Ved at anvende *Edit Tag*, er det muligt at definere hvilken type af Tag, der skal oprettes.

Når Tagget er oprettet, kan det anvendes til forskellige formål senere i Vico Office, hvor projektgruppen har anvendt Tag i følgende funktioner:

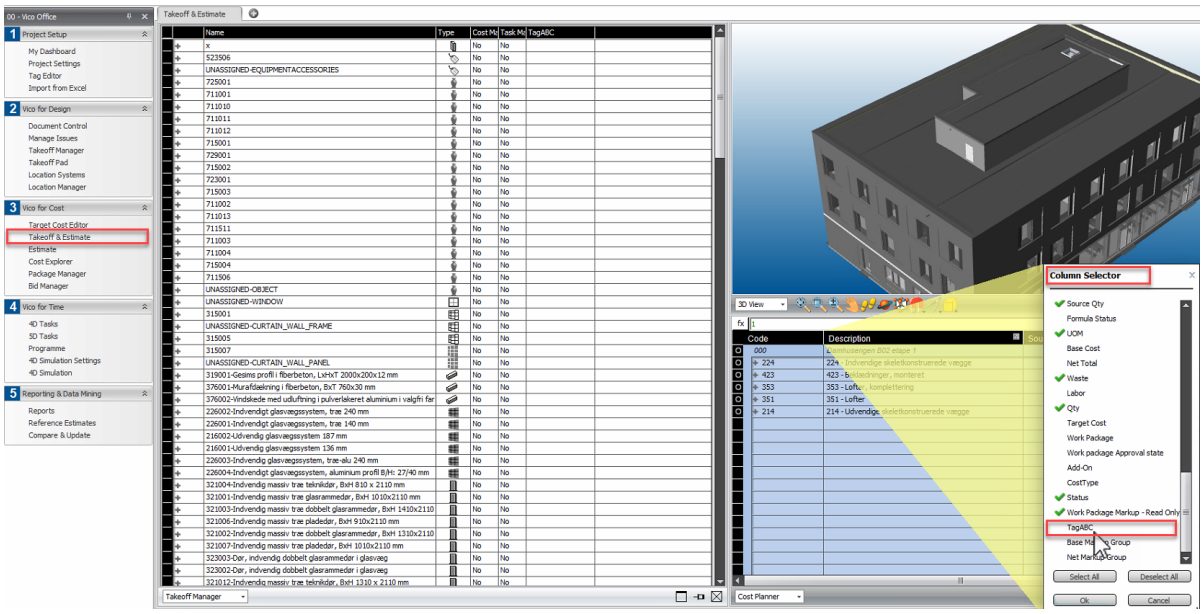
- Importering til Vico Office
- Takeoff & Estimate
- Rapporter



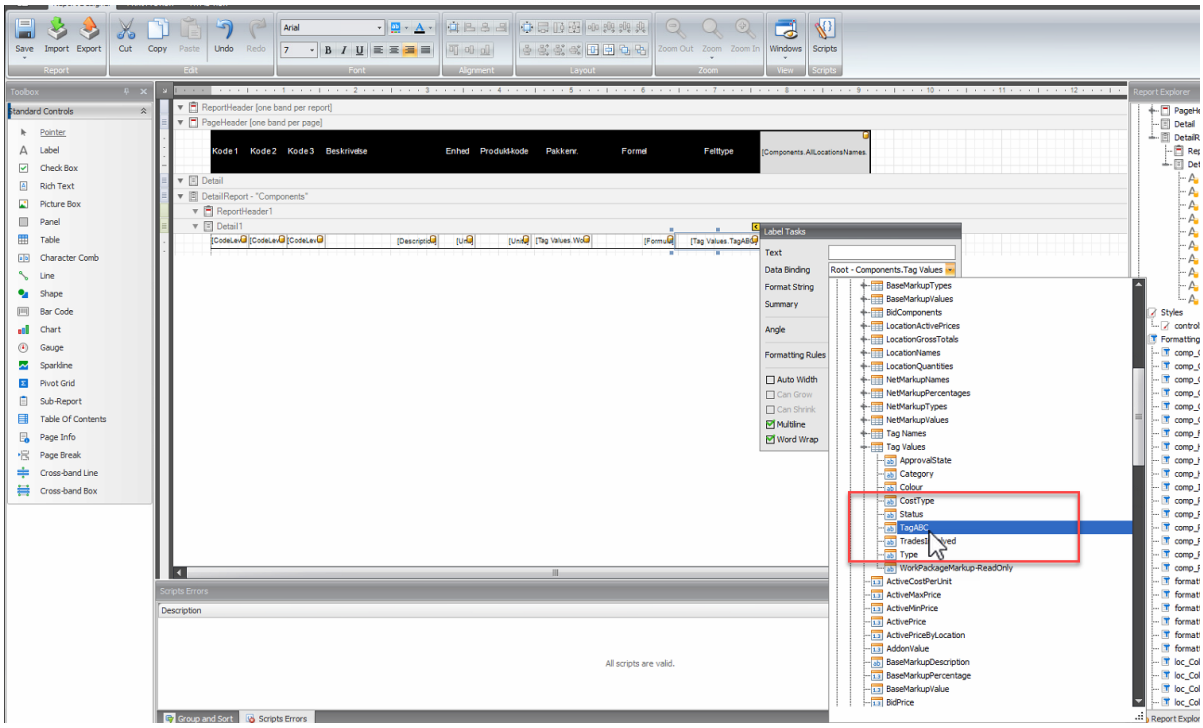
Figur I.3: Tagget anvendt i importering til Vico Office for importering til *Cost Planner/ Estimate*.



Figur I.4: Tagget anvendt i Importering til Vico Office ved Excel-filens kolonnedefinering.



Figur I.5: Tagget anvendt i Takeoff & Estimate, hvor det er muligt at vælge forskellige kolonner. Her er det muligt at vælge det oprettede Tag.



Figur I.6: Tagget anvendt i Report, hvor denne figur viser, hvordan et Tag kan inkluderes i en Report. For at gøre dette muligt skal brugeren gå ind i *Edit Template*.

Ved at anvende Tag kan der laves nye datapunkter. Disse datapunkter kan anvendes til at tilpasse data til efterfølgende brug.

Bilag J | Oversigt over opmålingsregler

Dette bilag er en oversigt over de opmålingsregler og muligheder der er for hver komponentvariant.

I Vico Office varierer opmålingsmulighederne fra komponenttype til komponenttype. De forskellige komponenttyper, som findes i Vico Office er:

- Beam Rectangular
- Column Rectangular
- Curtain wall
- Curtain wall frame
- Curtain wall panel
- Door
- Equipment
- Object
- Railing
- Roof
- Room
- Slab
- Stair
- Wall
- Window

Herunder opstilles alle opmålingsreglerne for de forskellige komponentvarianter.

Komponentvariant	Opmålingsmuligheder	Opmålingen betyder
Beam Rectangular	Count	Antal
Beam Rectangular	Joint Vertical Surface Area	Vandrette samlingers overflade
Beam Rectangular	Bottom Surface Area	Bundareal
Beam Rectangular	Ends Surface Area	Bjælker
Beam Rectangular	Hole Surface Area	Hul overfladeareal
Beam Rectangular	Gross Volume	Brutto volumen
Beam Rectangular	Joint Horizontal Surface Area	Lodrette samlingers overflade
Beam Rectangular	CAD_Count	Antal
Beam Rectangular	CAD_Length	Bundlængde
Beam Rectangular	CAD_Volume	Brutto volumen
Beam Rectangular	Top Surface Area	Topareal
Beam Rectangular	Length	Bundlængde
Beam Rectangular	Piece Count	Antal
Beam Rectangular	Reference Side Surface Area	Sideareal på en side
Beam Rectangular	Net Volume	Netto volumen
Beam Rectangular	Piece Length	Højde for komponent
Beam Rectangular	Opposite Side Surface Area	Sideareal på modsatte side
Column Rectangular	Joint Vertical Surface Area	Vandrette samlingers overflade
Column Rectangular	Count	Antal
Column Rectangular	Height	Højde
Column Rectangular	Top Surface Area	Topareal
Column Rectangular	Bottom Surface Area	Bundareal
Column Rectangular	Hole Surface Area	Hul overfladeareal
Column Rectangular	Gross Volume	Brutto volumen
Column Rectangular	Joint Horizontal Surface Area	Lodrette samlingers overflade
Column Rectangular	CAD_Count	Antal
Column Rectangular	CAD_Length	Bundlængde
Column Rectangular	CAD_Volume	Brutto volumen
Column Rectangular	Piece Count	Antal
Column Rectangular	Net Volume	Netto volumen
Column Rectangular	Piece Height	Højde for komponent
Column Rectangular	Vertical Surface Area	Vertikalt overfladeareal
Curtain wall	Count	Antal
Curtain wall	CAD_Count	Antal
Curtain wall	Piece Count	Antal
Curtain wall	Surface Area	Areal
Curtain wall frame	Length	Bundlængde
Curtain wall frame	Count	Antal
Curtain wall frame	Piece Count	Antal
Curtain wall frame	CAD_Count	Antal
Curtain wall frame	CAD_Length	Bundlængde
Curtain wall frame	Horizontal Mullions	Horisontale mullions
Curtain wall frame	Vertial Mullions	Vertikale mullions
Curtain wall frame	Piece Length	Højde for komponent
Curtain wall panel	Count	Antal
Curtain wall panel	Joint Surface Area	Samlingers overflade
Curtain wall panel	CAD_Count	Antal
Curtain wall panel	Surface Area	Areal

Komponentvariant	Opmålingsmuligheder	Opmålingen betyder
Door	Perimeter	Omkreds
Door	Count	Antal
Door	Width	Bredde
Door	Height	Højde
Door	CAD_Count	Antal
Door	Surface Area	Areal
Equipment	Piece Count	Antal
Equipment	Count	Antal
Equipment	CAD_Count	Antal
Object	Count	Antal
Object	CAD_Count	Antal
Object	Count	Antal
Object	CAD_Count	Antal
Railing	Piece Count	Antal
Railing	Count	Antal
Railing	Length	Bundlængde
Railing	CAD_Count	Antal
Railing	CAD_Length	Bundlængde
Railing	Piece Length	Højde for komponent
Roof	Joint Vertical Surface Area	Vandrette samlingers overflade
Roof	Top Surface Area	Topareal
Roof	Hole Surface Area	Hul overfladeareal
Roof	Piece Count	Antal
Roof	Count	Antal
Roof	Edge Perimeter	Omkreds
Roof	Hole Count	Antal huller
Roof	Hole Perimeter	Hul omkreds
Roof	Bottom Surface Area	Bundareal
Roof	Edge Surface Area	Omkreds areal
Roof	Gross Volume	Brutto volumen
Roof	Joint Horizontal Surface Area	Lodrette samlingers overflade
Roof	Edge Length	Yderkant længde
Roof	Joint Length	Samlingslængde
Roof	Hole Edge Length	Længde for en hulkant
Roof	Hole Joint Length	Samlingslængde for hul
Roof	CAD_Count	Antal
Roof	CAD_Volume	Brutto volumen
Roof	Net Volume	Netto volumen
Room	Perimeter	Omkreds
Room	Piece Count	Antal
Room	Count	Antal
Room	Height	Højde
Room	Gross Volume	Brutto volumen
Room	Edge Length	Yderkant længde
Room	Joint Length	Samlingslængde
Room	CAD_Count	Antal
Room	Net Volume	Netto volumen
Room	Piece Height	Højde for komponent
Room	Surface Area	Areal
Slab	Joint Vertical Surface Area	Vandrette samlingers overflade

Komponentvariant	Opmålingsmuligheder	Opmålingen betyder
Slab	Top Surface Area	Topareal
Slab	Hole Surface Area	Hul overfladeareal
Slab	Piece Count	Antal
Slab	Count	Antal
Slab	Edge Perimeter	Omkreds
Slab	Hole Count	Antal huller
Slab	Hole Perimeter	Hul omkreds
Slab	Bottom Surface Area	Bundareal
Slab	Edge Surface Area	Omkreds areal
Slab	Gross Volume	Brutto volumen
Slab	Joint Horizontal Surface Area	Lodrette samlingers overflade
Slab	Edge Length	Yderkant længde
Slab	Joint Length	Samlingslængde
Slab	Hole Edge Length	Længde for en hulkant
Slab	Hole Joint Length	Samlingslængde for hul
Slab	CAD_Count	Antal
Slab	CAD_Volume	Brutto volumen
Slab	Net Volume	Netto volumen
Stair	Thread Surface Area	Trappetrins overflade
Stair	Side Surface Area	Areal
Stair	Piece Count	Antal
Stair	Count	Antal
Stair	Height	Højde
Stair	CAD_Count	Antal
Stair	CAD_Volume	Brutto volumen
Stair	Net Volume	Netto volumen
Wall	Reference Side Opening Surface Area	Areal i hul i et element
Wall	Joint Vertical Surface Area	Vandrette samlingers overflade
Wall	Reference Side Surface Area	Sideareal på en side
Wall	Length	Bundlængde
Wall	Piece Count	Antal
Wall	Top Surface Area	Topareal
Wall	Count	Antal
Wall	Net Volume	Netto volumen
Wall	Bottom Surface Area	Bundareal
Wall	Ends Surface Area	Væg/halvvæg/fundamentsokkel
Wall	Gross Volume	Brutto volumen
Wall	Joint Horizontal Surface Area	Lodrette samlingers overflade
Wall	Opposite Side Surface Area	Sideareal på modsatte side
Wall	CAD_Count	Antal
Wall	CAD_Length	Bundlængde
Wall	CAD_Volume	Brutto volumen
Wall	Piece Length	Højde for komponent
Window	Perimeter	Omkreds
Window	Count	Antal
Window	Width	Bredde
Window	Height	Højde
Window	Surface Area	Areal
Window	CAD_Count	Antal