



UNIVERSITETET I AGDER

Effektivisering av betongelementproduksjonen

Ved bruk av tegningsløs armering og prefabrikkert forskaling

ANNIKEN OPHAUG RØKSLAND

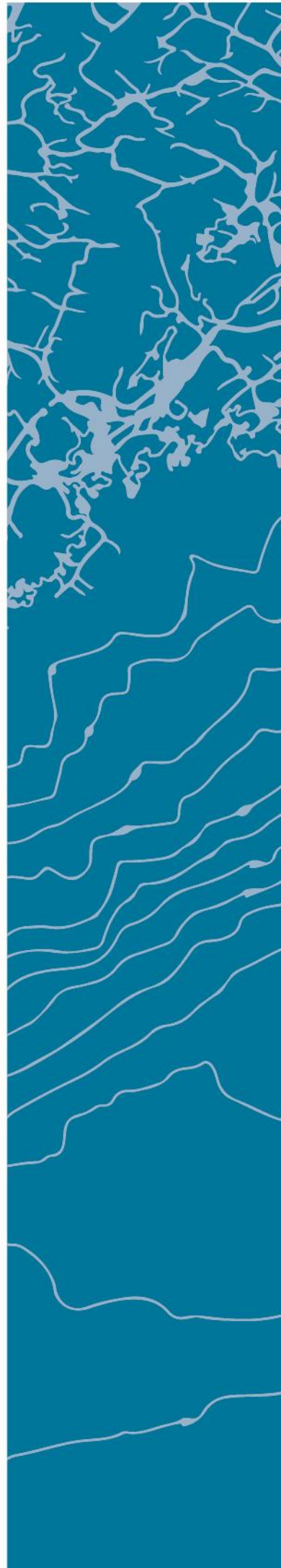
VEILEDER

Paul Ragnar Svennevig

Universitetet i Agder, 2018

Fakultet for teknologi og realfag

Institutt for ingeniørvitenskap



Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"> • ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands. • ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt. • ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt. • har alle referansene oppgitt i litteraturlisten. • ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse. 	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§ 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage Aura og på UiA sine nettsider med forfatter(ne)s godkjennelse.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller tausehetsbelagt/konfidensiell vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

JA NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?
(Båndleggingsavtale må fylles ut)

JA NEI

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

JA NEI

Er oppgaven unntatt offentlighet?

JA NEI

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Forord

Dette er en masteroppgave utarbeidet ved institutt for ingeniørvitenskap ved Universitet i Agder (UIA), våren 2018. Arbeidet er et avsluttende prosjekt på masterstudiet, og gir 30 studiepoeng. Oppgaven er utført som et individuelt, veiledet arbeid.

Problemstillingen i oppgaven bygger videre på observasjonene og konklusjonen fra forprosjektet gjennomført høsten 2017. Temaet for oppgaven har blitt valgt på grunn av mitt engasjement for BIM, og alle de teknologiske mulighetene som finnes for byggbransjen. Med samme interesse fra Contiga og COWI, har prosjektet gitt et godt grunnlag for arbeidet videre. Bransjen er i stor utvikling, og med stadig flere krav til BIM leveranse, er det et ønske om å få til papirløse prosjekter.

Jeg ønsker med denne oppgaven å kunne gi Contiga et innblikk i mulighetene som finnes, og håper påbegynte prosjekter vil satses videre på. Det har i dette prosjektet blitt kartlagt muligheter for forbedring ved hjelp av Lean metodikken og mulighetene med BIM. Det har også blitt sett på digitale verktøy som kan gi økt effektivitet i produksjonen, og leverandører av disse verktøyene.

Arbeidet med prosjektet har gjort meg enda mer nysgjerrig på fremtidens teknologi, og lysten på å jobbe videre med dette. Det finnes enorme muligheter for prefabrikasjonsindustrien, og jeg håper stadig flere digitale verktøy vil bli tatt i bruk, både med tanke på effektivitet og HMS. Jeg ønsker å rette en stor takk til min veileder fra UIA, Paul Ragnar Svennevig, for alle gode innspill og veiledning med oppgaven. Jeg vil også rette en stor takk til alle som har bidratt i dette prosjektet: Tommy Svensson, fabrikkjef Contiga i Mandal og Marnardal, Geir Egil Nessa, konstruktør og veileder COWI, Øyvind Svaland EDR/Veidekke for enorm hjelp med BIM og alle digitale løsninger som finnes for bransjen. Til slutt en takk til Einar Mortensen og Eivind Holte fra Kamstål AS for deres engasjement for prosjektet og oppgaven. Med en så stor gruppe som har vært med å bidra til dette prosjektet, har det vært et givende arbeid på dette avsluttende prosjektet for min utdanning.

Summary

Technology evolves exponentially, and technological aids follow the same course. Manufacturing methods in the construction industry are also constantly evolving, and a company that wishes to follow this development is Contiga. Contiga is the leading supplier of prefabricated concrete elements in Norway. For several years they have used the Lean methodology, and with this methodology mapped where in the manufacturing process there is room for improvement. Prefabrication has become more and more common in recent years, and innovative solutions and methods have also come.

In the process of manufacturing the concrete elements, models are constructed of the elements. The models prepared have very high accuracy, and a lot of information. This information provides the basis for increased use of BIM and the tools associated with this. Prior to this task, a preliminary project was made where information gathered about what BIM in production could contribute. Contiga is the leading supplier of concrete elements in Norway, and they wanted to test some of the findings.

Together with COWI, EDR, Kamstål AS and PERI, the possibility of prefabrication of reinforcement and formwork was investigated using CNC machines. The CNC machines get the required information directly from the model. Models developed by Contiga and COWI designers already contain all geometric information, and reinforcement is modeled in model. The desire is therefore to make use of this information to a much greater extent. Furthermore, it is also considered which other technologies can be drawn into element production. With the help of Øyvind Svaland from EDR, the use of AR / MR is also used for visualization, quality assurance and communication.

Innholdsfortegnelse

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring	i
Publiseringsavtale.....	ii
Forord	iii
Summary.....	iv
Innholdsfortegnelse.....	v
Figurliste	viii
Tabelliste.....	x
Begreper	xi
1 Innledning	12
1.1 Bakgrunn	12
1.2 Formål	13
1.3 Problemstilling	13
1.4 Omfang og begrensninger.....	14
2 Samfunnsperspektiv	15
3 Teori.....	16
3.1 Contiga	16
3.2 BIM	18
3.2.1 Åpen BIM	19
3.2.2 Bruksområde.....	20
3.2.3 Trender i bransjen.....	22
3.2.4 Fordeler med BIM	23
3.2.5 utfordringer med BIM.....	25
3.3 Programvare.....	27
3.3.1 Tekla Structures	27
3.3.2 Model Sharing.....	28
3.3.3 Trimble connect	29
3.3.4 Form face creator.....	30
3.3.5 Task manager	30
3.4 Fremtidens prosjekteringsmetoder.....	31
3.4.1 AR/VR/MR.....	31
3.4.2 CNC.....	32
3.4.3 RFID.....	34
3.4.4 Tegningsløs armering	37
3.5 LEAN	41

3.5.1	Lean i bygg og anlegg	41
3.5.2	A3 kommunikasjon	42
3.5.3	De sju forutsetningene for flyt i en byggeproduksjon.....	43
3.5.4	5S	45
3.5.5	Verdistrømsanalyse.....	46
3.5.6	24-timersmøtet	48
3.5.7	Sløsing	49
3.6	Teori om metode.....	51
3.6.1	Litteraturstudie	53
3.6.2	Intervju med nøkkelpersoner.....	53
3.6.3	Casestudie/ Observasjon	55
4	Forskerspørsmål	56
5	Case	57
5.1	Lite utnyttelse av BIM modell	57
5.2	Ønsker økt grad av standardisering	58
5.3	Tungvinte bestillings- og arbeidsmetoder med armering	58
5.3.1	Kamstål	60
5.4	Dårlig lagerstyring	60
6	Metode	61
6.1.1	Litteraturstudie	61
6.1.2	Intervju med nøkkelpersoner.....	61
6.1.3	Casestudie/observasjon	61
7	Resultat.....	63
7.1	Lean I Contiga	63
7.2	BIM I Contiga	66
7.3	Prosjekterings- og produksjonsprosesser	68
7.3.1	Programvare	70
8	Diskusjon.....	72
8.1	BIM i Contiga	72
8.2	Prosjekterings- og produksjonsprosesser	73
8.3	Tegningsløs armering	74
8.3.1	IKEA-løsning	75
8.3.2	AR som bruksanvisning	76
8.4	AR og MR i produksjon	77
8.5	Lagerstyring med RFID	78

8.6	Kommunikasjon.....	79
8.7	Programvare.....	81
8.8	HMS.....	83
9	Konklusjon	84
10	Anbefalinger	87
11	Referanser	88
	Lean ledelse i Contiga	92
	Bakgrunn	92
	Intervjuguide Bakgrunn for Lean.....	92

Figurliste

Figur 2-1: Vekst i teknologien [2].	15
Figur 3-1: Contigas virksomhet [3].	16
Figur 3-2: Produkter Contiga [4].	16
Figur 3-3: Verdien av BIM [8].	18
Figur 3-4: Åpen BIM formater [11].	19
Figur 3-5: Logo Tekla Structures [17].	27
Figur 3-6: Tekla Structures brukergrensesnitt [11].	27
Figur 3-7: Tekla Model Sharing [19].	28
Figur 3-8: Logo Trimble connect [20].	29
Figur 3-9: Forside Trimble Connect [20].	29
Figur 3-10: Applikasjoner for Trimble Connect [20].	29
Figur 3-11: Bygg før overflatebehandling [21].	30
Figur 3-12: Form face Crator brukt som skall [21].	30
Figur 3-13: Fremdriftsplanlegging med task manager [23].	30
Figur 3-14: Armeringstang beskrevet etter BVBS [29].	33
Figur 3-15: Overføring av leveringsstatus [30].	36
Figur 3-16: Produksjonstegning [26].	37
Figur 3-17: Produksjonstegning fra COWI [11].	37
Figur 3-18: Tegningsløs armering [30].	38
Figur 3-19: Digital tvilling [26].	38
Figur 3-20: Digital tvilling med IFC egenskaper [26].	39
Figur 3-21: Microsoft HoloLens [32].	40
Figur 3-22: Bruk av HoloLens hos Veidekke [33].	40
Figur 3-23: Måling av tidsbruk på byggeplass [34].	41
Figur 3-24: Eksempel på A3 oppbygning [34].	42
Figur 3-25: De sju forutsetningene for flyt [34].	43
Figur 3-26: 5S [35].	45
Figur 3-27: Framgangsmåten ved verdistrømskartlegging [34].	47
Figur 3-28: Daglig styring, morgenmøter [34].	48
Figur 3-29: 7 former for sløsing [35].	49
Figur 3-30: Ressurstap [34].	50
Figur 3-31: Kvalitativ metode [36].	52
Figur 5-1: Prosess uten tegningsløs armering [11].	57
Figur 5-2: Standardisert trappemodell for prøveprosjekt med prefabrikkert armering og forskaling [11].	58
Figur 5-3: Produksjonstegninger leveres i 2D [11].	59
Figur 5-4: Armering legges etter produksjonstegninger [11].	59
Figur 5-5: Produksjonshall Contiga [11].	59
Figur 5-6: Armeringsstenger kappes manuelt [11].	59
Figur 5-7: Maskin for produksjon av kamstål på rull [11].	60
Figur 5-8: Robotsveist søylearmering [11].	60
Figur 7-1: Lean-filosofien [35].	63
Figur 7-2: Systematisere egen arbeidsplass [35].	63
Figur 7-3: Verdistrømsanalyse [35].	64
Figur 7-4: Vurdering av verdistrømsanalyse i team [36].	64

Figur 7-5: Verdistrømsanalyse hos Contiga [36].	64
Figur 7-6: A3 kommunikasjonsplan hos Contiga [35].	65
Figur 7-7: Standardisert trapp for prosjekt [11].	66
Figur 7-8: Trappeform utarbeidet av PERI, illustrasjon mottatt på mail.	66
Figur 7-9: Trappekomponent [40].	67
Figur 7-10: Geometriske data gjengitt i .xls format [40].	67
Figur 7-11: Prosesskart over dagen prosjekterings- og produksjonsprosesser [11].	68
Figur 7-12: Prosesskart over fremtidig prosjekterings- og produksjonsprosesser [11].	68
Figur 7-13: Feil i form face creator [11].	70
Figur 7-14: Tekla Filters [41].	71
Figur 8-1: AR arbeidspakke trinn 1.	76
Figur 8-2: AR arbeidspakke trinn 2.	76
Figur 8-3: AR arbeidspakke trinn 3.	76
Figur 8-4: Armert etter BIM modell [47].	77
Figur 8-5: Ferdig armering transporteres [47].	77
Figur 8-6: Digital tvilling [47].	77
Figur 8-7: Lagerstyring med RFID [11].	78
Figur 8-8: Kommunikasjon ved bruk av hologram.	79
Figur 8-9: Bruk av hololens og AR.	79
Figur 8-10: Produksjonsunderlag på BIM kiosk [30].	80
Figur 8-11: Model fra Tekla Structures vist i Trimble Connect [11].	81
Figur 8-12: Trimble Connect som prosjekthotell [11].	81
Figur 8-13: Begrensning i «form face creator» [11].	82
Figur 10-1: Oversikt kartløsning lager [45].	87

Tabelliste

Tabell 3-1: Produksjonsmengder for fabrikker i Sør [5].	17
Tabell 3-2: Oversikt antall ansatte [5].	17
Tabell 3-3: Tidsbruk produksjon Marnardal [5].	17
Tabell 3-4: Trender i bransjen [15].	22
Tabell 3-5: Parametere knyttet mot prosjekt og armering [29].	33
Tabell 3-6: Parametere knyttet mot prosjekt og armering, og geometriske parametere [29]	33
Tabell 3-7: Kvantitativ vs kvalitativ [37].	52
Tabell 3-8: Forskjell mellom kvantitativ og kvalitativ intervjuform [36].	54
Tabell 3-9: fordeler og ulemper ved observasjon [37].	55
Tabell 5-1: Antall former [38].	58
Tabell 5-2: Antall støp [38].	58
Tabell 6-1: Valg av metoder for forskningsspørsmål	62
Tabell 7-1: konvensjonell armeringsprosess vs. Tegningsløs armering	69
Tabell 8-1: Trappemodell fra Tekla visst som IFC [11].	72

Begreper

AEC:	Arkitektur, Engineering og konstruksjon
ASCII:	American Standard Code for Information Interchange
AR:	Augmented Reality
ARK:	Arkitekt
BAE:	Bygg, anlegg og eiendom
BIM:	Bygnings Informasjons modell/ modellering
BVBS:	Bundesvereinigung Bausoftware
CAD:	Computer-aided design
CNC:	Computer Numerical Control
CAM:	Computer Aided Manufacturing
GPS:	Global Positioning System
HMS:	Helse, miljø og sikkerhet
HSE:	Health, Safety and Environment
IDM:	Information Delivery Manual
IFC:	Industry Foundation Classes
IFD:	International Framework for Dictionaries
IPD:	Integrated Project Delivery/ Integrert prosjektleveranse
MR:	Mixed reality
PDA:	Personal Digital Assistant
PDF:	Portable Document Format
RIB:	Rådgivende ingeniør byggeteknikk
RIE:	Rådgivende ingeniør elektro
RFID:	Radio frequency identification
TPS:	Toyota Production system
VR:	Virtual Reality
2D:	Konstruksjonen er representert med 2D-tegninger
3D:	Konstruksjonen er representert i en 3D-modell
4D:	Fremdriftsplanlegging, der fremdrift er kombinert med 3D-modellen

1 Innledning

Dette er et innledende kapittel som presenterer bakgrunn for masteroppgaven, problemstillingen, oppgavens omfang og begrensinger.

Dette er et avsluttende arbeid på masterstudiet BYG508 på Institutt for ingeniørvitenskap ved Universitetet i Agder. I forkant av masterprosjektet ble det gjennomført et forprosjekt i faget BYG507. Det ble her kartlagt hvilke bruksområder BIM kan forbedre i produksjon, og hvilke fordeler og utfordringer BIM i produksjonen vil ha. Sammen med Contiga og COWI er det et ønske å optimalisere elementproduksjonen. Det er flere områder som har store potensialer for forbedring, men den største interessen var i å benytte informasjonen som ligger i BIM modellen i mye større grad. I dag benytter de aller fleste ingeniørfirmaer BIM i sitt arbeid. BIM blir i størst grad brukt i prosjekteringsfasen, men har store potensialer i produksjonsfasen også.

1.1 Bakgrunn

Som den del av masterstudiet ble det gjennomført et forprosjekt i BYG507. I dette emnet fordypet jeg meg i BIM i produksjon og mulighetene som finnes ved denne typen verktøy. Jeg har lenge hatt stor interesse for BIM og andre teknologiske hjelpemidler som finnes, og med denne rapporten er det et ønske om å få testet det ut i praksis.

Byggebransjen har lenge vært kjent for å være lite innovative, og elementproduksjon er intet unntak. Produksjonen har ikke endret seg stort de siste tiårene, selv om teknologien og nye hjelpemidler hatt stort inntog i byggebransjen. Det brukes blant annet roboter for hullboring, AR for kvalitetssikring og CNC for prefabrikasjon av armering og forskaling.

Prefabrikasjon har blitt mer populært med årene, og med BIM modellens nøyaktighet kan store deler av byggene prefabrikeres. Effektivitetsmulighetene i denne bransjen har stort potensiale, og det er derfor aktuelt å se mer på dette. Sammen med Contiga, en ledende betongleverandør, og COWI som utarbeider produksjonstegninger for Contiga, er det et ønske om å teste ut nye produksjonsmetoder. COWI utarbeidet modeller av betongelementer i Tekla Structures med all geometri, materialinformasjon og armering. Sammen med Contiga ønsker de å ta i bruk informasjonen som allerede ligger i modellen.

1.2 Formål

BIM modeller utarbeides med høy nøyaktighet og all nødvendig informasjon om både geometri og materialinformasjon. Med mange involverte i prosjekter, og vanskelig tilgang på informasjon er det et ønske at BIM modellen skal være en felles plattform for kommunikasjon for alle involverte i prosjektet. Contiga jobber aktivt med Lean metodikken, og leter stadig etter forbedringer i produksjonen. Det er derfor også av interesse hvordan BIM kan bidra til en mer Lean-orientert prosjekteringsledelse, og hvilke muligheter dette åpner for.

Formålet med denne oppgaven vil være å se på hvilke muligheter en større bruk av BIM i produksjonen vil gi. Informasjonen som allerede ligger i modellen skal tas i bruk i mye større grad. Modellene som utarbeides hos COWI er med høy nøyaktighet og dermed med stor tilretteleggelse for prefabrikasjon.

På grunn av økt etterspørsel på prefabrikkerte elementer ønsker Contiga å øke produksjonen. Det vil undersøkes hvordan dette kan gjøres uten å øke bemanning eller produksjonshall. Ny teknologi gir nye muligheter for effektivisering, digitalisering og kvalitetssikring. Jeg vil derfor også gi kjennskap til funksjoner på markedet som AR, RFID og CNC som er relativt lite brukt i elementproduksjon.

1.3 Problemstilling

Nye maskiner og teknologier gjør stadig arbeidet vårt enklere. Det samme gjelder i produksjon av betongelementer. Contiga, den ledende leverandøren av betongelementer i Norge [1], ønsker å ta i bruk nye teknologiske hjelpemidler i deres produksjon. Det ble i forprosjektet BYG507 kartlagt på hvilke bruksområder implementering av BIM ville være nyttig i produksjon. Videre vil det nå bli prøvd ut konkrete løsninger ved bruken av BIM. Prefabrikkering for både forskaling og armering er blitt en løsning som ønskes å teste ut.

Contiga har satt sammen et eget prøveprosjekt for leveranse av prefabrikkert armering og forskaling. Med bakgrunn i Lean metodikken og hjelpemidlene som finnes med BIM er det et ønske å se på hvordan dette kan øke produksjonen ytterligere. I et prøveprosjekt sammen med Kamstål AS og PERI ønsker Contiga og COWI å få til en leveranse av prefabrikkert armering og forskaling basert på deres standardiserte trappemodell. Trappemodellen er utarbeidet av Contiga.

1.4 Omfang og begrensninger

Dette er en masteroppgave gjennomført våren 2018 og gir 30 studiepoeng. Det er et selvstendig arbeid innenfor et sentralt fagområde i studiet.

På grunn av tids- og ressursbegrensninger har det vært nødvendig å foreta noen avgrensninger i forbindelse med oppgaven. Det ble i forbindelse med armerings- og forskalingsarbeidet aktuelt å finne leverandører som ville være med på dette prosjektet. Det ble i denne omgang forespurt Kamstål AS og PERI, men det kunne med mer tid og flere ressurser vært aktuelt å se på tid, pris og muligheter for samarbeid hos andre leverandører.

Prosjektet er skrevet i samarbeid med COWI og Contiga, og tar for seg implementering av BIM i armerings- og forskalingsarbeidet i produksjonen. Kamstål AS og PERI har visst stor interesse for prosjektet og ønsket å delta.

Prosjektet begrenser seg til produksjonen hos Contiga i Marnardal. Det ble etablert en standard trapp som det skulle leveres forskaling og armering til.

Kamstål, COWI og Contiga bruker Tekla Structures som modelleringsplattform. Det er derfor mest hensiktsmessig å fortsette med dette som en felles plattform.

Casestudie tar for seg produksjonen av trapper, men litteratur og resultat vil være aktuelt for flere typer elementproduksjoner.

Omfang:

- Prosjekteringsfase
- Produksjonsfasen
- Strategi [Lean]
- Fremtidens produksjon [BIM]

Tidligere arbeid:

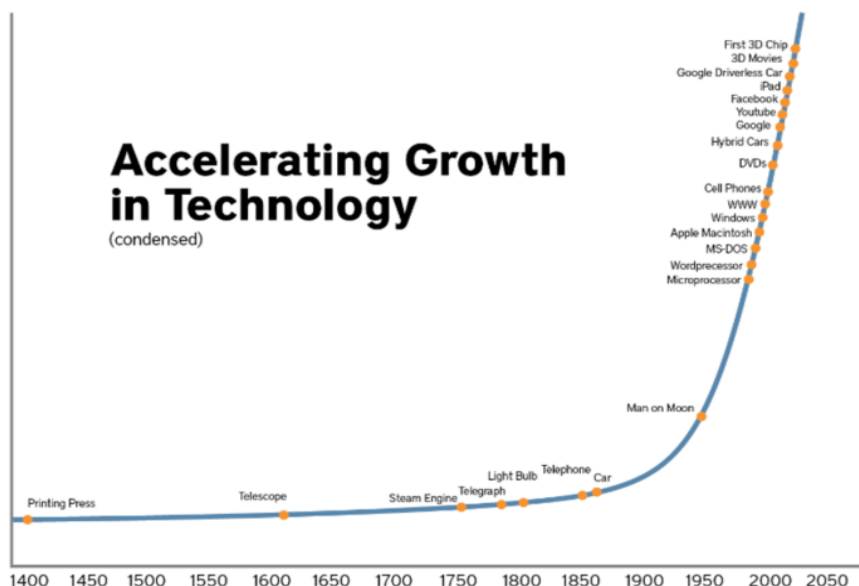
Av tidligere arbeid som er tilknyttet denne oppgaven kan prosjektoppgaven skrevet høsten 2017 nevnes. "BIM i produksjon" skrevet av Anniken Røksland. Prosjektoppgaven har til hensikt å studere BIM og hvordan det kan bidra til å gjøre produksjonen mer effektiv og digitalisert.

2 Samfunnsperspektiv

I en verden hvor teknologien vokser eksponentielt er det viktig å følge med på de store gjennombruddene, og hvordan de legger byggsteinene for fremtiden. Man kan aldri vite nøyaktig hva fremtiden bringer, men ved å se på fremveksten av trendene kan man forutse hvordan verden vil forme seg de neste to, fem eller ti årene [2].

Noen mennesker er redde for forandringer, og klamrer seg til «den gamle» måten, men de vellykkede er de som er fremtidsrettede og som tar imot endring og drar nytte av den. Ved å endre og justere strategiene dine, vil du sannsynligvis finne mulighetene mye tidligere enn alle andre. Teknologien blir ikke bare mer og mer avansert, men forandringshastigheten vokser også raskere og raskere. På

Figur 2-1 ser vi grafen til den raske veksten i teknologien. Bare i løpet av de siste 100 årene har utviklingen i teknologien eksplodert, og vi bør forvente at denne veksten fortsetter [2].



Figur 2-1: Vekst i teknologien [2].

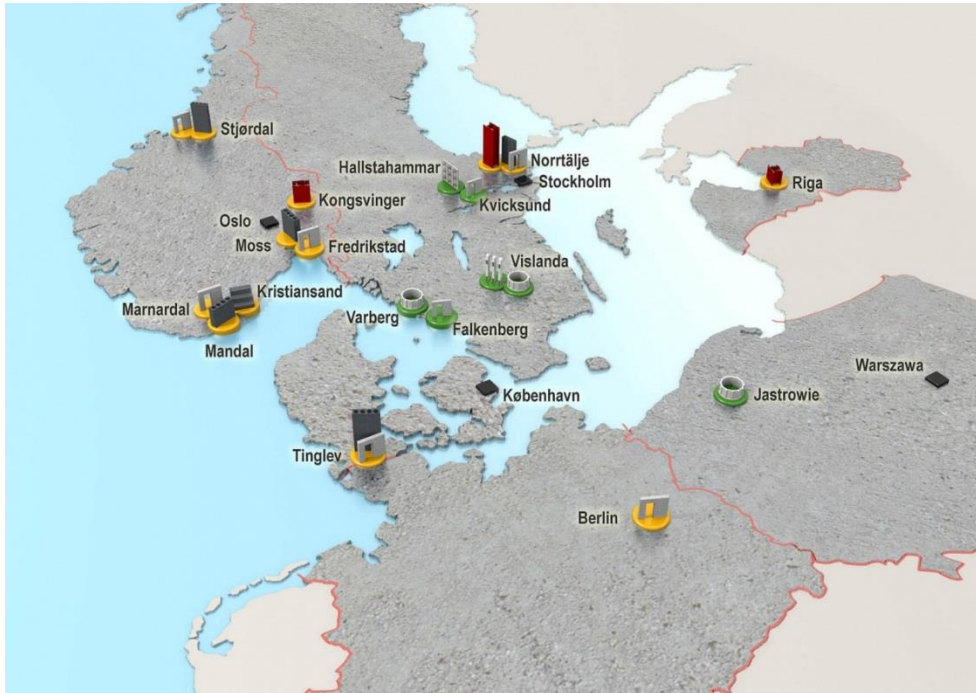
Byggindustrien har lenge vært kjent for å være lite innovative, og ligget etter på den teknologiske fronten. Men med CNC fresemaskiner, prefabrikkerte armeringsjern og AR briller, finnes det mange muligheter som er med å øke effektiviteten i denne bransjen også. Contiga ønsker å være med på denne utviklingen, og har ved hjelp av Lean metodikken kartlagt hvor de mulige teknologiske hjelpemidlene kan tas i bruk.

3 Teori

3.1 Contiga

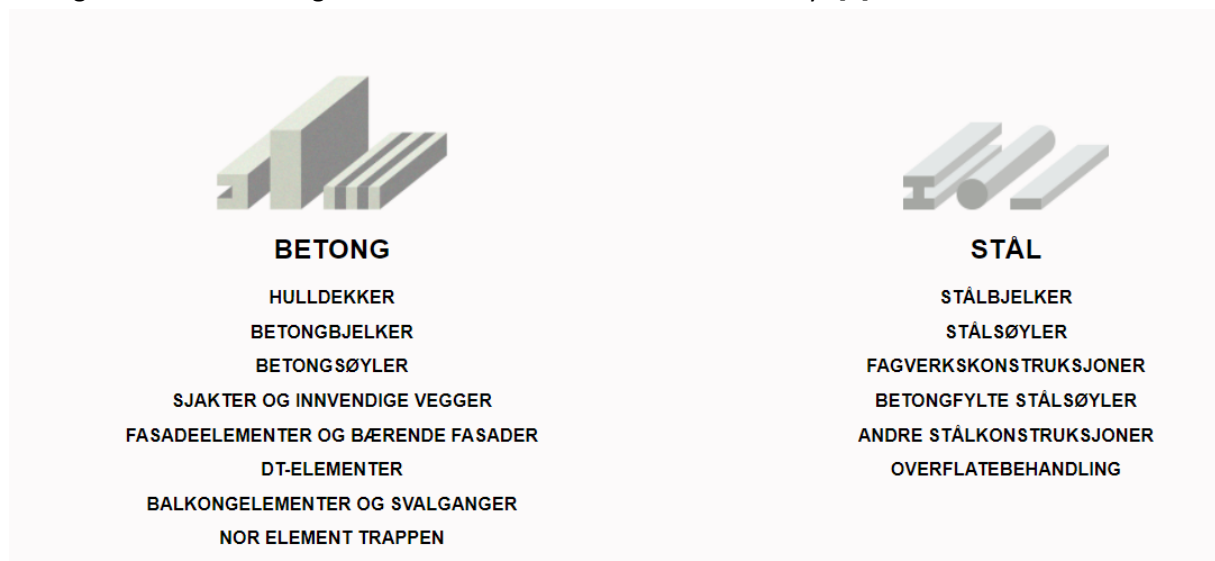
Som nevnt i innledningen har dette vært et samarbeid mellom flere bidragsytere, blant annet Contiga. Contiga er den ledende leverandøren av totalløsninger for bæresystemer i Norge. Contigas konstruktører detaljprosjekterer skreddersydde løsninger som deretter produseres på deres stål- og betongfabrikker. Contiga har over 470 ansatte som bidrar til å prosjektere, konstruere og montere bygg i hele Norge [1].

Contiga har totalt 8 fabrikker i Norge, spredt fra Mandal til Stjørdal. I tillegg har de virksomhet i 5 andre land [3].



Figur 3-1: Contigas virksomhet [3].

Contiga prosjekterer, utvikler og produserer ulike prefabrikkerte bæreelementer i stål og betong. På Contigas nettsider er det god oversikt over hvilke elementer de tilbyr [4]:



Figur 3-2: Produkter Contiga [4].

I Tabell 3-1 vises det en oversikt over dagens produksjon for de tre fabrikkene på Sørlandet, og målet for produksjonen i 2020. I 2008 produsertes det bare 8000 tonn i Marnardal, dette var samme året som Tommy Svensson tok over som fabrikkssjef i Marnardal og Mandal, og fabrikken har siden da hatt en betydelig økning i produksjonen de siste 9 årene [5].

Fabrikk	I dag (2017)	Mål(2020)
<i>Marnardal</i>	28 000 tonn	40 000 tonn
<i>Mandal</i>	160 000 m ²	200 000 m ²
<i>Kristiansand</i>	11 000 tonn	20 000 tonn

Tabell 3-1: Produksjonsmengder for fabrikker i Sør [5].

I Tabell 3-2 vises en oversikt over antall ansatte. Den største produksjonen foregår i Marnardal, hvor det er flest ansatt [5].

Fabrikk	Antall ansatte
<i>Marnardal</i>	65
<i>Kristiansand</i>	35
<i>Mandal</i>	20

Tabell 3-2: Oversikt antall ansatte [5].

I Marnardal produseres det mange ulike betongtyper; balkonger, vegger, bjelker, søyler, tribuner, brystning og trapper [6]. Det produseres både slakk og spennarmerte produkter etter gamle byggetradisjoner, og det er et ønske om å modernisere fabrikken og arbeidsprosessene. Per dags dato er tidsbruken på en trapp et dagsverk, og for en balkong er det to dagsverk i Marnardal [5]. Se Tabell 3-3.

Tidsbruk produksjon	Trapp	Balkong
<i>Marnardal</i>	1 dagsverk (7,5 timer)	2 dagsverk (15 timer)

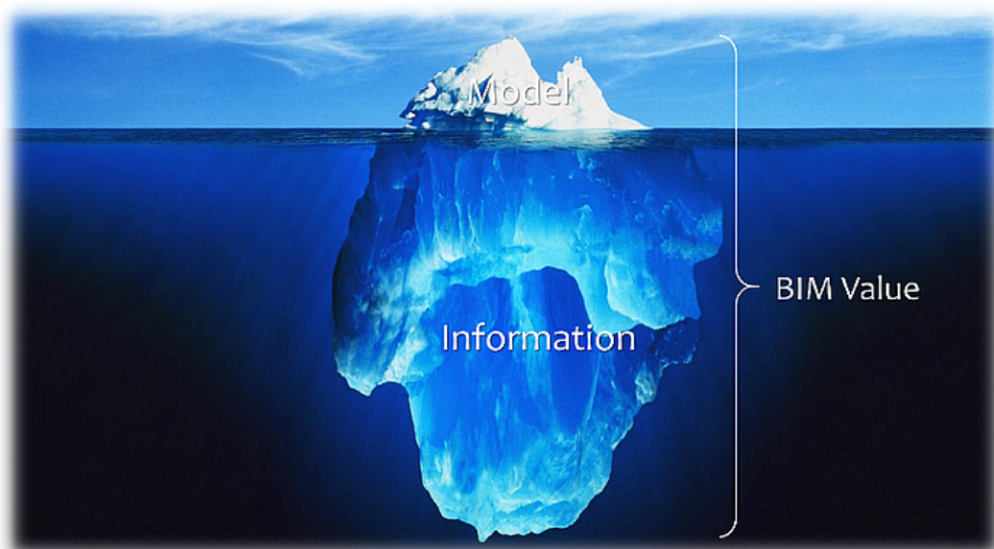
Tabell 3-3: Tidsbruk produksjon Marnardal [5].

Contiga har hatt en enorm vekst, og dette er også mye takket være innføring av den nye produksjonsmetodikken, Lean, som kan leses mer om i kapittel 3.5 og kapittel 7.1.

3.2 BIM

BIM er temaet for øyeblikket. Mange bedrifter har allerede opplevd fordelene med BIM, samtidig som de fortsatt implementerer BIM-teknologi og prosessene det muliggjør. Det er imidlertid en stor del av konstruksjons- og ingeniørindustrien som fortsatt må ta første steg inn BIM verden. De konsulentene, entreprenørene og underleverandørene som har involvert BIM nå, eller i det minste informerer seg om mulighetene med BIM, vil snart være i høy etterspørsel [7]. Etterhvert som BIM blir mer vanlig og det blir spesifisert i kontrakter, vil flere fordeler komme til overflaten. BIM vil omforme byggebransjen. Det er ikke et spørsmål om hvis, men når [7].

Det er liten tvil om at BIM har kommet for å bli, men det er en stor forvirring om akkurat hva BIM er. BIM står for "Building Information Modelling" eller "Building Information Management". Kort fortalt er BIM er en datastyrt prosess som brukes til å designe, forstå og demonstrere de viktigste fysiske og funksjonelle egenskapene til en bygning på en "virtuell" datastyrt modell. BIM gir derfor muligheten til samtidig å designe og visualisere å bygge i 3D, selv om det må forstås at muligheten til å visualisere i 3D er et produkt av BIM, og ikke selve BIM-prosessen [7].

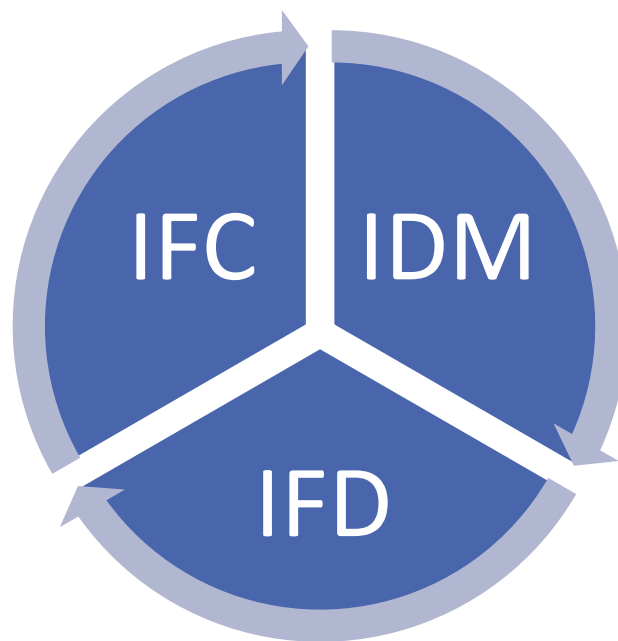


Figur 3-3: Verdien av BIM [8].

3.2.1 Åpen BIM

Åpen BIM er en universell tilnærming til designsamarbeid, realisering og drift av bygninger basert på åpne standarder og arbeidsforløp. Åpen BIM er et initiativ fra buildingSMART, og flere ledende programvareleverandører bruker den åpne buildingSMART datamodellen. Åpen BIM støtter en transparent, åpen arbeidsflyt, slik at prosjektmedlemmer kan delta uavhengig av programvaren de bruker [9].

BuildingSMART Datamodell muliggjør, sammen med buildingSMART Dataorbok og buildingSMART Prosess bruken av åpen BIM. Åpen BIM gir aktørene mulighet til å benytte og utveksle 3D modeller med essensiell informasjon, entydige beskrivelser av bygningsobjekter og støtteprosesser som kvalitetssikrer prosjekter [10].



Figur 3-4: Åpen BIM formater [11].

For å bruke åpen BIM i praksis, så er det tre hovedelementer som må på plass.

Disse er kalt IFC, IFD og IDM, og danner åpen BIM. Når vi har de tre grunnelementene på plass, Åpen BIM = IFC + IFD + IDM, så kan dette brukes for å "bygge smart", og det er her vi har begrepet og navnet BuildingSMART fra [12].

3.2.2 Bruksområde

Mulighetene som ligger innenfor BIM verdenen er enorme, og det finnes flere områder innenfor prefabrikeringsindustrien hvor dette kan benyttes. Det er i rapporten valgt ut noen områder for å se nærmere på disse:

- Kvalitetssikring
- Kostnadsestimering og mengdeberegning
- Visualisering
- Tilrettelegging for prefabrikasjon

Kvalitetssikring

Det finnes flere BIM programvarer som kan brukes til kvalitetssikring, blant annet *Solibri Model Checker*. Med et åpent BIM format, som beskrevet i kapittel 3.2.1, så åpner dette for at flere aktører kan benytte og utveksle 3D-modeller med essensiell informasjon og beskrivelser som kvalitetssikrer prosjektet. Bruk av modell i produksjon vil kunne benyttes til gjennomføring og kvalitetssikring av prosessene. COWI har egne prosedyrer for kvalitetssikring ved hjelp av BIM. Hensikten er å sikre at hvert objekt har den informasjonen som er gitt i kravene i prosjektets BIM-manual eller annen kravformulering for bruk av BIM i prosjektet. Videre å kontrollere at modellen ikke har med uhensiktsmessig informasjon [13].

Kostnadsestimering og mengdeberegning

I den tradisjonelle prosessen baseres kostnadsestimatene gjerne på erfaringstall og antagelser, noe som kan gi dårlig kvalitet på kalkylen. Dette kan gjøre det vanskelig å estimere kostnader for alternative løsninger og endringer. Det vil også gjøre det vanskeligere å se hvordan kostnader henger sammen, det vil si hvordan en endring ett sted vil påvirke kostnadene et annet sted.

Når man benytter BIM til estimering, linker man erfaringspriser eller priser fra tilgjengelige prisdatabaser eller produsent med objektene i modellen. Programvaren har mulighet til automatisk beregning av mengdene i modellen, som deretter kobles til pris på de gitte elementene eller postene. Tradisjonell mengdeberegning er svært tidkrevende, og Autodesk anslår at 50-80 % av tiden som brukes for å utarbeide et kostnadsestimat går med til mengdeberegning. I tillegg er mengdeberegning en stor kilde til feil, noe som medfører risiko for uforutsette kostnader [14]. Ingen BIM-verktøy tilbyr en full "estimeringspakke", så kalkulatøren må selv finne den beste metoden for å bruke BIM i kostnadsestimeringen for hvert enkelt prosjekt [15].

Det fremheves av Eastman et al. [15] at BIM ikke erstatter tradisjonell kostnadsestimering, selv om det gir godt grunnlag for mengdeberegning. Kalkulatører gjør mer enn bare å hente ut mengder, og spiller en viktig rolle med å vurdere ulike forhold som kan påvirke prosjektkostnaden, som komplisert montering eller at det er vanskelig å komme til. Slike forhold har ikke BIMen mulighet for å automatisk identifisere [15]. BIM har likevel stor nytteverdi, da kalkulatørene kan bruke mindre tid på mengdeuttak, og mer tid på å vurdere ulike forhold knyttet til byggbarhet og optimalisering av priser fra underentreprenører og leverandører [14].

Visualisering

Visualiseringen av en modell eller en bygningsdel kan utarbeidet på flere forskjellige nivå. Typiske visualiseringer av bygninger er [16]:

- *Plantegninger*
- *Snitt*
- *Fasadetegninger*
- *Visualisering av bygg i terreng, detaljtegninger i 2D eller 3D (ikke BIM)*
- *Visualisering av 3D-modell*

Den tradisjonelle visualiseringen lages i 2D hvor det er mye informasjon som mangler. Tradisjonell visualisering har mange mangler og BIM har mye å tilby på dette området- både med hensyn til tid, kutt i kostander og kvalitet på informasjon.

Ettersom informasjonen er digital og i et åpent BIM format som kan deles og leses av andre programmer, er det mulig å gjenbruke informasjon laget av andre. BIM-verktøyene åpner for redigering av eksisterende modeller - uten å måtte lage dem på nytt. Dette sparer tid og øker kvaliteten på informasjonen. Mange BIM-verktøy har også mulighet for å lage flere typer visualiseringer basert på én og samme informasjonskilde [16].

Tilrettelegging for prefabrikasjon

Ved bruk av BIM modellen sin nøyaktighet er det blitt mer og mer vanlig med prefabrikasjon. Modellen inneholder nøyaktige geometriske beskrivelser og materialinformasjon. Nøyaktigheten til BIM modellen gjør det mulig å produsere komponenter andre steder enn hvor det monteres, og det vil passe nøyaktig sammen. Ettersom BIM tilrettelegger for tett koordinering mellom byggesystemer og leverandører har man nå mulighet til å prefabrike moduler som består av komponenter fra ulike systemer [15]. I dag kan man nærmest få hele bygget prefabrikkert bestående av flere fag fraktet til byggeplassen, hvor det så monteres. Man er ikke lenger avhengig av å kunne støpe alt på byggeplassen.

3.2.3 Trender i bransjen

Markeds- og teknologitrender er gir gode forutsetninger for hva som kan komme i nær fremtid, BIM er en av trendene som viser stor vekst. Trendene som er observert, avslører potensiell retning og innflytelse BIM vil ha i byggebransjen. Nåværende trender er beskrevet i Tabell 3-4 [15].

BIM PROSESSER OG TEKNOLOGISKE TRENDER

PROSESS

- Prosjekteiere krever BIM, og endrer kontraktvilkår for bruken av BIM.
- Nye ferdigheter og roller utvikler seg.
- Det blir flere eksperter på BIM, disse får ofte roller som "BIM manager" eller "BIM koordinator".
- Flere og flere rapporterer vellykkede implementeringer ved bruk av BIM.
- Standardiseringstiltak får mer anerkjennelse.
- "Grønn bygning" er i økende grad etterspurt av kundene.
- BIM og 4D-verktøy har blitt vanlige verktøy på konstruksjonskontorene.

TEKNOLOGI

- Automatiske kodesjekker og kontroll for byggbarhet ved hjelp av BIM blir mer og mer tilgjengelig.
- Store BIM -programvareleverandører utvikler verktøyene og legger til flere funksjoner, noe som gir rikere plattformer.
- Programvareleverandører utvider rekkevidden på verktøyene, og tilbyr fagspesifikke BIM-verktøy.
- Leverandører og produsenter begynner å tilby produktkataloger i 3D-format.
- BIM -verktøy med funksjoner tilpasset ledelse og styring av byggeprosjekter blir mer og mer tilgjengelig.
- BIM tilrettelegger for prefabrikasjon for stadig mer komplekse systemer, som kan utvikles globalt.

Tabell 3-4: Trender i bransjen [15].

3.2.4 Fordeler med BIM

BIM kommer med mange fordeler. Under er det nevnt flere fordeler ved bruk av BIM innenfor ulike områder.

Konsept, mulighet og design fordeler

Før eierne engasjerer en arkitekt er det nødvendig å avgjøre byggets størrelse, kvalitetsnivå og kostnads- og tidsbudsjett. Med andre ord, kan en gitt bygning oppfylle de økonomiske kravene til eieren [15].

Økt byggeprestasjon og kvalitet

Utvikling av en modell før generering av en detaljert byggmodell gir en mer nøye evaluering av den foreslåtte ordningen for å avgjøre om den oppfyller bygningens funksjonelle og bærekraftige krav. Tidlig evaluering av designalternativer ved hjelp av analyse/simuleringsverktøy øker bygningens kvalitet [15].

Forbedret samarbeid ved hjelp av integrert prosjektleveranse

Når eierne bruker integrert prosjektleveranse (IPD) for prosjektstyring, kan BIM brukes av prosjektreformene til å starte designen for å forbedre forståelsen av prosjektkravene og trekke ut kostnadsestimater etter hvert som designet er utviklet. Dette gjør det mulig å forstå design og kostnader bedre og unngår bruk av papirutvekslinger og tilhørende forsinkelser [15].

Bruk av modellen som grunnlag for prefabrikkerte komponenter

Hvis modellen overføres til et BIM-verktøy og detaljert til nivået på prefabrikasjon, vil det inneholde en nøyaktig representasjon av byggobjektene for prefabrikasjon. Fordi komponenter allerede er definert i 3D med tilhørende geometri og koordinater, blir det tilrettelagt for automatisert prefabrikasjon ved hjelp av numerisk styringsmaskiner (CNC). Slik automatisering er standard praksis i dag i stålfabrikasjon og noe metallarbeid. Det har blitt brukt med hell i prefabrikkerte komponenter og glassfabrikasjon. Dette gjør det mulig for leverandører over hele verden å utdype seg i modellen, utvikle detaljer som trengs for prefabrikasjon, og å opprettholde linker som reflekterer designintensjonen. Dette letter produksjonen fra fabrikken og reduserer kostnad og konstruksjonstid. Nøyaktigheten til BIM tillater også at større komponenter i konstruksjonen kan fremstilles utenfor stedet, istedenfor bruk av plasstøpt ved bruk av 2D tegninger. På grunn av sannsynligheten for behovet for endringer på byggeplassen og manglende informasjon til å forutsi nøyaktige dimensjoner til andre gjenstander, som for eksempel kraner, vil prefabrikasjon spare plass. Det tillater også mindre installasjonsbesetning, raskere installasjonstid og mindre lagringsplass på stedet [15].

Rask reaksjon på designendringer

Resultatet av en foreslått designendring kan legges inn i byggemodellen, og endringer i de andre objektene i designet vil automatisk oppdateres. Noen oppdateringer vil bli gjort automatisk basert på de etablerte parametriske reglene. Ytterligere endringer kan kontrolleres og oppdateres visuelt eller gjennom kollisjonskontroll (clash detection). Konsekvensene av en endring kan gjenspeiles nøyaktig i modellen og alle etterfølgende syn på den. I tillegg kan designendringer løses raskere i et BIM-system, fordi modifikasjoner kan deles, visualiseres, estimeres og løses uten bruk av tidkrevende papirtransaksjoner. Oppdatering på denne måten er ekstremt feilaktig i papirbaserte systemer [15].

Synkronisering av design og byggeplanlegging

Byggeplanlegging ved hjelp av 4D CAD innebærer at man kobler en byggeplan til 3D-objektene i et design, slik at det er mulig å simulere byggeprosessen og vise hvordan bygningen og stedet vil se ut på hvilket som helst tidspunkt. Denne grafiske simuleringen gir betydelig innsikt i hvordan bygningen skal bygges hver dag og viser kilder til potensielle problemer og muligheter for mulige forbedringer (sted, mannskap og utstyr, romkonflikt, sikkerhetsproblemer og så videre). Denne typen analyse er ikke tilgjengelig fra papirdokumenter. Det gir imidlertid ekstra fordel dersom modellen inkluderer midlertidige byggobjekter som stillas, kraner og annet stort utstyr slik at disse objektene kan knyttes til å planlegge aktiviteter og reflekteres i ønsket byggeplan [15].

Synkronisering av innkjøp med design og konstruksjon

Den komplette byggmodellen gir nøyaktige mengder for alle (eller de fleste, avhengig av nivået på 3D-modellering) materialene og gjenstandene i et design. Disse kvantumene, spesifikasjonene og egenskapene kan brukes til å anskaffe materialer fra produktleverandører og underleverandører (for eksempel prefabrikkerte betongelementer) [15].

3.2.5 Utfordringer med BIM

Bruk av BIM vil forårsake gi betydelige endringer i forholdet mellom prosjektdeltakere og kontraktsavtalen mellom dem. I tillegg vil det være behov for tidligere samarbeid mellom arkitekt, entreprenør og andre design disipliner, da kunnskap fra spesialister er mer brukt i designfasen [15].

Utfordringer med samarbeid og teaming

Mens BIM tilbyr nye metoder for samarbeid, gir dette også problemer med hensyn til utvikling av effektive team. Det må være bestemt tidlig i prosjektet hvilke metoder som skal bli brukt til deling av prosjektinformasjon til medlemmer av prosjektgruppen. Hvis arkitekten bruker tradisjonelle papirbaserte tegninger, vil det være nødvendig for entreprenørene å bygge modellen slik at den kan brukes til byggeplanlegging, estimering og koordinering. Hvis arkitekten lager sin modell ved hjelp av BIM, vil ikke modellen nødvendigvis ha tilstrekkelig informasjon til bruk for konstruksjon eller kan ha objektdefinisjoner som ikke er tilstrekkelige for byggekvantiteter [15].

Juridiske endringer i dokumentasjon eierskap og produksjon

Juridisk bekymring presenterer utfordringer, med hensyn til hvem som eier de mange design-, fabrikasjons-, analyse- og konstruksjonsdatasettene, hvem som betaler for dem, og hvem er ansvarlig for deres nøyaktighet. Disse problemene blir behandlet av utøvere gjennom BIM-bruk på sine prosjekter. Etter hvert som flere vil se fordelene ved BIM, vil det sannsynligvis med tiden kreves en modell som støtter drift, vedlikehold og etterfølgende renovering [15].

Endringer av praksis og bruk av informasjon

Bruken av BIM vil også oppmuntre til integrering av byggekunnskap tidligere i designprosessen. Integreerte designbyggende firmaer som kan koordinere alle faser av designet og innlemme konstruksjonskunnskap fra begynnelsen, vil ha størst nytte. IPD-kontraksordninger muliggjør godt samarbeid og vil gi større fordeler til eiere når BIM brukes. Den viktigste endringen som selskapene står overfor når man implementerer BIM-teknologi er at det brukes en felles byggemodell i designfasen, produksjonen og under bygging, som grunnlag for felles arbeidsprosesser og samarbeid. Denne forandringen vil kreve tid og utdanning, slik det gjelder i alle viktige endringer i teknologi og arbeidsprosesser [15].

Implementeringsproblemer

Å bytte et 2D- eller 3D-CAD-miljø med et BIM-system innebærer langt mer enn å skaffe programvare, trening og oppgradering av maskinvare. Effektiv bruk av BIM krever at endringer gjøres til nesten alle aspekter av firmaets virksomhet (ikke bare gjør de samme tingene på en ny måte). Det krever forståelse av BIM-teknologien og relaterte prosesser og en plan for implementering før konverteringen kan begynne. En konsulent kan være svært nyttig for å planlegge, overvåke og bistå i denne prosessen. Mens de spesifikke endringene for hvert firma vil avhenge av deres sektor av BAE-aktivitet, de generelle trinnene som må vurderes er følgende [15]:

- Tilordne ansvar på toppnivå for å utvikle en BIM-implementasjonsplan som dekker alle aspekter av firmaets virksomhet og hvordan de foreslåtte endringene vil påvirke både interne avdelinger og eksterne partnere og kunder.
- Skape et internt team av sentrale ledere som er ansvarlige for implementeringen av planen, med kostnader, tids- og resultatbudsjett for å styre resultatene sine.
- Begynn å bruke BIM-systemet på ett eller to mindre (kanskje allerede fullførte) prosjekter parallelt med eksisterende teknologi og produsere tradisjonelle dokumenter fra byggobjektene, i utgangsmuligheter, i koblinger til analyseprogrammer og så videre. Det vil også gi firmaet mulighet til å utvikle modelleringsstandarder og bestemme kvaliteten på modellene og nivået på modelleringsstandarder og bestemme kvaliteten på modellene og detaljnivået som trengs for ulike bruksområder. Det vil også gi utdanningsmuligheter for ledende ansatte.
- Bruk resultater til å utdanne og veilede vedtak av BIM-programvare og ekstra personalutdanning. Hold ledelsen informert om fremdriftsproblemer, innsikt og så videre.
- Utvide bruken av BIM til nye prosjekter og begynne å jobbe med eksterne medlemmer av prosjektgruppene i nye samarbeidstiltak som muliggjør tidlig integrering og skjæring av kunnskap ved hjelp av BIM-modellen.
- Fortsett å integrere BIM-evner i flere aspekter av firmaets funksjoner og reflektere disse nye forretningsprosessene i kontraktsdokumenter med kunder og samarbeidspartnere. Planlegg BIM-gjennomføringsprosessen regelmessig for å gjenspeile fordelene og problemene som hittil er observert, og sette nye mål for ytelse, tid og pris. Fortsett å utvide BIM-tilrettelagte endringer til nye steder og funksjoner i firmaet.

3.3 Programvare

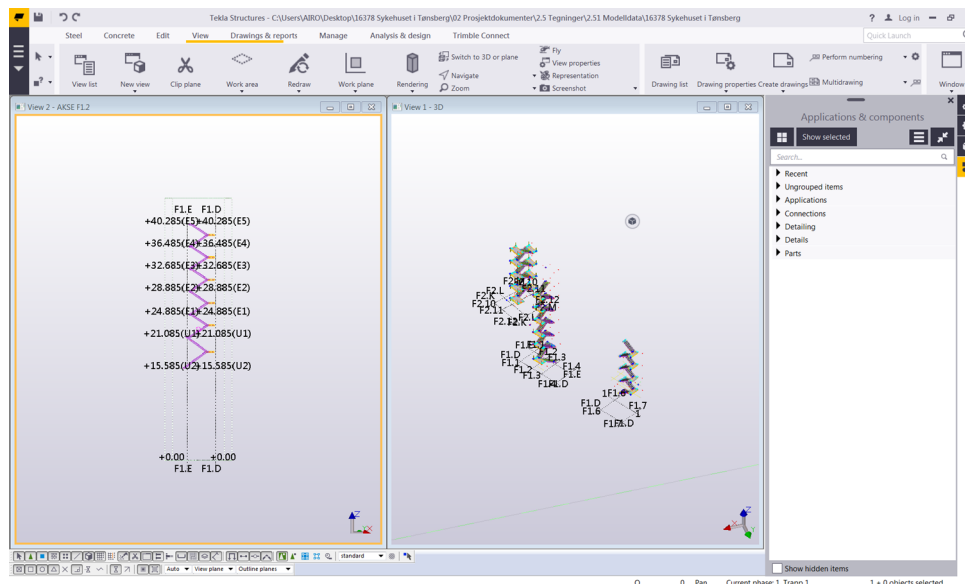
Programvaren det vil være hovedfokus å knytte prosjekteringen til er Tekla Structures. Dette er et modelleringsprogram som brukes av både COWI og Contiga. Det har stort potensiale, og det vil bli undersøkt funksjonalitetene til skytjenestene «Model sharing» og «Trimble Connect», samt funksjonene «Form Face Creator» og «Task manager».

3.3.1 Tekla Structures

Tekla Structures er en modelleringsprogramvare som kan modellere strukturer som inneholder ulike typer byggematerialer, som stål og betong. Tekla Structures gjør det mulig for konstruktører og ingeniører å designe en byggestruktur, og dens komponenter ved hjelp av 3D-modellering, generere 2D tegninger og få tilgang til bygningsinformasjon [18]. Tekla Structures var tidligere kjent som Xsteel [15].



Figur 3-5: Logo Tekla Structures [17].

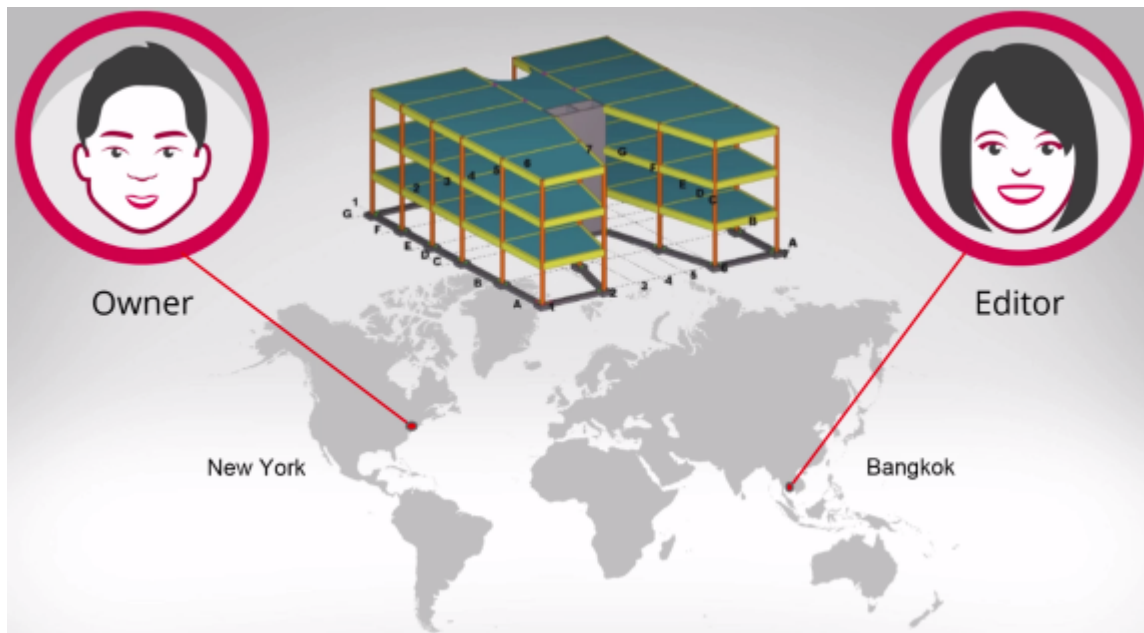


Figur 3-6: Tekla Structures brukergrensesnitt [11].

Tekla Structures brukes hovedsakelig i byggebransjen til stål- og betongdetaljer, både til prefabrikkert og plaststøpt. Programvaren gjør det mulig for brukere å opprette og administrere 3D-strukturelle modeller i betong eller stål, og veilede gjennom prosessen fra konsept til fabrikasjon. Tekla Structures er kjent for å støtte store modeller med flere samtidige brukere, men betraktes som relativt dyrt og komplekst å lære. Det er et stort marked med konkurrenter som AutoCad, Autodesk revit, Dprofil, og digital project, LucasBridge, PERICad og andre. Tekla structures er Industry Foundation Classes (IFC) kompatibel med ca. 40 andre konkurransedyktige systemer [15]. Tekla structures brukes ofte i forbindelse med Autodesk Revit, hvor strukturkonstruksjonen er utformet i Tekla Structures og eksporteres til Revit ved hjelp av DWG/DXF formater. EDR Medeso står for support av programvare i Norge [18].

3.3.2 Model Sharing

Tekla Model Sharing muliggjør effektiv global samarbeidsmodellering innenfor en Tekla Structures modell. Tekla Model Sharing gir brukerne frihet til å jobbe med samme modell samtidig på forskjellige steder og tidssoner [19].



Figur 3-7: Tekla Model Sharing [19].

Med Tekla Model Sharing kan du jobbe lokalt og dele modellendringene globalt. For eksempel kan et Tekla Model Sharing team av brukere jobbe i både New York og Bangkok, som vist på Figur 3-7. De bidrar i samme modell, som jobber rundt om i verden på kontortiden i forskjellige tidssoner mens modellen fortsettes å bygge opp hele tiden [19].

I Tekla Model Sharing har hver bruker en lokal versjon av modellen på datamaskinen eller på en nettverksstasjon, og modelldataene deles og synkroniseres via Internett ved hjelp av en Microsoft Azure Cloud Sharing-tjeneste. Når en modell er delt, er den koblet til den skybaserte delingstjenesten. Du kan når som helst sjekke statusen til tjenesten [19].

For å enkelt dele modellendringene, skrives dem ut til delingstjenesten. Når du vil oppdatere din modell med endringene som er gjort av andre brukere, leser du inn endringene fra delingstjenesten [19].

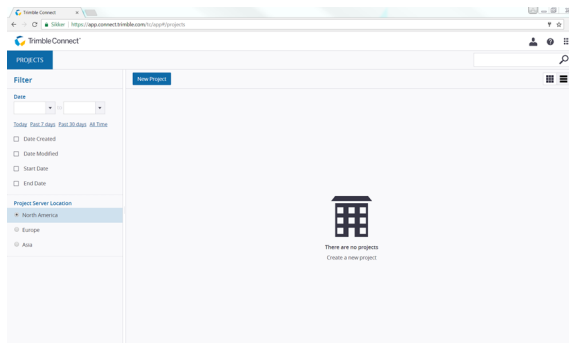
Selv om endringene deles over Internett, trenger du ikke å være koblet til delingstjenesten hele tiden. Du må være online når du vil skrive ut eller lese i endringene. Dette gjør det mulig for offline arbeid hvis Internett-tilkoblingen din ikke alltid er tilgjengelig [19].

Med Tekla modell sharing kan du [19]:

- Invitere andre brukere til dine delte modeller
- Bli med i andres delte modeller
- Dele modellendringer

3.3.3 Trimble connect

Trimble Connect muliggjør samarbeid for ingeniør- og byggeprosjekter. Applikasjonen er tilgjengelig via datamaskin, mobil eller web. Trimble Connect tillater brukere å vise, dele og få tilgang til prosjektinformasjon fra hvor som helst, når som helst [20].

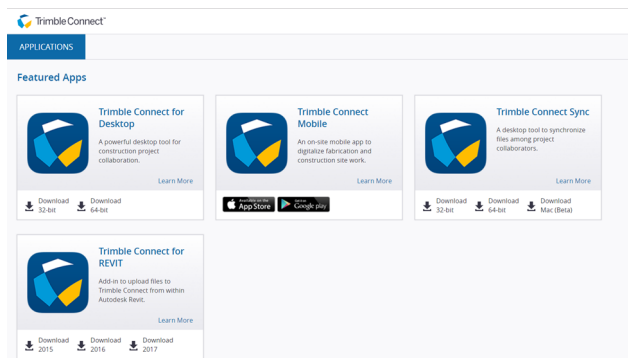


Figur 3-9: Forside Trimble Connect [20].



TrimbleConnect

Figur 3-8: Logo Trimble connect [20].

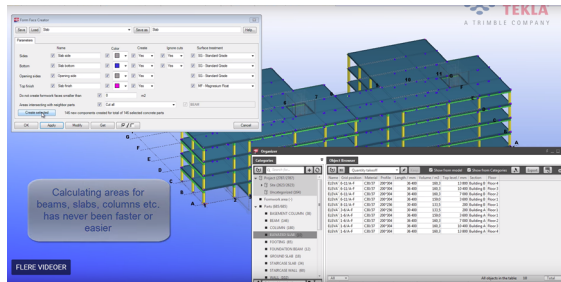


Figur 3-10: Applikasjoner for Trimble Connect [20].

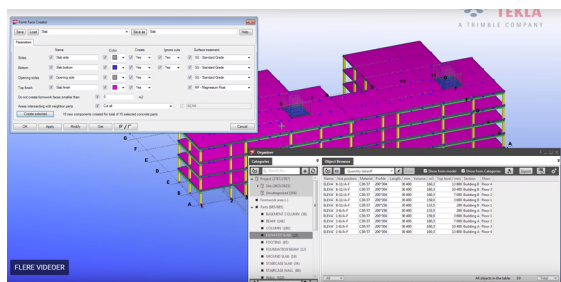
Applikasjonen finnes både til mobile enheter og eksterne datamaskiner. Trimble Connect er en skybasert tjeneste, som sikrer god informasjonsflyt for alle aktører [20].

3.3.4 Form face creator

Form Face Creator-utvidelsen brukes til å legge til overflatebehandlingsrepresentasjon av forskalingen til delflater. Dette gjør det mulig for brukeren å få nøyaktige rapporter om formeområdene i modellen, raskt og enkelt [21].



Figur 3-11: Bygg før overflatebehandling [21].



Figur 3-12: Form face Crator brukt som skall [21].

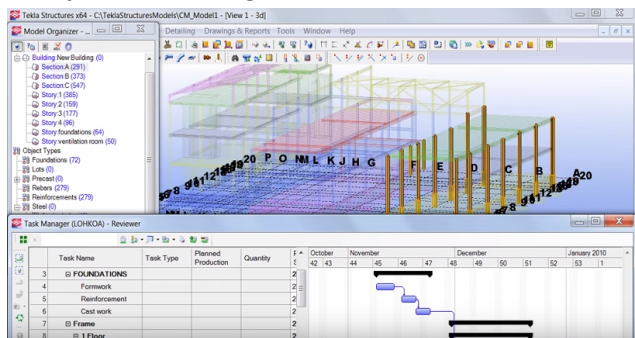
Form face creator har en funksjon for både stedstøpt og prefabrikkert betong. I vinduet i venstre hjørne av Figur 3-11 og Figur 3-12, kan utvalg for forskalingen bestemmes. Her kan det endres på om det skal være forskaling på alle sidene, over og under. Det kan også tas hensyn til utskjæringer [21].

3.3.5 Task manager

Task manager er et verktøy for entreprenører, underleverandører og prosjektledere. *Task manager* lar deg innlemme tidsfølsomme data i Tekla Structures 3D modellen, og kontrollere tidsplanen i ulike stadier og detaljnivåer gjennom hele prosjektet.

Med *task manager* kan du opprette, lagre og administrere planlagte oppgaver og knytte oppgavene til de tilhørende Model objektene. På bakgrunn av oppgavene kan du opprette tilpassede modellvisninger og omfattende 4D-simuleringer av prosjektets utvikling.

Det kan både opprettes oppgaver i *task manager*, eller det kan importeres oppgaver fra eksterne prosjektstyringsverktøy som Microsoft Project eller Primavera P6. Importfunksjonaliteten lar deg bevare alle tidsplaner du har opprettet utenfor modellen, og dermed opprettholde planlagte oppgaver og organisering, samtidig som du kan supplere med oppgaver og tidsplaner med flere detaljer i *task manager* [22].



Figur 3-13: Fremdriftsplanlegging med task manager [23].

3.4 Fremtidens prosjekteringsmetoder

3.4.1 AR/VR/MR

Sammen med armering i BIM og Mixed Reality åpnes det for en mer effektiv håndtering av armering. Mixed Reality, også kalt MR, for prefabrikkert armering gir en helt annen overføringsverdi til andre prosesser, og med denne teknologien vil man kunne gjøre et kvantesprang mot en mer effektiv byggeprosess.

VR: Virtual Reality/kunstig virkelighet

En datasimulert virkelighet. Det refererer til datateknologi som ved hjelp av headset og briller generer realistiske lyder, bilder og andre opplevelser som gjengir et ekte miljø eller skaper en imaginær verden. VR er en måte å fordype brukerne på i en helt virtuell verden [24].

AR: Augmented Reality/utvidet virkelighet

Direkte, eller indirekte visning av et fysisk ekte verdens miljø hvor elementene blir forsterket, eller suppleres ved hjelp av datamaskin generert sensorisk inngang som lyd, video, grafikk eller GPS data. Med AR eksisterer din virkelighet med effekter i tillegg. Populære AR apper er Pokemon Go og snapchats nye AR bitmojis [24].

AR briller

Å følge med i markedet på den teknologiske utviklingen blir mer og mer vanskelig. Det kommer stadig nye produkter på markedet, og konkurransen er stor mellom leverandørene.

Mest kjent er kanskje Microsofts AR briller Hololens. Disse brillene er blitt testet i flere pilotprosjekter, og har gitt gode resultater.

MR: Mixed reality/ blandet virkelighet

MR som ofte kalles hybrid-virkelighet, er sammenslåing av virkelige og virtuelle verdener for å produsere nye miljøer og visualiseringer der fysiske og digitale objekter eksisterer og samhandler i sanntid. Det betyr å plassere nye bilder innenfor en ekte plass på en slik måte at det nye bildet er i stand til å samhandle, i en grad med det som er ekte i den fysiske verden vi kjenner.

Nøkkelegenskapen til MR er at det syntetiske innholdet og det virkelige innholdet er i stand til å reagere på hverandre i sanntid [25].

Mixed Reality er en helt ny informasjonsform. BIM modellen er den samme, men det er hvordan du gir og henter informasjon som er blitt ny. Ved å anvende og presentere BIM modellen annerledes vil vi kunne plassere armering i forma, på riktig plass, med riktige mål, men med en helt annen forståelse. Hvor effektivt håndteringen av armering i et byggeprosjekt blir, avhenger av blant annet hvor god kvaliteten på informasjonen som blir gitt er. Med bedre kvalitet på informasjonen blir oppgaven enklere forstått, raskere gjennomført og bedre kontrollert [26].

3.4.2 CNC

CNC er en forkortelse for "Computer Numerical Control", og er en et programmerbart maskinverktøy styrt av CAM (Computer Aided Manufacturing). Arbeidsmodellen blir først opprettet i et CAD system. Deretter beskriver produksjonsprosessen hvordan maskinen og verktøyet skal arbeide. Basert på prosessplanen lager produksjingsingeniøren f.eks. en CNC styrt fresemaskin for forskaling. CNC programmet er opprettet i CAD-systemet eller i en frittstående CAM-programvare. Med den voksende populariteten til CNC maskinverktøy og, og den geometriske kompleksiteten til deler, er det åpenbart at CAM-systemer blir mye brukt [27].

En forutsetning for å benytte seg av CNC- maskiner er digitalisering av BIM-data som kan tolkes av produksjonsmaskineri. Kamstål AS benytter seg av BVBS format, dette er et format både Tekla Structures og Revit kan skrive til. Per dags dato er det bare en RIB i Rogaland som leverer i BVBS format til Kamstål forteller Eivind Holte, ansatt ved Kamstål AS.

BVBS formatet

Fra Tekla Structures kan armeringsgeometrien eksporteres til BVBS (undesvereinigung Bausoftware) format. Resultatet er en tekstfil i ASCII-format. Du kan eksportere bøyde armeringsstenger, bøylegrupper og polygonale eller rektangel ikke-bøyde nett. Eksport av kroker støttes også [28]. Bøyer og kartesiske Koordinater for 3-dimensjonale bøyer. Ved bruk av BVBS formatet kan armeringsjern modelleres med en vilkårlig geometri, og gjenskapes av en maskin uten menneskelige mellomledd. Dette er fordi BVBS formatet ikke bruker formkoder. Ulempen med BVBS formatet er at det kan være vanskelig for det utrente øye å lese. For armeringsleverandør er ikke dette nødvendigvis et problem da deres programvare visualiserer jernet i importen, men for RIB kan det være vanskelig å ta egenkontroll og sidemannskontroll av det som sendes ut [29].

BVBS formatet kan se ut som en lang og uhåndterlig tekst som ikke er ment for mennesker å lese. Formatet har en egen oppbygging, og det er bygget opp av 11 parametere knyttet mot prosjekt og armering. Kamstål AS sitt system referer til formkode via BVBS [29].

Parametere knyttet mot prosjekt og armering

-	Type armering, (2D, 3D, spiral, nett)
j	Prosjektnummer
r	Tegningsnummer / Tilknyttet element
i	Indeks på tilknyttet tegning
p	Posisjonsnummer
l	Total lengde
n	Antall
e	Vekt per armeringsstang
d	Diameter på armering
g	Stålkvalitet
s	Dor diameter

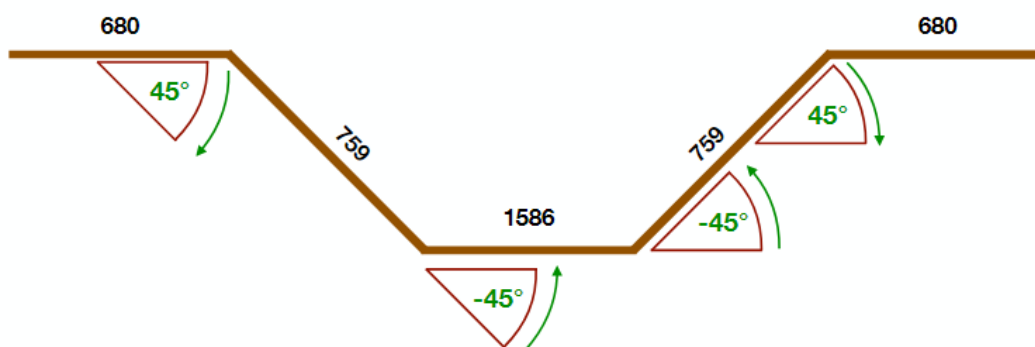
Tabell 3-5: Parametere knyttet mot prosjekt og armering [29].

Eksempel på BVBS formatet:

BF2D@Hj123@rF01@i@pF12@l4626@n5@e11.39@d20@gB500NC@s80@a0@t0
@G1680@w45@l759@w-45@l1586@w-45@l759@w45@l680@w0@C74@

Parametere knyttet mot prosjekt og armering										
-	j	r	i	p	l	n	e	d	g	S
BF2D	123	F01		F12	4626	5	11.39	20	B500NC	80
Geometriske parametere										
Gl	w	l	w	l	w	l	w	l	C	
680	45	759	-45	1586	-45	759	45	680	74	

Tabell 3-6: Parametere knyttet mot prosjekt og armering, og geometriske parametere [29]



Figur 3-14: Armeringsstang beskrevet etter BVBS [29].

Bøveliste fra IFC

Bøvelister kan også genereres fra en IFC fil. IFC- filen kan inneholde den samme informasjonen som fra en BVBS fil, og materialinfoen kan hentes ut fra f.eks. Solibri. Ved eksport fra IFC er det noen begrensninger. IFC formatet tar utgangspunkt i forhåndsdefinerte formkoder fra EN ISO 3766. Dersom noen former er spesielle, og ikke følger standard formoder vil de få "formkode 99". Eivind Holte, ansatt ved Kamstål AS opplyser om at ved formkode 99 får vi ingen informasjon som beskriver geometrien til armeringsjernet.

3.4.3 RFID

Byggebransjen er ekstrem kompleks fordi total prosjektutvikling generelt består av flere faser, og krever derfor et mangfoldig utvalg av spesialiserte tjenester og involvering av mange deltakere. Derfor er styring og kontrollering av byggeprosjekter effektivt dyrt på grunn av involvering av ulike deltakere. «Real-time» overvåkning og kontroll for byggeprosjekter kan derfor være nødvendig og nyttig når det gjelder gjennomføring av prosjekter i samsvar med prosjektbudsjett og tidsfrister [30].

Ved hjelp av internett og web-baserte løsninger gjøres det mulig å formidle informasjon og deling av informasjon mellom prosjektdeltakere. Generelt så kreves det at ingeniørene og byggelederne har tilgang til byggeplassen for å styre prosjektet. Ingeniørene må håndtere ulike typer informasjon som spesifikasjoner, sjekklister og daglige rapporter ved bruk av papir og notater på byggeplassen. Dette er som regel informasjon som kunne vært registrert digitalt, og reduserer dermed effektiviteten fordi det tar lenger tid før neste part mottar denne informasjonen [30].

Informasjonsteknologien er viktig for å kunne kontrollere og administrere i byggeprosjekter, spesielt for å styrke kommunikasjon og koordinering. RFID skanning og datainntaksmekanismer vil bidra til å forbedre effektiviteten og bekvemmeligheten av informasjonsutvekslingen gjennom hele prosessen [30].

Både prosjektledelse og kontrollytelse kan være forbedret ved at deltakerne kan dele informasjonen med hverandre. Den elektroniske effektiviteten av informasjon og datainnsamling påvirkes av informasjonsflyten mellom kontor og produksjonssted. Imidlertid bruker også ingeniørene gjerne egne tegn, tegninger, kontrakter og spesifikasjoner for sitt arbeid. Da denne informasjonen skal videreføres kan det skapes forvirring da det kanskje er mangel på kunnskap eller data. Informasjon og kommunikasjon til leverandør og underleverandører blir videre da ofte utvekslet via telefon eller mail, hvor informasjon kan gå tapt eller bli misforstått [30].

Bruk av RFID tag

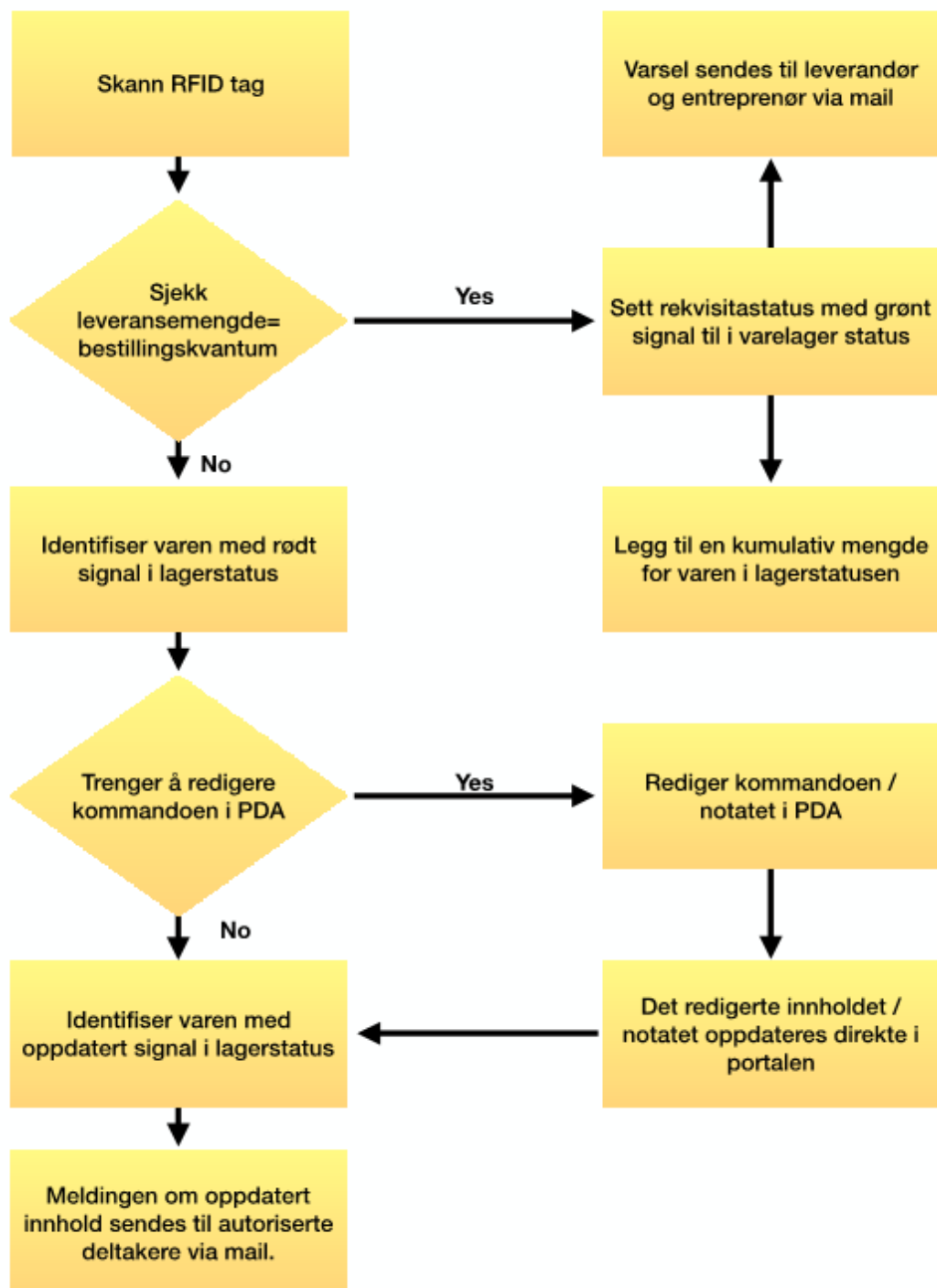
Bruken av teknologi for å forbedre leveringsprosessen er ikke et nytt konsept. Strekkoder har en lang historie om sporing av materialer, ikke bare i konstruksjon, men også i andre næringer. Ved begynnelsen av 1990-tallet begynte byggevirksomheten å undersøke bruken av strekkoder som verktøy for styring. Den opprinnelige strekkoden har derimot problemer med kort leseavstand og holdbarhet. En strekkode blir fort uleselig på lang avstand eller skitten [30].

En annen løsning er derimot RFID tag, på samme måte som strekkoden, identifiserer RFID automatisk datastrømmer og datainnsamling. I løpet av de siste årene har automatisk identifikasjonsprosedyrer blitt meget populære i mange bransjer, både for innkjøp og distribusjonslogistikk og produksjonsbedrifter.

RFID teknologien bruker radiobølger til å identifisere mennesker og gjenstander. Et RFID system består av en RFID tag og en RFID leser. RFID-taggen består av en liten mikrochip og en antenne. Data lagres i taggen i form av et unikt serienummer. RFID taggen kan være enten "passiv" (ikke batteri) eller "aktiv" (batteri).

Aktive koder trenger et batteri og er dyrere enn passive tags og har et leseområde på flere meter (10-100m). Passive tags trenger ikke noe batteri, og har en avstand på 10mm og 5m. Den største bruken av RFID tags er passive. En RFID leser fungerer som sender/mottaker. Det overføres et elektromagnetisk felt som "vekker opp" taggen og overfører dataene til leseren gjennom antennen. Disse dataene overføres deretter til datamaskinen [30].

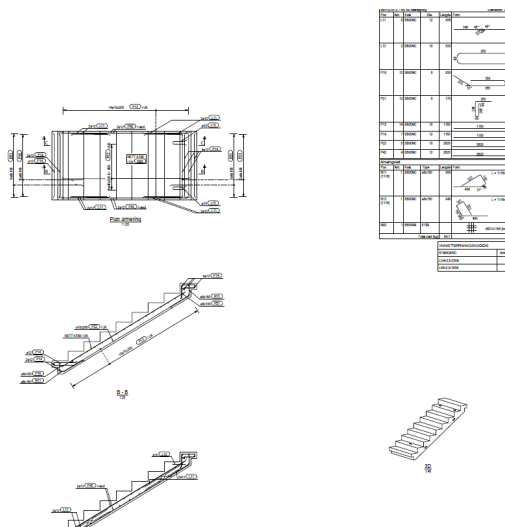
RFID-systemer er en av de mest etterspurte teknologiene som vil forandre prosesser på tvers av ingeniør- og byggebransjen. Spesielt i byggebransjen kan RFID teknologi assistert med PDA-er (personal digital assistant) muliggjøre for ingeniører å få til sømløse arbeidsprosesser på arbeidsplassen, på grunn av dens nøyaktighet og evne til å fange opp data effektivt. Med en RFID-skanner koblet til en PDA, kan den RFID aktiverte PDA være en kraftig bærbart datainnsamlingsverktøy. I tillegg øker RFID-avlesning nøyaktigheten og hastigheten på informasjonen kommunikasjon, indirekte forbedring av ytelse og produktivitet [30]. Figur 3-15 illustrerer anvendelsen av RFID-aktivert PDA som brukes i byggeprosjekter.



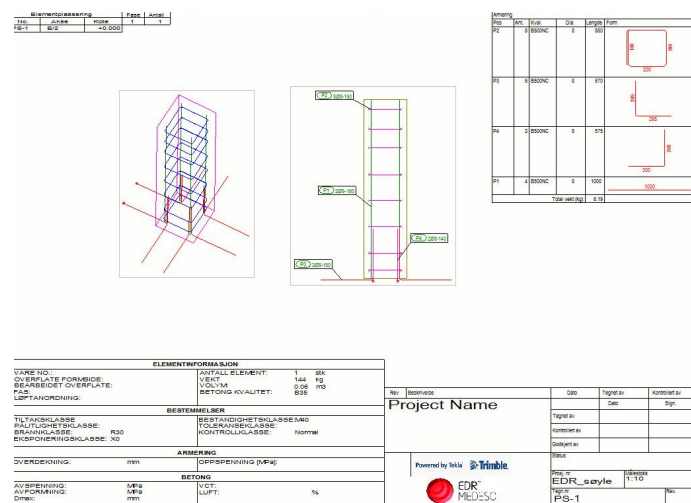
Figur 3-15: Overføring av leveringsstatus [30].

3.4.4 Tegningsløs armering

Et tradisjonelt grunnlag for beskrivelse av armering består ofte av 3D modell, tegninger og beskrivelser som vist på Figur 3-16 og Figur 3-17.



Figur 3-17: Produksjonstegning fra COWI [11].



Figur 3-16: Produksjonstegning [26].

Etter armeringen er lagt og ferdig bunnet er det noen viktige spørsmål:

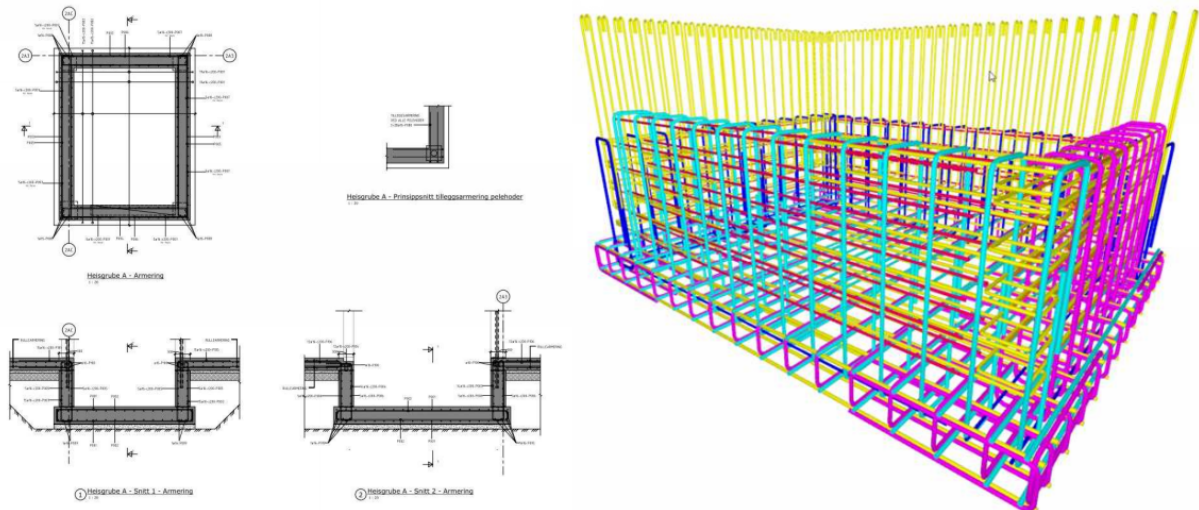
- Er den riktig utført?
- Har jeg nok og riktig jern?
- Riktige avstander?
- Plassert riktig?

Alle disse oppgavene og spørsmålene blir utført og forstått ved å se på en 2D tegning, eller gjerne en 3D modell på en 2D skjerm. [26].

Den digitale armeringsprosessen

Det åpner seg mange nye muligheter ved bruk av BIM-verktøy. Det er kun nødvendig å legge inn informasjonen en gang når armeringen opprettes i en modell. Informasjonen vil kunne gjenbrukes og overføres sømløst til neste ledd i prosessen. Ved en sømløs prosess vil mottakeren kan raskt få en forståelse av hva som skal produseres. Programvarer overtar mye av det tidkrevende arbeidet ved å skrive inn data manuelt. For å sjekke at objekter som er prosjektert er innenfor bestemte rammer og bestemmelser kan programvaren benyttes til å gjennomføre regelsjekker og kontroller. Fremfor å produsere et dødt underlag som må gjenskapes eller videreutvikles ved hver overlevering, er målet i denne oppgaven å skape en levende modell som kan utvikles gjennom hele prosjektets levetid og kontinuerlig berikes nye data [29].

God kommunikasjon vil være en avgjørende faktor dersom modellen skal benyttes av alle parter i prosjektet, fra prosjektering til montering på byggeplass. De involverte partene bør møtes i forkant av prosjekteringen for å diskutere forventninger til underlag og planlegge hvilke valg som må gjøres for å innfri for disse [29]. På Figur 3-18 vises armeringen i en modell, denne illustrasjonen kan vises på f.eks. en BIM kiosk eller et nettbrett, og være tilgjengelig for alle på arbeidsplassen.



Figur 3-18: Tegningsløs armering [31].

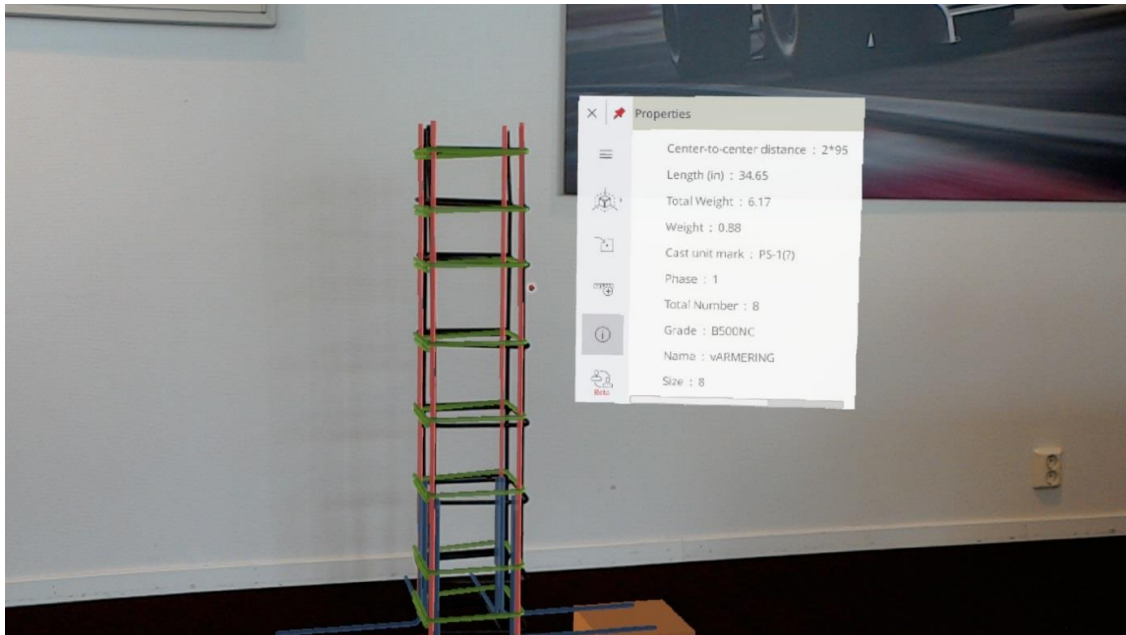
Mixed Reality for prefabrikkert armering med Trimble Connect

Som nevnt i kapittel 3.4.1 er Mixed Reality (MR) et verktøy for sammenslåing av den virkelige og virtuelle verden. Sammenlignet med de tradisjonelle informasjonsformene gir MR en helt annen forståelse av denne armerte søylen. Ved bruk av MR kan digitale objekter visualiseres sammen med virkelige objekter. Kvaliteten på den geometriske beskrivelsen kan ikke bli bedre. Og skiller seg da markant ut ifra tekst, tegning og 3D modell [26]. På Figur 3-19 har du en digital tvilling plassert ut ved bruk av Microsoft HoloLens og den virkelige søylen ved siden.



Figur 3-19: Digital tvilling [26].

På Figur 3-20 er den digitale tvilling plassert oppå virkelig søyle med IFC-egenskapene til armeringen hengende ved siden.



Figur 3-20: Digital tvilling med IFC egenskaper [26].

Forutsetninger for å benytte MR i prosjekter

For å benytte seg av MR i prosjekter er det noen forutsetninger som må ligge til grunn. Først så må grunnlaget for informasjonen være pålitelig. BIM-modellen må pålitelig og nøyaktig, og levert med åpne standarder. Uten dette vil det samme problemet med uutnyttet potensiale som oppleves med BIM generelt skje. Alle involverte må komme til en felles forståelse av hvilket nivå informasjon er på [26].

Den neste forutsetninger er at informasjonen må flyte fritt og ligge på en felles åpen plattform. I praksis betyr det at alle plattformer som brukes på prosjektet må være koblet til skyen. Dette er eneste mulighet for å kunne overføre informasjonen raskt nok mellom ulike aktører. Trimble Connect er en skyløsning som kjører på Web, desktop, Nettbrett, HoloLens og Trimble oppmålingsutstyr [26].

Den tredje faktoren er å involvere armerings leverandør tidlig og gi dem tilgang på modellene i skytjenesten. De trenger god informasjon for å kunne komme med de beste rådene og tilby sine kunder best mulig tilbud for prefabrikkerig [26]. Kamstål AS i Stavanger er en av leverandørene i Norge som leverer armering bestilt fra modell.

Microsoft Hololens

Microsoft Hololens er et par smarte briller som ved MR og AR bringer mennesker, steder og gjenstander fra den fysiske og digitale verdener sammen. Dette blandede miljøet blir lerretet ditt, hvor du kan opprette og nyte et bredt spekter av erfaringer [32].



Figur 3-21: Microsoft Hololens [32].

Brillene kan benyttes til kvalitetssikring, visualisering og samhandling. Veidekke er en av entreprenørene i Norge som har vært tidlig ute med å benytte seg av denne verktøyet. Ved å kunne se datamodellen lagt opp på den virkelige verden vil man kunne avdekke mange potensielle feil. Teknologien gir også et stort potensial for kvalitetssikring da man lettere får øye på om noe er bygd feil. På Figur 3-22 kan man se hvordan det så ut da Veidekke testet ut Hololens i praksis [33].



Figur 3-22: Bruk av Hololens hos Veidekke [33].

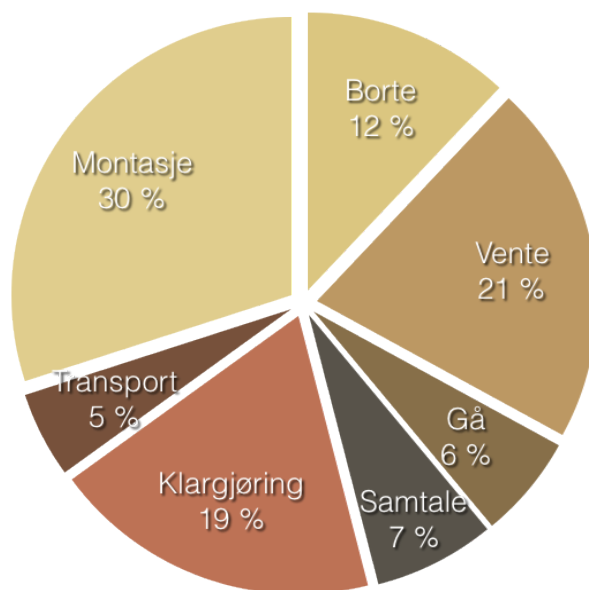
3.5 LEAN

Lean handler om å levere kunde verdi/bruksverdi for brukeren, med minimalt tap av ressurser gjennom å etablere flyt og visuell styring. For å få dette til må vi etablere en kultur for kontinuerlig forbedring og læring. Lean er tradisjonelt forbundet med produksjon eller verdikjeder, som en serie aktiviteter som i fabrikkproduksjon, behandling på sykehus, i kommunal saksbehandling o.l. [34].

Produktet i konstruksjon, bygg og anlegg skiller seg fra annen produksjon fordi produktet er unikt fra gang til gang, også anleggsplassen og organisasjonen er ny hver gang. Blant annet Veidekke entreprenør har utviklet en Lean modell som de kaller involverende framdriftsplanlegging. Nøkkelen til å redusere sløsing er å utvikle tettere planleggingsløyper, for derigjennom å forbedre samspillet mellom de enkelte fagene og funksjonene. Mye av tapet på en byggeplass er venting på at andre skal bli ferdige, og mye lagring og transport. For å bekjempe dette trengs involvering av fagene og bedre samspill og flyt [34].

3.5.1 Lean i bygg og anlegg

Hvordan man innfører Lean vil variere fra bransje til bransje. På Figur 3-23. ser man resultatet av en måling av tidsbruk på byggeplass. Dataen er dansk statistikk hentet fra en brosjyre i Veidekke fra 2008. Målingen viser at om lag 1/3 av tiden man produserer, er dødtid. Lean i byggebransjen skiller seg ut fra andre produksjoner fordi ingen byggeprosjekter er like. En normal Lean-produksjon har faste produkter som skapes i serier av samme produkt eller tjeneste. På byggeplassen skapes et unikt produkt- en gang [34]. I tillegg består byggebransjen av mange små fag i tillegg til entreprenøren.



Figur 3-23: Måling av tidsbruk på byggeplass [34].

I Kapittel 3.5.2 til 3.5.7 vil ulike typer tiltak fra Lean metodikken bli presentert.

3.5.2 A3 kommunikasjon

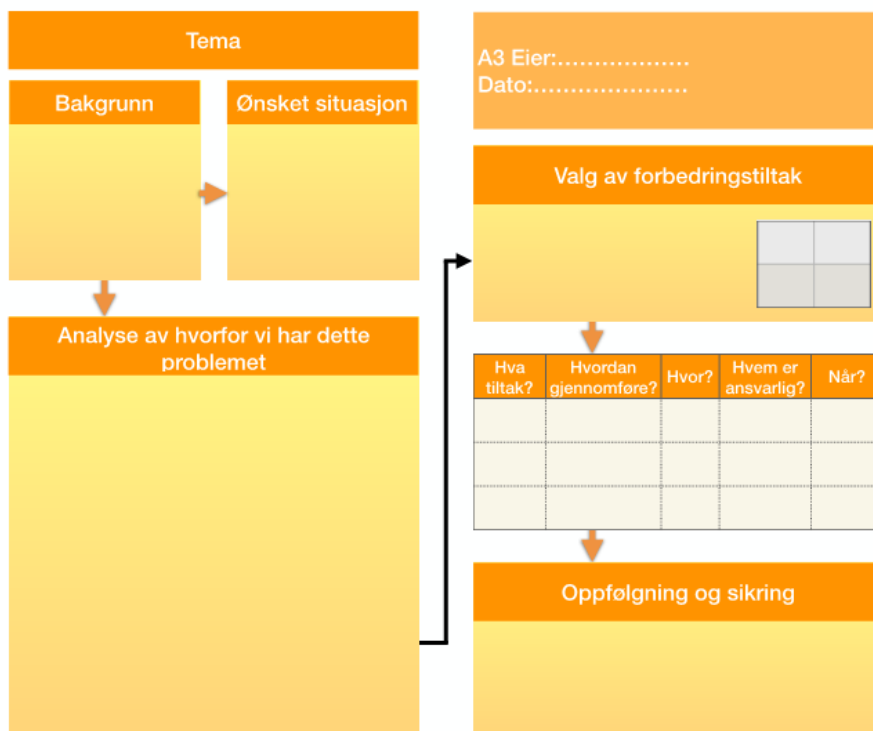
A3 er en kommunikasjonsstandard for oppfølging av problemer og tiltak. Begrepet stammer fra selve ark-størrelsen A3, som tvinger oss til Lean kommunikasjon fordi den visualiserer essensen i en prosess. A3 er av flere ulike typer, fra problemløsnings-A3 til ulike former for informasjons-A3.

A3 er både et visuelt format og en metode for kommunikasjon, læring og deling av informasjon [34].

A3 kommunikasjonen i Toyota benyttet seg av 5 hovedtyper A3-rapporter:

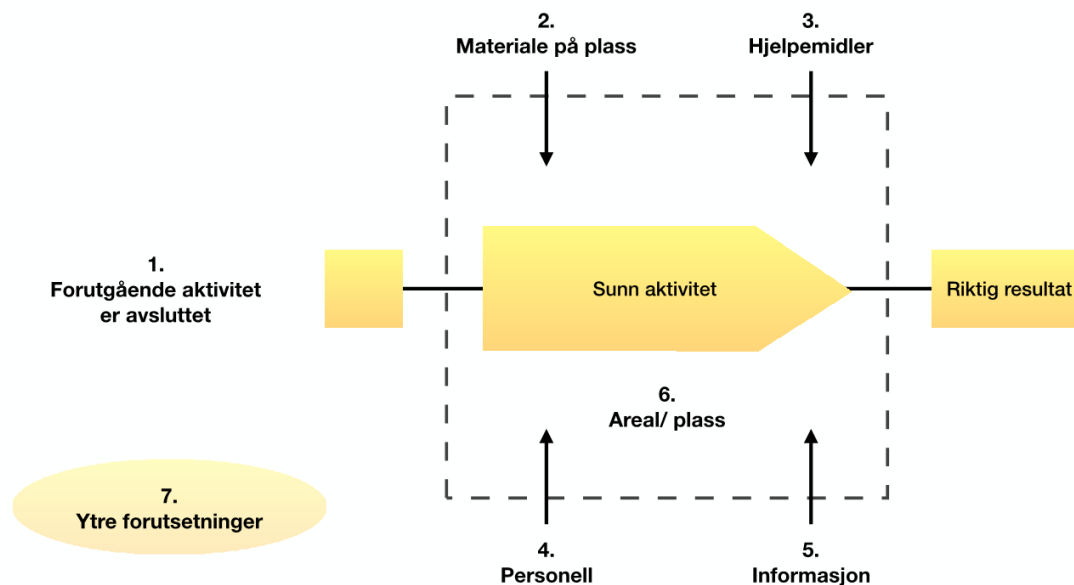
- Problemløsning A3: Nyttig verktøy for problemløsning.
- Informasjonsfanger A3: Gir oversikt over aktuell informasjon man ønsker å dele.
- Forslags A3: Beskrivelse av et løsningsforslag
- Dokumenterstatnings-A3: Denne skal erstatte tyngre dokumenter med en oppsummering av det som trengs.
- Strategisk A3 for oppfølging av Hosin-planer.

En A3 oppbygning kan se ut som vist på Figur 3-24:



Figur 3-24: Eksempel på A3 oppbygning [34].

3.5.3 De sju forutsetningene for flyt i en byggeproduksjon



Figur 3-25: De sju forutsetningene for flyt [34].

For å ha styring på en prosess må det være styring på de viktige variablene eller variasjonsårsakene i en prosess. I en byggeprosess snakker vi ofte om de sju forutsetningene. Når en eller flere av faktorene ikke er tilstede, blir prosessen nedstrøms påvirket med ikke-verdiskapende og dermed usunne aktiviteter som venting, gangtid, feilretting osv.

En sunn aktivitet er en aktivitet der de sju forutsetningene er tilstede. Derfor er planleggingen av de enkelte delene av prosessen avhengig av at vi sikrer de sju forutsetningene i neste fase av prosjektet [34].

De sju forutsetningene for flyt

1. *Forutgående aktivitet er avsluttet.*

Forutgående aktivitet må være helt ferdig og avsluttet på en ordentlig måte. Ofte må neste fag vente med å komme i gang fordi grunnarbeid, betong og liknende arbeider ennå pågår. Ofte sier man at man er ferdig, men det stemmer ikke. Med helt ferdig menes også at verktøy og materialer er ryddet og ute av veien.

2. *Materialer er på plass når man trenger det.*

Med materiell mener råstoff som skal bearbeides. For eksempel i et husprosjekt: betongmasse, trevirke, profiler, vinduer.

3. *Hjelpemidler.*

Hjelpemidler er verktøy, maskiner, kran, stillaser osv. som er avgjørende for å gjøre jobben, må være tilstede og i stand.

4. *Personell.*

Personellet kan være engasjert andre steder, syke eller forhindret på andre måter. Sykdom hos en håndverker kan gjøre at man må endre hele ukeplanen. Personellet må være i stand til å utføre det spesielle arbeidet.

5. *Informasjon.*

Alle byggeprosjekter er avhengig av korrekte tegninger. En tegning som ikke er korrekt oppdatert, kan føre til store forsinkelser og omarbeid.

6. *Areal.*

Man må ha plass til å gjøre jobben. En murer kan ikke legge fliser på en gulvflate som blir brukt av en håndverker fra andre fag.

7. *Ytre forutsetninger.*

Dette kan være nødvendige tillatelser, tilstrekkelig gode værforhold og andre ytre miljømessige forhold som påvirker framdriften.

3.5.4 5S

Mange av disse forutsetningene påvirkes av 5S.

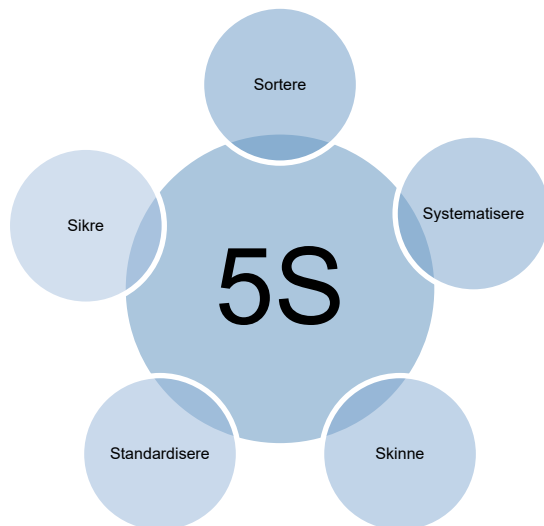
5S-prosessen på en byggeplass vil på samme måte som i alle andre bransjer danne fundamentet for hele prosessen. Alle lærere seg å sortere, systematisere og holde orden i alt utstyr. Man lager spillereglene og bestemmer felles standarder for orden, renhold og trivsel [34].

5S er en av de mest synlige verktøyene i Lean. Det består av fem japanske ord som begynner på S. Prosessen er enkelt fortalt denne:

- 1 *Seiri*: Start med å *sortere* alle gjenstander og ting rundt deg, kast det som ikke trengs.
- 2 *Seiton*: *Systematiser* dem slik at alle har en fast plass og er lette å finne.
- 3 *Seiso*: *Sørg for skrubbing* og renhold slik at alt er i orden når du trenger dem.
- 4 *Seiketsu*: Lag *standarder* for hvordan vi vil ha det, og regler for samhandling og trivsel.
- 5 *Shitsuke*: *Standardiser* og sikre etterlevelse.

De første tre S-ene handler om oss og tingene rundt oss, mens de to siste om vår atferd. De to siste S-ene gjør denne metoden til en kulturbygger [34].

Uten 5S kan vi ikke få til mye, fordi grunnlaget for å få til en kontinuerlig forbedring og godt samspill er orden, system og trivsel der vi jobber. Rot på kontoret, i trucken, i produksjonshallen eller på verkstedet skaper en utrivelig og uproduktiv arbeidsplass.



Figur 3-26: 5S [35].

Metoden er enkel, men endringsprosessen er som den skal gi, er ikke enkel. Den handler nemlig om å endre vaner. 5S griper inn i hverdagen vår og vil raskt rette oppmerksomhet på slurv og rot og manglende samhandling. Derfor må alltid 5S forankres hos ledelsen og de tillitsvalgte [34].

5S kan selvsagt også kjøres gjennom raskt og uten friksjon, men man bør absolutt tenke gjennom om også ledelsen og teamet er villig til å fjerne uvaner. Ved å etablere en ryddig, involverende forbedringskultur kan vi fikse alt, og bli helt ledende i bransjen. Da sikres arbeidsplassen, og enda flere vil glede seg til å gå på jobb [34].

3.5.5 Verdistrømsanalyse

Formålet med å kartlegge en verdistrøm er å bestemme mål for forbedring og fornying. Dette handler om å fjerne den type sløsing vi er blitt "blinde" for. Vi er vokst opp med venterom, kontrollering og retting av feil. Derfor handler verdistrømsanalyse om å lære å se sløsing og skille den fra nyttige og verdiskapende aktiviteter. Vi kan ta for oss hvilken som helst prosess. Gjennom å beskrive nåsituasjonen lærer vi å se hva som er verdiskapende, og hva som er ikke-verdiskapende, og dermed hvordan vi systematisk kan fjerne flaskehals og sløsing. Begrepet verdistrøm samsvarer med hele kjeden av arbeidsprosesser bak et produkt eller en tjeneste [34].

Enhver prosess består av en serie trinn som må utføres i riktig rekkefølge til riktig tid.

- For å gi mest mulig verdi til kunden må disse aktivitetene utføres med minst mulig sløsing.
- For å oppnå dette må aktiviteten eller prosessstrinnet være verdiskapende, dugelig, tilgjengelig, tilstrekkelig og fleksibelt.

Når vi skal skape en verdistrøm uten unødvendig sløsing og tungvintheter, må man skille sløsing fra det som er nødvendig. Ikke uvanlig er over 80 % av aktivitetene i prosessen sløsing- ikke-verdiskapende. Verdiskaping er det først når vi direkte tilfører produktet eller tjenesten egenskaper som gir nytteverdi for kunden. De ikke-verdiskapende aktivitetene og tiden de tar, er nesten alltid store og omfattende. Det betyr ikke nødvendigvis at all denne tiden er sløsing. En god del av tiden er også kommunikasjon, naturlige pauser, opplæring eller toalettbesøk. Den ikke-verdiskapende tiden som er viktig å skille ut er de sju formene for sløsing [34]:

- Overproduksjon
- Venting
- Unødig transport og gangtid
- Feilretting
- Overprosessering
- Unødig lager
- Unødvendige bevegelser

Disse 7+1 formene for sløsing kan leses mer om i kapittel 3.5.7.

Verdistrømskartet

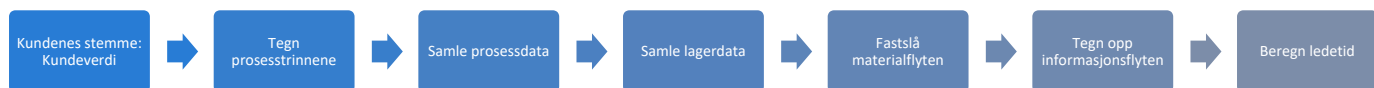
Å tegne opp verdistrømmen ved hjelp av et verdistrømskart er som å få nye briller på. Plutselig ser vi ting vi ikke så før. Et verdistrømskart forteller at systemet og prosessen må forbedres ved å trekke den tettere sammen og ved å lage enklere og mer direkte vekslinger eller overganger mellom aktiviteter [34].

Å arbeide med verdistrøm er å starte med det store bildet. Vi bør fysisk vandre gjennom prosessen fra kunden og bakover mot strømmen. Vi tenger opp strømmen med å bruke gråpapir og klistrelapper, gjerne i ulike farger. For hver arbeidsprosess skal vi etter hvert registrere data og fakta [34].

Hvorfor verdistrømskartet?

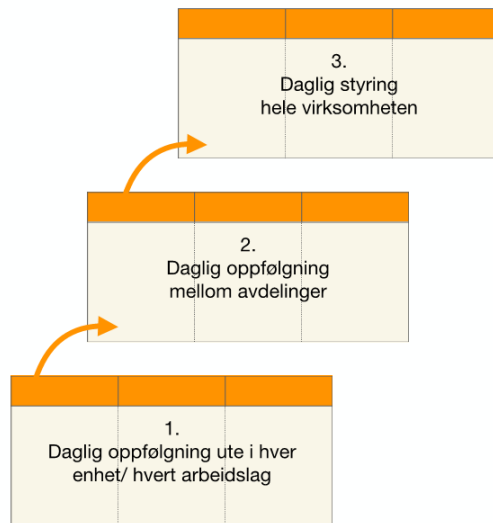
- *Synliggjør mer enn den enkelte delprosessen*
- *Hjelper å identifisere årsaker til sløseri*
- *Forenkler kunnskaps- og erfaringsutveksling*
- *Viser sammenheng mellom informasjons- og materialflyten.*

En verdistrøm består ofte av flere ulike produkter eller tjenester. Det lønner seg derfor ofte å finne frem dem som hører sammen i samme "familie". Det vil si de som har noenlunde lik sluttkunde, og de som har felles arbeidsprosess. Arbeidet med å utvikle den nye verdistrømmen starter med å studere den vi har i dag. Deretter studeres produktenes eller tjenesteproduksjonens flyt fra dør til dør [34].



Figur 3-27: Framgangsmåten ved verdistrømskartlegging [34].

3.5.6 24-timersmøtet



Figur 3-28: Daglig styring, morgenmøter [34].

Morgenmøtet eller 24-timersmøtet er selve "navet" i styringen av flyten i verdistrømmen. Det handler om daglig målstyring, der man gjennom korte møter ved en tavle eller en skjerm involverer alle [34].

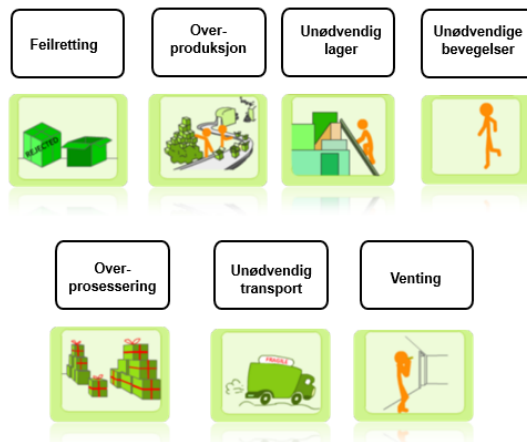
På tavlemøtet går man gjennom alle ordrer, og korrigerende og forebyggende tiltak fastsettes. Hele produksjonsteamet er tilstede i tillegg til ledelsen og støttepersonell. på denne måten har de en åpen og direkte kommunikasjon, og setter kontinuerlig fokus på kunden, flyt og verdiskapingsprosessen. et typisk tavlemøte oppdaterer tavleinformasjonen og svarer på disse spørsmålene [34]:

- Har vi kontroll på HMS?
- Sjekk fra i går (gikk det som planlagt, oppstod det problemer?)
- I dag: Hva er planlagt levering?
- Har vi tilgjengelig materialer, utstyr og folk?
- Hvilke problemer har vi?
- Hvilke korrigerende tiltak er nødvendige?

De ulike tavlene i Figur 3-28 representerer ulike deler av den visuelle styringen av en Lean virksomhet.

3.5.7 Sløsing

Lean handler blant annet om å fjerne sløsing, og Contiga Sør jobber mot å fjerne sine 8 former for sløsing



Figur 3-29: 7 former for sløsing [35].

De 7 første formene kan en lese om i det meste av Lean litteratur. Den 8. formen for sløsing Contiga ønsker å fjerne er "ubenyttet kreativitet/skaperkraft" [35]. Dette innebærer

- Unnløse å lytte til ideer
- Unnløse å gi tilbakemelding
- Unnløse å bruke alle evnene vi har

"Lean handler om involvering og synlighet. Kontinuerlig forbedring skal drives frem av lederne, men vokse og leve hos medarbeiderne". Som et tiltak har lederne begynt med såkalte "tavlemøter". Hver morgen arrangeres det tavlemøter av fabrikk sjef og teamledere [35].

Det er satt et mål om å effektivisere prosessen, om vi må derfor luke ut hva som forsinkes denne. Fra studiet i forprosjektet ble det sett på mange manuelle oppgaver, som bøyning av armering og kutting av forskaling. Disse blir sett på som tidkrevende prosesser som kan effektiviseres. En forutsetning for å gjennomføre en slik implementering er at ledelsen har en klar kurs, og et definert mål [35].

Hovedprinsippet med Lean Production er å eliminere sløsing i en produksjonsprosess, og på den måten redusere produksjonstid, ressursinnsats, kostnader osv. Historien bak Lean kan trekkes tilbake til Henry Ford. Allerede i 1922 beskrev han i sin bok "My life and work" hvordan amerikanske bønder jobbet unødvendig ineffektivt. Men det var den japanske bilprodusenten Toyota som utviklet den filosofien (Toyota Production System- TPS) vi kjenner som Lean production i dag [34].

I arbeidet med å utvikle TPS og Lean utviklet Toyota en rekke verktøy som brukes for å redusere sløsing. I tillegg bruker de en definisjon på sløsing som inkluderer mye mer enn det man tradisjonelt ville forbinde med begrepet. I ytterste konsekvens kan man se all aktivitet som ikke skaper verdi for kunden som sløsing. Japanerne definerte 7 typer sløsing [34]:

- Overproduksjon
- Venting
- Transport
- Urasjonell bearbeiding
- Lagring
- Unødvendige bevegelser
- Defekter



Figur 3-30: Ressurstap [34].

3.6 Teori om metode

Metoden forteller oss noe om hvordan vi bør gå til verks for å fremskaffe eller etterprøve kunnskap. En metode er en fremgangsmåte, et middel til å løse et problem og komme frem til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener dette formålet, hører med i arsenalet av metoder [36]. Vi velger én bestemt metode fordi vi mener at denne vil gi oss gode data og klarlegge spørsmålet vårt på en faglig interessant måte. Vi må vite hvilke krav som stilles til bruken av den dataen vi finner. Valg av metode vil hjelpe oss å finne den dataen, altså den informasjonen vi trenger. Det må foretas et valg av metode, og reflekteres rundt valget, og dette vil være et redskap i undersøkelsen [36].

For en effektiv forskningsmetode trenger du verktøy hvor informasjonen er samlet og har et avklart forhold. Uten riktig utforming og bruk av forskningsmetode, vil vi ikke kunne samle kvalitetsinformasjon, eller ha et godt grunnlag for gjennomgang, evaluering eller fremtidig strategi [37].

I enhver forskning vil vi bli bedt om å snakke med folk eller telle ting. Vi kan i stor grad klassifisere forskningsmetoder ved hjelp av denne forskjellen. Disse to forskningsmetodene og deres utdata er klassifisert som:

Kvantitativ - som navnet antyder, er opptatt av å prøve å kvantifisere ting; det stiller spørsmål som "hvor lenge", "hvor mange" eller "graden til hvilken". Kvantitative metoder ser ut til å kvantifisere data og generalisere resultater fra et utvalg av befolkningen i renter. De kan se for å måle forekomsten av ulike synspunkter og meninger i en valgt prøve for eksempel eller aggregat resultater [37].

Kvalitativ – Opptatt av kvaliteten på informasjon, kvalitative metoder forsøker å få en forståelse av underliggende grunner og motivasjoner for handlinger og etablering hvordan folk tolker sine erfaringer og verden rundt dem. Kvalitative metoder gir innsikt i innstillingen av problem, generering av ideer og / eller hypoteser. Metoden hjelper oss til å samle inn data, det vil si den informasjonen vi trenger til undersøkelsen vår. Vi skiller mellom to ulike metodeorienteringer; kvantitative og kvalitative metoder [37].

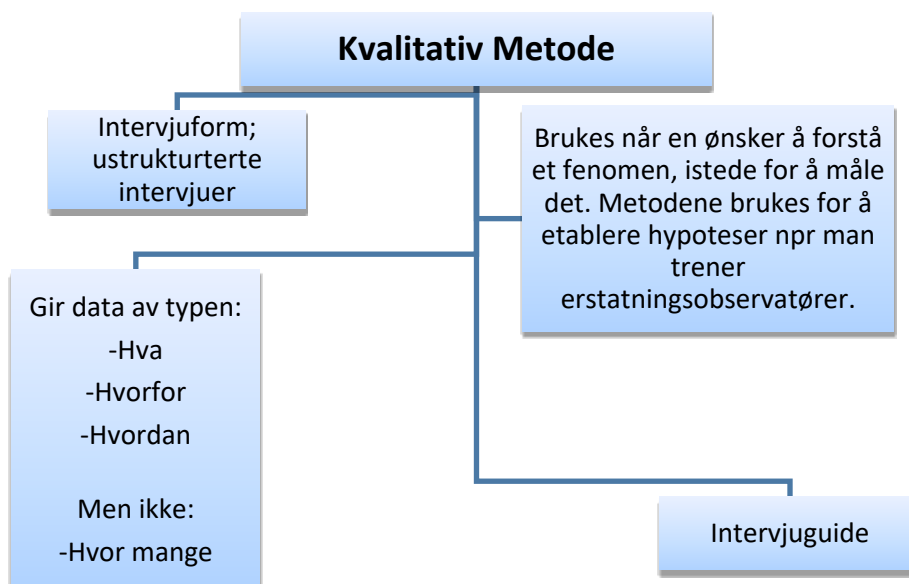
I dette kapittelet vil det bli redegjort for hvordan det er valgt å gå frem for å finne svarene på forskningsspørsmålene og problemstillingen. Hvilke metoder som er valgt og hvorfor.

I Tabell 3-7 vises en oversikt over hovedkarakterene til de to ulike metodereitningene.

	Kvantitativ	Kvalitativ
Mål	Målet er å telle ting i et forsøk på å forklare hva som observeres.	Målet er en komplett, detaljert beskrivelse av hva som observeres
Formål	Generaliserbarheten, prediksjon, årsaksforklaringer	Kontekstualisering, tolkning, forståelse perspektiver
Verktøy	Forskeren bruker verktøy, for eksempel undersøkelser, til å samle numeriske data	Forsker er datainnsamlingsinstrumentet.
Datainnsamling	Strukturert	Ustrukturert
Output	Dataene er i form av tall og statistikk.	Data er i form av ord, bilder eller objekter.
Prøve	Vanligvis et stort antall saker som representerer befolkningen av interesse. Tilfeldig utvalgte respondenter	Vanligvis et lite antall ikke-representative saker. Respondenter valgt etter deres erfaring.
Objektiv/subjektiv	Mål - søker nøyaktig måling og analyse	Subjektiv - enkeltpersoners tolkning av hendelser er viktig
Forskerrollen	Forskeren har en tendens til å forbli objektivt skilt fra emnet.	Forskeren har en tendens til å bli subjektivt nedsatt i emnet.
Analysis	Statistisk	Fortolkende

Tabell 3-7: Kvantitativ vs kvalitativ [37].

Det er i denne rapporten blitt brukt en kvalitativ tilnærming, da det ikke forekommer noen resultater i form av målbare enheter.



Figur 3-31: Kvalitativ metode [36].

3.6.1 Litteraturstudie

For å få en oversikt over feltet, altså det området jeg ønsker å studere eller undersøke benytter jeg meg av metoden "litteraturstudie". Den litteraturen som ligger til grunn for problemområdet, skal presenteres og plasseres med bakgrunn i problemstillingen. Det er teorigrunnlaget som problemstillingen skal drøftes i forhold til. Denne metoden refererer til gjennomgang av eksisterende informasjon [37].

3.6.2 Intervju med nøkkelpersoner

Intervjuer er en kvalitativ metode for forskning som ofte brukes til å skaffe seg intervjuernes oppfatninger og holdninger til problemene. Hovedproblemet med intervjuer er å ta beslutninger om hvem som er de viktigste menneskene til å snakke med og hva slags intervju skal du bruke [37].

Det er tre typer stiler av intervjuer:

- strukturert
- semi-strukturert
- ustrukturert

Strukturert - Følger et sett med spesifiserte spørsmål, som er jobbet systematisk. Denne typen intervju er brukt når forskeren ønsker å skaffe seg informasjon der svarene er direkte sammenlignbare [37].

Semi-strukturert - Dette er et mer vanlig intervju teknikk som følger et rammeverk for å adressere nøkkel temaer snarere enn spesifiserte spørsmål. Samtidig er det tillatt med en viss grad av fleksibilitet for forskeren til å stille spørsmål til den intervjuede og derfor utvikle temaer og problemer når de oppstår [37].

Ustrukturert - Denne metoden for intervju følger ikke forhåndsbestemte spørsmål eller temaer. Intervjueren vil stille spørsmål etter som de kommer opp i intervjuet. Metoden er nyttig når forskeren ønsker å utforske hele emnet [37].

Vi kan også dele opp i fire forskjellige intervju typer [37] .

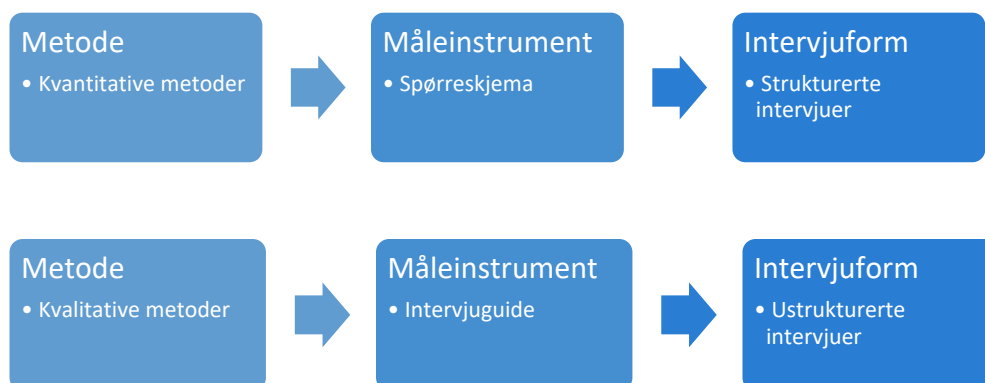
- Fakta finner
- Idé generator
- Utforsking
- Erfaring

Fakta finner - Denne type intervju brukes til å skaffe seg spesifikk informasjon fra den som blir intervjuet, og inneholder vanligvis strukturert eller standard intervju spørsmål (formuleringen av spørsmålene og rekkefølgen de blir spurt er den samme). Det brukes når informasjon er allerede kjent og det er et behov for å få en mer inngående innsikt [37].

Idé generator - På mange måter er denne type intervju er det motsatte av "fakta finner" intervju. Det brukes når intervjueren ikke har noen forutsetninger om hva som kan oppdages i løpet av intervjuet, og resultatene kan brukes til å sette parametere eller rammer for studien. Intervjuer er løst strukturert og gir maksimal fleksibilitet til å utforske en rekke problemer. Ide generator intervjuer er vanligvis brukt i starten av et forskningsprosjekt for å oppdage og utforske problemer fra en bestemt gruppe eller samfunn [37].

Utforskning - Dette er den mest brukte typen intervju, og som er relevant for de fleste typer forskningsprosjekt. De utføres vanligvis med representanter som har en strategisk rolle å spille i forskningen. Disse typer intervju krever litt grad av forkunnskap om forskningsprosjektet når de handler om å teste hypoteser, å knytte sammenhenger mellom andre elementer av forskningen, sikre strategisk passform og framgang av forskningsresultater [37].

Erfaring - Denne typen intervju tar sikte på å tegne folks følelser, oppfatninger og erfaringer over en bestemt periode av tid (for eksempel varigheten av et regenereringsprogram eller prosjekt). Dette gir et rikt, grundig materiale om hvordan emnet som er undersøkt har påvirket individets liv på personlig nivå [37].



Tabell 3-8: Forskjell mellom kvantitativ og kvalitativ intervjuform [36].

3.6.3 Casestudie/ Observasjon

Observasjon er en del av en blandet metode tilnærming. Det er også viktig å huske at det er svært avhengig av observatørens vurderinger, forutsetninger og forkunnskaper og erfaring for hvordan "utfallet" av observasjonen blir. Det er derfor svært viktig å ta hensyn til pålitelighet og gyldighet. Deltaker observasjon er ikke den mest pålitelige forskningsmetoden. Slike studier er av sin natur umulig å gjenta og pålitelighet kan bli ytterligere stilt spørsmålstegn ved i hvilken grad observatørens tilstedeværelse faktisk endrer oppførselen til de som studeres. Så snart du gjør eller sier noe i det hele tatt, har du gått fra observatørens rolle til deltaker, denne grensen kan være svært vanskelig å skille [37].

Deltaker observasjon krever mye ferdigheter og engasjement fra forskeren. For suksess eller fiasko i forskningen vil det gjelde for eksempel faktorer som evnen til å trække inn med folk som studeres og evnen til å kommunisere med gruppe medlemmer på deres nivå og vilkår. Det vil også på ulike tidspunkter kreve takt, klart og forsiktig observasjon, evnen til å skille rolle deltakeren fra det av observatør og så videre. Det er derfor svært viktig med deltaker observasjon at du har tid, ressurser og ferdigheter som kreves for å denne typen forskning [37].

	Fordeler	Ulemper
<i>Observasjon</i>	Dypt og nyansert bilde kan dukke opp	Avhenger av observatør for å lese den sosiale virkeligheten "nøyaktig"
	En fleksibel metode som kan reagere på hendelser / ideer, følger fører, forfølge muligheter for forskning som ikke hadde blitt ansett	Vanskelig å opprettholde observatørrollen
	Gir en forsker innsikt i individuell og gruppeadferd, og det kan gi dem mulighet til å formulere hypoteser som forklarer slik atferd	Kan trenge en betydelig tidsperiode

Tabell 3-9: fordeler og ulemper ved observasjon [37].

4 Forskerspørsmål

Hovedmålet er å øke produksjonen og effektiviteten ved å benytte seg av prefabrikkerte løsninger, både egne og fra eventuelle andre leverandører.

Forskningsspørsmålet for denne oppgaven er:

"Med bakgrunn i Lean metodikken og hjelpemidlene som finnes med BIM, hvordan kan dette være med å effektivisere og digitalisere produksjonen av betongelementer?"

For å besvare forskningsspørsmålet har jeg etablert følgende delspørsmål:

- Hvilke tiltak kan effektivisere elementproduksjonen ytterligere?
- Hvilke forutsetninger ligger til grunn for gjennomføring av prefabrikkert armering og forskaling ved hjelp av CNC maskin?
- Hvordan bidrar Lean til økt bruk av BIM?
- Hvordan kan de nye arbeidsmetodene være med å bidra i HMS arbeidet?
- Hvilke andre teknologiske hjelpemidler kan være aktuelle å ta i bruk i elementproduksjonen?

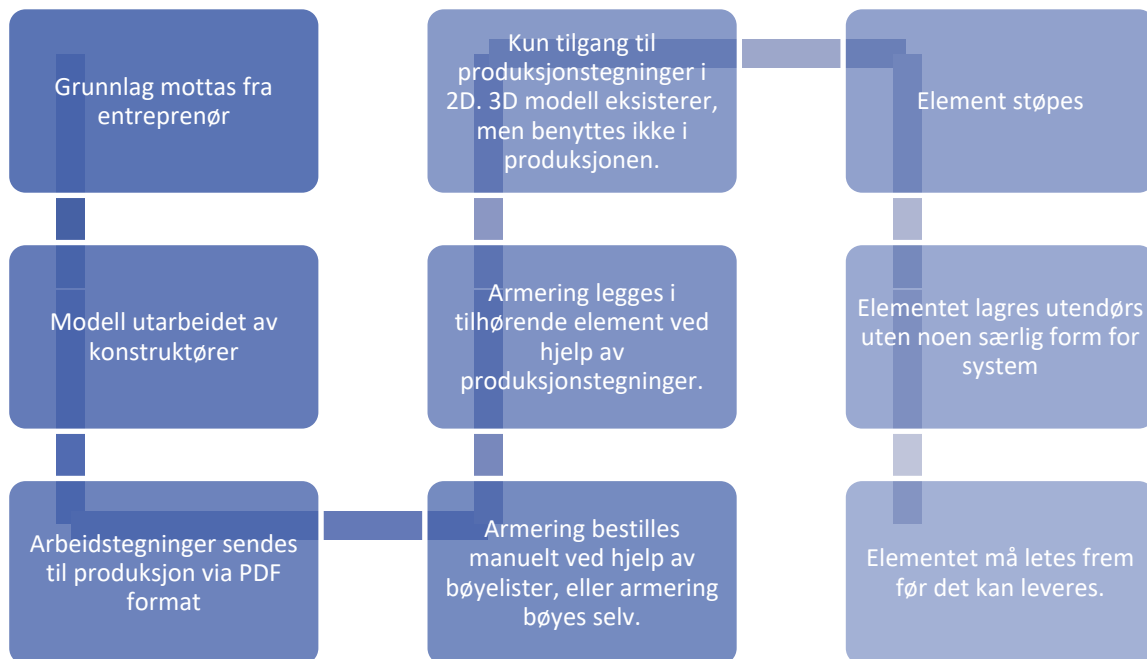
5 Case

I dette kapitlet vil det bli presentert de observasjoner og erfaringer som har blitt gjort etter å ha sett nærmere på Contigas arbeidsmetoder og prosesser. På grunn av mangel på tid og ressurser har gjort noen avgrensninger som definert i kap.1.4.

Som bakgrunn for oppgaven er det et ønske fra både konstruktører og fabrikkssjef å kunne benytte seg av BIM modellen i mye større grad. Ved hjelp av Lean som styringsverktøy kartlegger Contiga stadig forbedringspotensialer med prosjekteringen og produksjonen. Noen punkter som kan trekkes frem er:

- Lite utnyttelse av BIM modell
- Ønsker økt grad av standardisering
- Tungvinte bestillings- og arbeidsmetoder med armering
- Dårlig lagerstyring

Som en del av casestudiet har det blitt sett på hvordan prosessløpet er fra prosjektering til levering av ferdig produkt. Prosessen er blitt delt opp i ni deler.



Figur 5-1: Prosess uten tegningsløs armering [11].

5.1 Lite utnyttelse av BIM modell

Den økte bruken av BIM i markedet har også fanget Contigas interesse. Fabrikkssjef i Marnardal og Mandal har sammen med konstruktør fra COWI har sett store potensialer med å benytte seg av all informasjonen som ligger i modellen. Fra forprosjektet ble det sett på hvilke bruksområder BIM kunne være med på å forbedre produksjonen. Noen av områdene som er valgt å se videre på er: *Visualisering, kvalitetssikring, kostnadsestimering og mengdeberegning.*

5.2 Ønsker økt grad av standardisering

Det er et ønske både fra konstruktører, Contiga og armeringsleverandør at prosesser skal standardiseres. På en periode på 10 mnd ble det i Marnardal produsert 144 trappeformer og 65 reposformer. I disse 144 trappeformene ble det igjen produsert 959 elementer og 682 rops på de 65 formene. I produksjonen i Kristiansand ble det laget 110 løpsformer med 1568 støp og 1433 støp på 115 reposformer [38]. Se Tabell 5-1 og Tabell 5-2 for info.

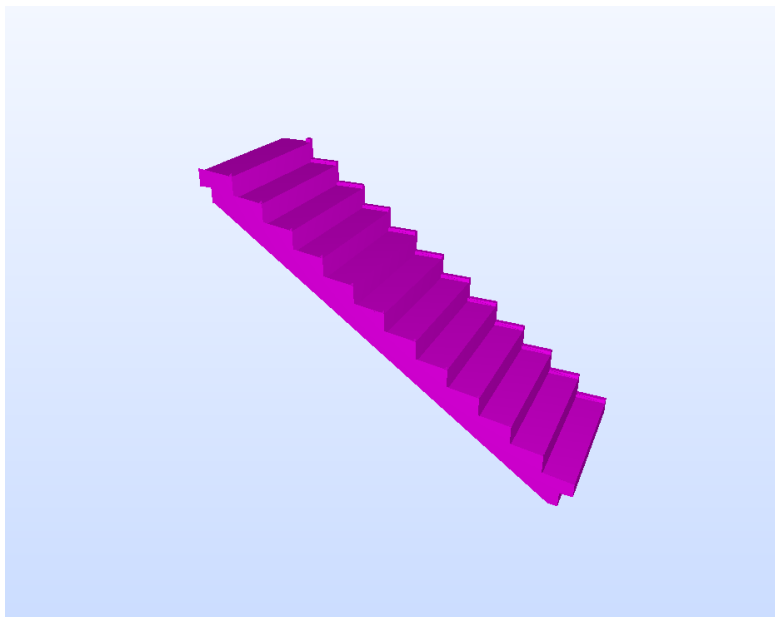
Antall former	Marnardal	Kristiansand
Trappeform	144	110
Reposform	65	115

Tabell 5-1: Antall former [38].

Antall støp	Marnardal	Kristiansand
Trapper	959	1568
Repos	682	1433

Tabell 5-2: Antall støp [38].

I gjennomsnitt blir en trappeform brukt fra 6-14 ganger, og en repos form fra 10-12 ganger. En form kan brukes om igjen inntil 30 ganger ifølge fabrikk sjef Tommy Svensson. Det jobbes derfor stadig med økt standardisering som kan leses om i resultatkapittelet.



Figur 5-2: Standardisert trappemodell for prøveprosjekt med prefabrikkert armering og forskaling [11].

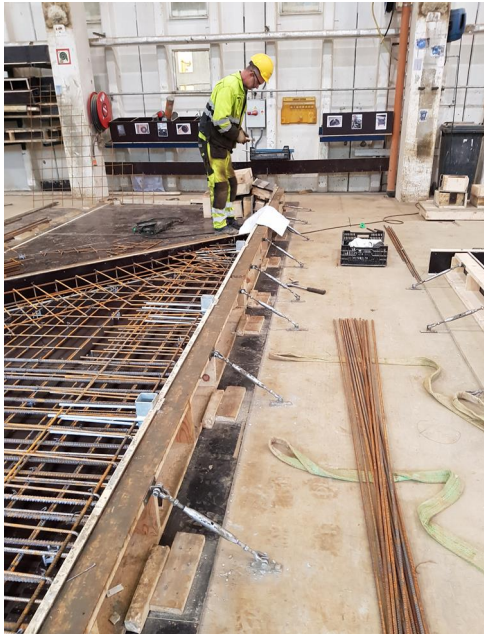
5.3 Tungvinte bestillings- og arbeidsmetoder med armering

Det blir i dag bestilt armering manuelt. Mye av armeringen kappes og bøyes manuelt, på tross av at ferdig bøyeliste i BVBS format ligger klar i modell for eksport til maskin. Kamstål AS har spesialisert seg på tegningsløs armering, og ønsker at flere leverer armeringsbestillinger via modell.

Tegningsløs armering

Som nevnt i teorikapittel 3.4.4 om tegningsløs armering, så er det ønske å benytte BIM modell og CNC maskiner til å produsere armering i fremtiden. All armering er modellert i modell, og via BVBS format kan CNC maskiner lese formkode og lengder direkte, uten å måtte produsere manuelle bøyelister.

Contiga har gjennom en verdistrømsanalyse sett på armeringsrutinene og ser store besparinger ved å effektivisere armeringsprosessen. Armeringen blir i dag utført etter tradisjonelle byggemetoder, og preges av mange manuelle prosesser, og lite flyt mellom prosjektering og produksjon.



Figur 5-4: Armering legges etter produksjonstegninger [11].



Figur 5-3: Produksjonstegninger leveres i 2D [11].



Figur 5-5: Produksjonshall Contiga [11].



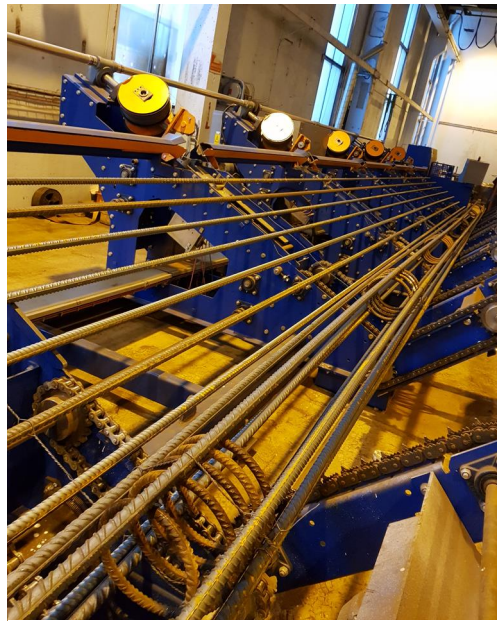
Figur 5-6: Armeringsstenger kappes manuelt [11].

Produksjonen består av mange manuelle prosesser. Alt støpes på gulv, hvor mye av armeringen må kuttes og bøyes selv. Armeringen legges deretter i form etter instruksjoner fra 2D tegninger som vist på Figur 5-3 og Figur 5-4 .

5.3.1 Kamstål



Figur 5-8: Robotsveist søylearmering [11].



Figur 5-7: Maskin for produksjon av kamstål på rull [11].

Som en del av casestudie ble det vurdert flere leverandører av prefabrikkert armering. En leverandør som har skilt seg ut i markedet er Kamstål AS, som er lokalisert på Forus i Stavanger.

Kamstål AS er en fullsortiment armeringsleverandør, som startet i midten av 2016 [39]. Tanken fra investor og daglig leder var da en enkel bøyemaskin, men fabrikken vokste raskt til et større konsept. Kamstål AS produserer kapp, bøyer og prefabrikkerte produkter med markedets mest moderne maskiner. De har en forretningside om å være konkurransedyktige og har markedets mest effektive maskinpark. De ønsker å være markedsledende på 3D og digitale løsninger [39].

Kamstål tilbyr det meste av prefabrikkerte løsninger. Contiga bruker et stort antall timer på bøyning av armering, og tid på å finne riktig jern. Det ble derfor et ønske å outsource prefabrikkert armering.

De fleste tegninger mottas per dags dato i 2D format. Dette gir lite utbytte for maskinene til Kamstål AS, som kan motta armeringsinformasjon direkte fra modell. Armering modellert i Tekla Structures kan eksporteres direkte fra Tekla Structures til en .bvbs/.abs fil og deretter leses av maskinen. På denne måten slipper man å lage bøyelister, og Kamstål sparer også tid på å plote disse listene manuelt ifølge Eivind Holte, ansatt ved Kamstål AS.

5.4 Dårlig lagerstyring

De ferdig støpte betongelementene lagres utendørs, uten noen særlig form for system. Det er som regel noen av arbeiderene som vet hvor elementet ble lagret, og på denne måten finner de frem til elementene som skal leveres.

Problemer som derimot har oppstått med denne typen "lagerstyring" er når ansatte ikke lenger vet hvor elementet befinner seg. På vintertid blir elementene dekket av snø, og det er en stor prosess og skal grave frem hvert et element for å se om de har funnet riktig. Det har skjedd at elementet ikke har blitt funnet under snøen, og at elementet ikke har blitt levert til avtalt tid. Dette er en utfordring Contiga er klar for å ta tak i sier Tommy Svensson, fabriksjef.

6 Metode

Dette kapitlet beskriver metodene som er benyttet for å finne relevant informasjon. Teorien bak de ulike metodene er beskrevet i kapittel 3.6 Teori om metode. Listet under har jeg beskrevet de ulike metodene jeg har benyttet i denne undersøkelsen; Litteratur studium, intervju med nøkkelperson, casestudie og observasjon.

6.1.1 Litteraturstudie

Jeg har benyttet meg av litteratursøk, tidsskrifter, studentoppgaver og nøkkelpersoner. I og med at dette er et tema som er i stor utvikling, er det ikke alltid den nyeste kunnskapen er publisert. Jeg har derfor i stor grad benyttet meg av nøkkelpersoner innen dette temaet.

For informasjon om den digitale armeringsprosessen er Erlend Kaldestads oppgave "samhandlingsprosesser med digital armering" i stor grad brukt. Kaldestad jobber i dag tett med Kamstål AS, og er en av få som leverer bøyelister via modell.

Delen av litteraturstudiet som omhandler BIM ble hentet fra internettsøk, tidligere masteroppgaver og tidsskrifter. Masteroppgaven vil gi en oversikt over flere løsninger for å effektivisere prefabrikkerte elementer. Litteraturen vil derfor gjenspeile dette, og ikke gå i dybden.

6.1.2 Intervju med nøkkelpersoner

Det ble gjennomført et intervju med fabrikkssjef i Marnardal og Mandal hos Contiga, Tommy Svensson. Det ble gjennomført et ustrukturert intervju, som er metoden for samtale i kvalitative undersøkelser. Her baserer intervjueren seg på en emneliste over hvilke emner samtalen skal inn på [36]. Typen intervju som ble gjennomført var av typen "utforsking".

Metoden tar sikte på å fange opp mening og opplevelse som ikke lar seg tallfeste, og det fås en bedre forståelse om prosessen og mål fra Contigas side i dette samarbeidet. I forkant av intervjuet ble det laget en intervjuguide. Hvordan intervjuer bygges opp kan leses om i kapittel 3.6.2.

6.1.3 Casestudie/observasjon

Det ble benyttet metoden "observasjon" som en del av casestudiet. Observasjon er hensiktsmessig å bruke når man ønsker å avdekke observerbare detaljer som [37]:

- Daglig tidsfordeling
- Prosesser
- Dynamikk
- Styring

Teknikker som blir benyttet i denne typen metode er; uformelle intervjuer, direkte observasjon, deltakelse i gruppen, kollektive diskusjoner og notater. Denne deltaker observasjonen har foregått over en tidsperiode på fem måneder. Mer detaljer rundt observasjon som metode kan leses i kapittel 3.6.3.

Som en del av masteroppgaven gjennomføres det et forprosjekt for å få tilstrekkelig informasjon til å kunne gjennomføre masteroppgaven. Observasjon har derfor vært et viktig verktøy for å gjennomføre casestudiet. Totalt med forprosjekt og hovedprosjekt har observasjonen strekket seg over 10 mnd. Observasjonen har vært viktig for å få et helhetlig innblikk om produksjonen til Contiga, gjennom uformelle intervjuer av både ansatte, bidragsyttere og leverandører har jeg fått informasjon om både begrensninger og forbedringer for videre produksjon.

I Tabell 6-1 er det en oversikt over hvilke metoder som er brukt for å besvare delspørsmålene for å videre kunne svare på forskningsspørsmålet.

FORSKNINGSSPØRSMÅL	METODE FOR INNHENTING AV INFORMASJON
<i>HVILKE TILTAK KAN EFFEKTIVISERE ELEMENTPRODUKSJONEN YTTERLIGERE?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Litteraturstudie • Casestudie
<i>HVORDAN KAN DE NYE ARBEIDSMETODENE VÆRE MED Å BIDRA TIL ØKT HMS?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Litteraturstudie • Casestudie
<i>HVORDAN BIDRAR LEAN TIL ØKT BRUK AV BIM?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Intervju med nøkkelperson • Casestudie • Litteraturstudie
<i>HVILKE FORUTSETNINGER LIGGER TIL GRUNN FOR GJENNOMFØRING AV PREFABRIKERT ARMERING OG FORSKALING VED HJELP AV CNC MASKIN?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Intervju med nøkkelpersoner • Casestudie • Litteraturstudie
<i>HVILKE ANDRE TEKNOLOGISKE HJELPEMIDLER KAN VÆRE AKTUELLE Å TA I BRUK I ELEMENTPRODUKSJONEN?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Litteraturstudie

Tabell 6-1: Valg av metoder for forskningsspørsmål

7 Resultat

7.1 Lean I Contiga

Det kan være vanskelig å forstå Leans fulle potensiale ut ifra filosofier og prinsipper. Contiga har jobbet med Lean i en periode på 3-4 år, og har sett store potensialer med bruken. De omtaler arbeidet sitt med Lean som "Veien mot kontinuerlig forbedring". Fire ganger i året samles ledergruppen og har møter og seminarer som omhandler Lean-filosofien. Lean implementeringen startet først i ledegruppen. De fleste stiller seg positive til Lean, men noen grupper har vanskeligere for å se potensialet som er der ifølge Tommy Svensson, fabrikkssjef i Marnardal og Mandal.



Figur 7-1: Lean-filosofien [35].

5S

Som skrevet i kapittel 3.5.4 er 5S en prosess for å lære seg å sortere, systematisere og holde orden i alt utstyr. Contiga har tatt i bruk dette verktøyet i stor grad, og ser på det som en systematikk for å effektivisere egen arbeidsplass. Som første tiltak ble kontorene ryddet og omstrukturert. Som vist på Figur 7-2. Som et resultat av innføring av Lean metodikken har fabrikken fått store gevinster både når det gjelder sløsing, men også lagerstyring. Et godt eksempel som kan trekkes frem er ved flommen i Mandal høsten 2017. På grunn av de gode rutinene med 5S ble det med flommen ingen store tap da ingenting lå på gulvet. Ved bruk av både 5S, verdistrømsanalyse og tavlemøter har ledelsen sammen med de ansatte sett hvilke forbedringer som må gjøres sier fabrikkssjef Tommy Svensson.



Figur 7-2: Systematisere egen arbeidsplass [35].

Tavlemøte/ 24-timers møte

Det blir hver dag holdt tavlemøter. Contiga legger vekt på at all informasjon skal være åpen. Det skal ikke holdes noe hemmelig for de ansatte og de skal ha innblikk i hvordan bedriften går.

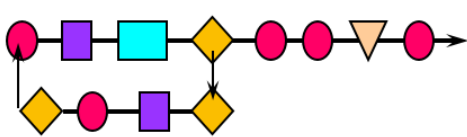
Det holdes daglig 3 tavlemøter. Fabrikkssjef holder sitt møte på 10 minutter med 70 mann tilstede. Teamleder holder deretter sitt daglige møte, og til slutt holdes det et tavlemøte for produksjonen. På denne måten har alle ansatte alltid en oversikt over produksjon og arbeid som venter dem ifølge Tommy Svensson, fabrikkssjef i Marnardal og Mandal.

Verdistrømsanalyse

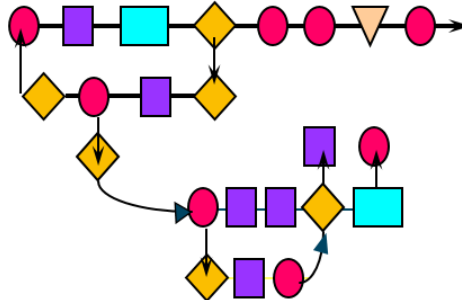
Verdistrømsanalyse er et verktøy som også brukes aktivt hos Contiga. På Figur 7-4 og Figur 7-5 ser vi bilder fra hvordan de arbeider når de analyserer prosessen. En slik analyse er med på å kartlegge unødvendig sløsing, mangler og forbedringer. På denne måten kan man ta hvilken som helst prosess og sammen se forbedringer på ting vi er blitt "blinde" for. Contiga bruker det visuelle verktøyet ofte kalt "verdistrømskart", og med dette synliggjøres mer enn den enkelte delprosessen og hjelper å identifisere årsaker til sløseri.

Å ha en full oversikt over enhver prosess/arbeidsflyt har minst 3 versjoner:

Hvordan du TROR den er:



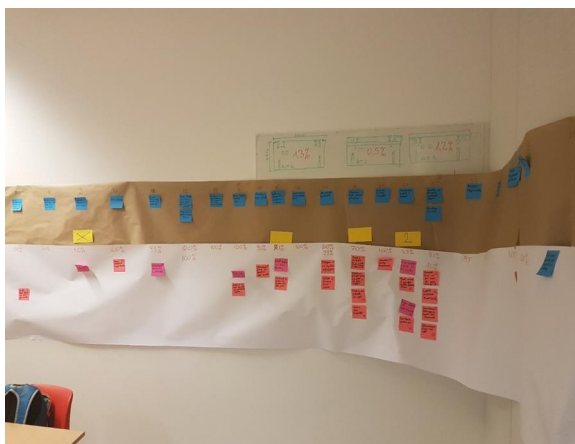
Hvordan den EGENTLIG er:



Hvordan den burde være:



Figur 7-3: Verdistrømsanalyse [35].



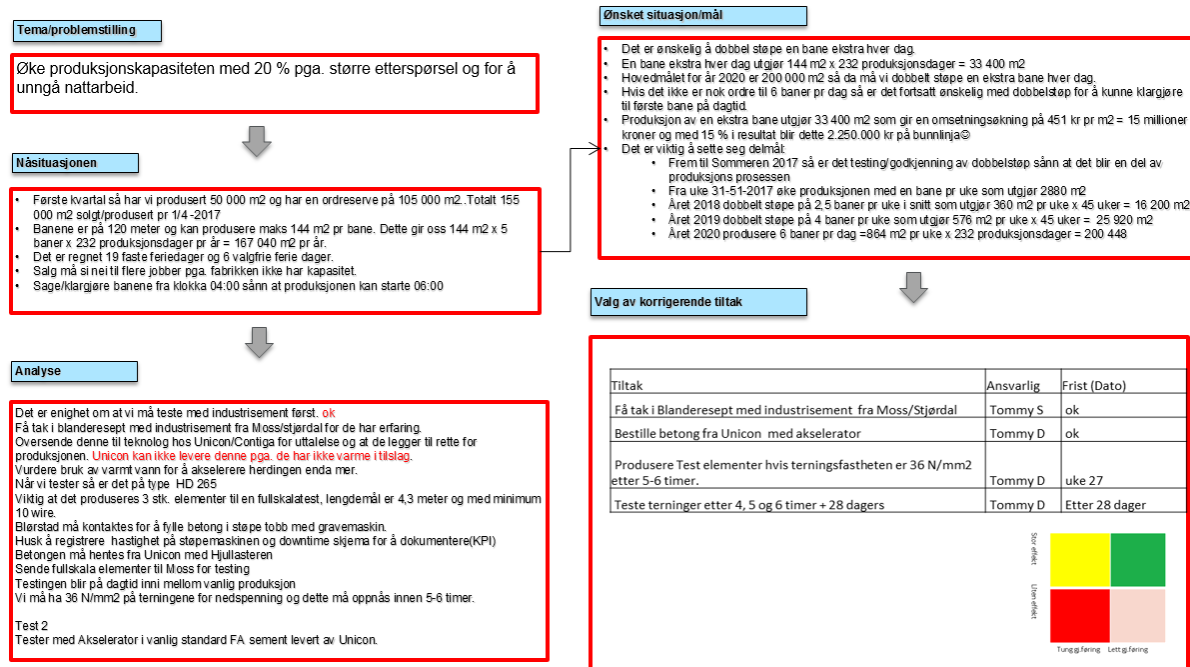
Figur 7-5: Verdistrømsanalyse hos Contiga [35].



Figur 7-4: Vurdering av verdistrømsanalyse i team [35].

A3 kommunikasjon

Contiga arbeider med å utarbeide egne A3 kommunikasjonsplaner. Det blir utarbeidet planer på flere områder. Et eksempel på A3 oppbygning er vist på Figur 7-6. Problemstillingen her er å øke produksjonen med 20% for å unngå nattarbeid. I samarbeid utarbeidet det en analyse, situasjon og tiltak for problemstillingen.



Figur 7-6: A3 kommunikasjonsplan hos Contiga [35].

Contiga jobber med kontinuerlig forbedring, og følger Lean filosofien i stor grad på denne veien. Direktør, fabrikk sjef, teamleder og ansatte har alle hvert sitt overordna ansvar for Lean implementeringen, men organisasjonen har en felles filosofi. Det er enda stor variasjon i kunnskapen og interessen til de ansatte, men etter en anonym medarbeiderundersøkelse viser den til økt medarbeidertilfredshet etter Lean implementering sier Tommy Svensson, fabrikk sjef. Produksjonen er i stor grad bygd opp av Lean. Lean har ikke bare forbedret produksjonen, det er også blitt betydelige forbedringer innen HMS. Uten verktøy som 5S skapes det kaos i produksjonen, som igjen fører til misnøye blant de ansatte ifølge Tommy Svensson, fabrikk sjef.

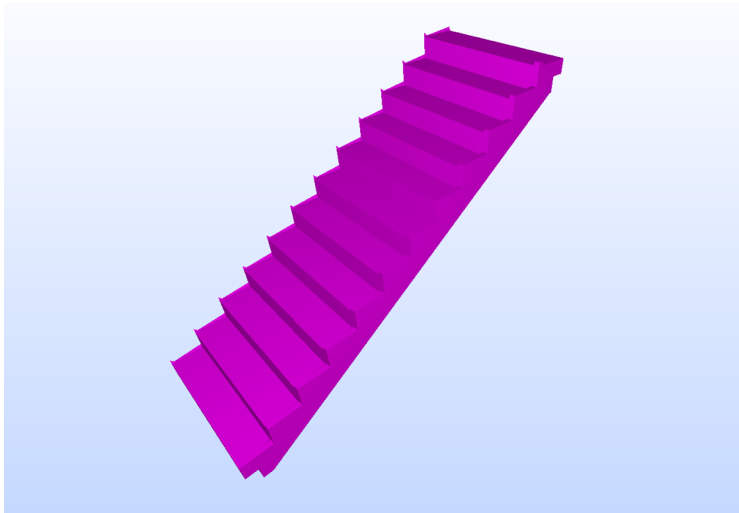
7.2 BIM i Contiga

For å få til et tettere samarbeid med EDR, Contiga og COWI ble representanter fra alle tre bedriftene invitert til et en workshop for "Innblikk i fremtidens byggenæring", hvor Øyvind Svaland fra EDR holdt en presentasjon om tegningsløs armering, og hvor deltakerne fikk teste ut Microsoft HoloLens. Workshopen ga mersmak, og videre arbeid med tegningsløs armering og standardisering av trappemodell ble etablert. Det ble videre avtalt et møte med aktuelle leverandører for forskaling og armering, Peri og Kamstål AS.

Fra dette samarbeidsmøtet ble det avtalt å kjøre et prøveprosjekt hvor Peri skulle levere ferdig forskalingsform, og Kamstål AS skulle levere armering til trappen.

Standardisering

På trappene som produseres er det mye av de samme dimensjonene som går igjen både på inntrinn, opptrinn, bredde og vange. Det ble etablert en trappemodell av konstruktør hos Contiga som skulle benyttes til dette prosjektet, hvor 80% av modellen var standardisert. Trappemodellen er vist som IFC format i Figur 7-7. Figur 7-8 viser form laget av PERI.



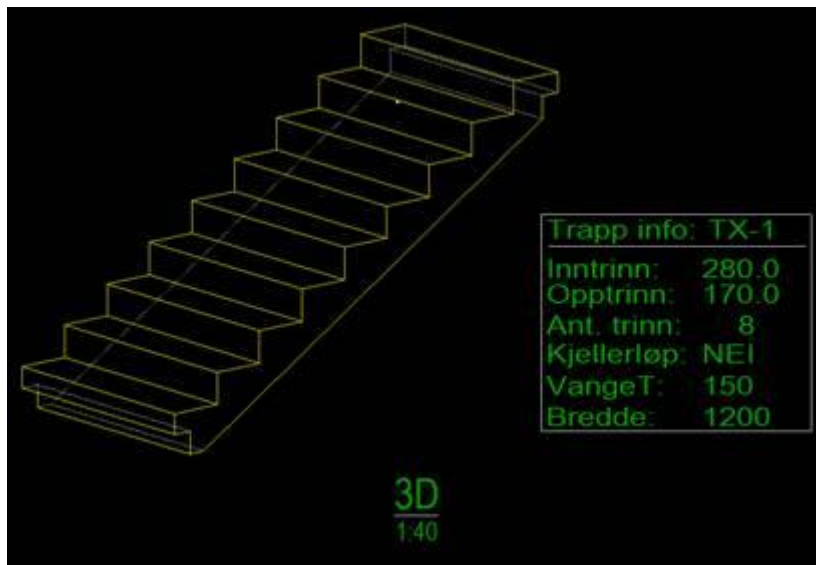
Figur 7-7: Standardisert trapp for prosjekt [11].



Figur 7-8: Trappeform utarbeidet av PERI, illustrasjon mottatt på mail.

Da PERI skulle lage trappformen for trappen vist i Figur 7-7, ble ikke Tekla Structures benyttet. Peri ønsket ikke å investere i Tekla Structures, da dette er et program som ikke de ikke bruker til vanlig. De leverte en prefabrikkert form, som de tegnet opp i egen programvare ut ifra geometrien til IFC filen av den standardiserte trappen. Timeantallet på formen som ble bygd ble derfor høyere enn forventet og ville derfor ikke lønne seg for Contiga. Geometridataen fra Tekla Structures modellen ble heller ikke benyttet som ønsket.

Et verktøy som videre vil være nyttig å ta i bruk er en komponent utarbeidet av konstruktør hos COWI. Her har en av deres ansatte laget en komponent som skal kunne gi ut all geometridata på standard trappeløp gjengitt i en tabell. Se Figur 7-9 Den geometriske informasjonen kan også lastes ned i regnearkformat, f.eks. .xls, se Figur 7-10, og på denne måten kan dimensjoner og geometri sammenlignes i større grad.



Figur 7-9: Trappekomponent [40].

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	TRAPP INFO																						
2																							
3	Prosjekt:	Project Name																					
4	Prosjektnr:	123																					
5																							
6	Utsendt av:																						
7	Førs. nr:																						
8	Dato:	#####																					
9																							
10	-----																						
11	BESKRIVELSE	TEGNING			PLASSERING			FORM															
12	-----																						
13	Beskrivelse	Prod.-kode	Pos.	Tegn.no	Rev.	Element-plassering	Akse	OK-kote	Lengde	Inn-trinn	Opp-trinn	Ant. trinn	Kjellerløp	Vange T	Tot. T	Bredde	Bunn Trinn L	Bunn Trinn H	Bunn Nese HxL	Topp Trinn L	Topp Trinn H	Topp Nese HxL	Skrå-mål
14	-----																						
15	BETONGTFF TX	TX-4(?)				Phase 1 D-E/K-1	000.600	1815	300	120.0	6	JA	200	311	1200	280	160	0x0	335	241	110x100	1515	
16	-----																						
17	BETONGTFF TX	TX-4(?)				Phase 1 D-E/1-2	001.190	2250	280	170.0	8	JA	150	295	1200	280	160	0x0	290	230	110x100	2250	
18	-----																						
19	BETONGTFF TX	TX-4(?)				Phase 1 D-E/1-2	001.360	2530	280	170.0	8	NEI	150	295	1200	280	230	110x100	290	230	110x100	2620	
20	-----																						

Figur 7-10: Geometriske data gjengitt i .xls format [40].

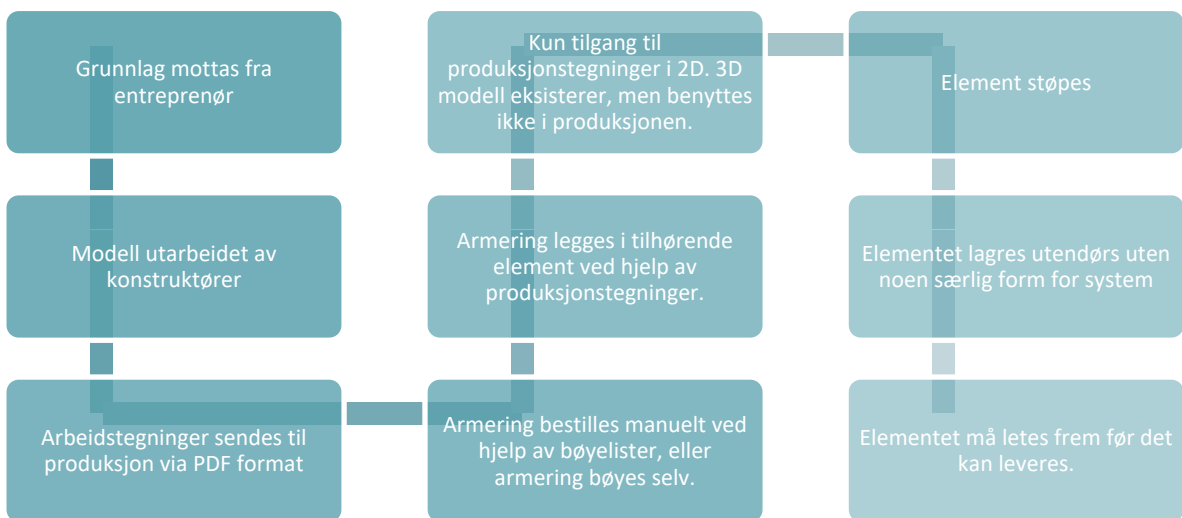
7.3 Prosjekterings- og produksjonsprosesser

Et ønske om å igangsette nye prosesser i forhold til BIM må starte hos lederne. Fabrikksjef er opptatt av å informere de ansatte om mål og endringer, og målsetting omkring BIM og Lean.

For å implementere CNC styrte prosesser må det tidlig kommuniseres ut til de ansatte hva målet med prosessen er, og ha en klarhet og enighet om hva denne felles prosessen skal innebære. Det er også viktig å kommunisere hvilke forutsetninger det krever, og hva forventinger og ambisjoner ledelsen og fabrikkjef har.

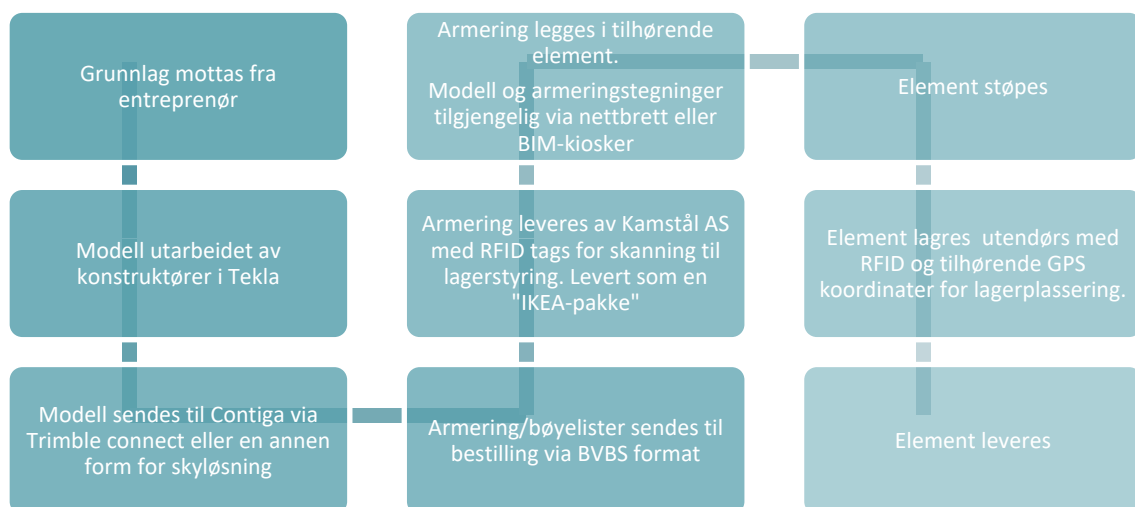
Gjennom casestudiet er det blitt observert hvordan prosjekteringsprosessen tar form.

Prosjekteringen foregår i hovedsak hos konstruktørene hos COWI. Ved oppstart av et nytt prosjekt innhentes informasjon fra prosjekthotellet til aktuell entreprenør, og det opprettes eget prosjekt hos COWI. For å vise prosessen mer visuelt er det laget et "kart" over prosjekteringsprosessen som vist på Figur 7-11.



Figur 7-11: Prosesskart over dagen prosjekterings- og produksjonsprosesser [11].

I Figur 7-11 vises en oversikt over produksjonen i dag, mens Figur 7-12 viser en ønsket produksjon. I Tabell 7-1 er det beskrevet hvordan prosessene fungerer i dag, konvensjonell armeringsprosess og hvordan prosessen kan fungere med tegningsløs armering.



Figur 7-12 Prosesskart over fremtidig prosjekterings- og produksjonsprosesser [11].

	Konvensjonell armeringsprosess	Tegningsløs armeringsprosess
1	Grunnlag mottas fra entreprenør, ofte på et prosjekthotell hvor RIB får tilgang til modeller fra andre fag som ARK, RIE, RIB etc.	Viktig at prosjekthotellet som benyttes gir tilgang til oppdateringer av modell, og at alle har tilgang
2	Modell utarbeides av konstruktør fra Contiga eller COWI i programvaren Tekla Structures. Her modelleres også alt av armering.	Modellen inneholder allerede all nødvendig informasjon for en digital armeringsprosess
3	Modell sendes så videre til godkjenning hos oppdragsgiver. Etter godkjenning sendes arbeidstegninger til Contiga for produksjon via PDF.	En arbeidstegning i 2D format, altså som en PDF, gir et dårlig helhetsinntrykk av hva som skal produseres. Dersom modellen hadde blitt sendt via en skyløsning, ville produksjonen hatt tilgang til modell som er mer informasjonsrik, og som gir en bedre visuell oversikt.
4	Armering bestilles ved hjelp av den konvensjonelle armeringsprosessen som går ut på at RIB produserer en manuell bøyeliste som sendes videre for bestilling.	Ved manuelle inntastinger kan flere feil oppstå. Det brukes gjerne ulike systemer, hvor informasjon fra et ledd til et annet kan misforstås eller feil inntasting kan skje. Dersom bestilling hadde blitt gjort direkte fra modell ville all nødvendig og riktig informasjon vært tilgjengelig. Kamstål AS benytter seg i dag av L&P systems som benytter seg av BVBS formatet, som beskrevet i kap 3.4.2.
5	Armering legges i tilhørende element. Mye kapp gjøres selv, som kan føre til feilkapp.	Ved levering av en "IKEA-pakke" vil all riktig armering ligge klar for rett element, all armering er i tillegg registrert inn på lager via RFID skanning.
6	Ved legging av armering er det kun tilgang til arbeidstegninger i produksjonen.	Ved spørsmål kan modell sjekkes på nettbrett eller BIM-kiosk. Ved tilgang til modell vil mye misforståelser og spørsmål knyttet til element forsvinne.
7	Element støpes	
8	Elementet lagres utendørs uten noen særlig form for system	Element lagres utendørs med RFID og tilhørende GPS koordinater for lagerplassering.
9	Element skal leveres, siden det ikke er noe særlig system på lagerplassering må dette letes frem.	Element kan leveres. Ved hjelp av GPS koordinater eller aksesystem finnes elementet enkelt frem.

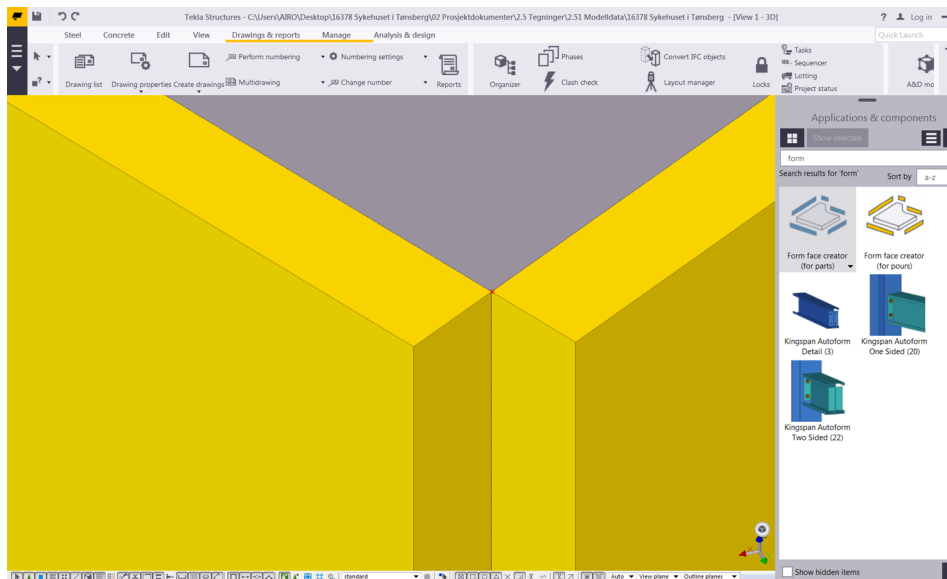
Tabell 7-1: konvensjonell armeringsprosess vs. Tegningsløs armering

7.3.1 Programvare

Det ble testet ut flere funksjoner i Tekla Structures som skulle være med på å forenkle arbeidet. Dette var Trimble Connect, Form face creator og task manger. Bruksområde og funksjon er beskrevet i teorikapittelet 3.3 Programvare.

Form face creator

Som et forsøk på å kunne legge inn forskaling i komponent ble *form face creator* benyttet. Dette er en komponent i Tekla Structures som lager et lag rundt betongkonstruksjonen. Målet var at geometri skulle kunne eksporteres fra komponent til evt CNC maskin. Dessverre hadde komponenten fortsatt et par mangler. Hjørnene på komponenten "lapper" hverandre ikke, så den gir ikke ut riktige mål for bygging av former. Se Figur 7-13 .



Figur 7-13: Feil i form face creator [11].

Trimble connect

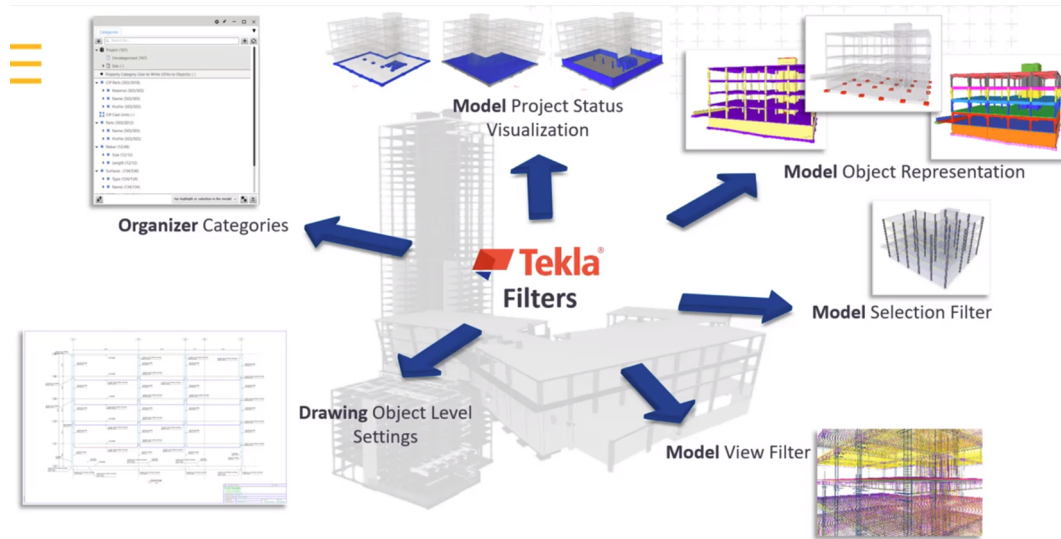
Trimble connect er en nettbasert plattform for samarbeid med prosjektering, produksjon og forvaltning av bygninger. Trimble Connect ble testet ut som en samarbeidsplattform for dette prosjektet, men hadde ikke de rette funksjonene, så det ble ikke brukt videre. Trimble Connect kan benyttes til tverrfaglig koordinering mellom aktører, den støtter de fleste filformater, du kan navigere i modeller og fungerer som et webhotell for lagring og arkivering av dokumenter. Ønsket til COWI og Contiga var å benytte seg av en felles plattform hvor modell kunne redigeres og sette status på byggetrinn;

- **Grønt** for ferdig
- **Gult** for påbegynt
- **Rødt** for ikke startet

Funksjonene var derimot å finne i model sharing, samarbeidsmodelleringsverktøyet til Tekla Structures, og ble derfor benyttet som felles plattform. Applikasjonen Trimble Connect er derimot aktuell med større prosjekter, hvor flere fag er involvert så det kan benyttes som et webhotell.

Task manger

Task manager ble ikke benyttet i prøveprosjektet, men det ble sett på hvilke muligheter som kan benyttes med tiden. 4D planlegging i modell er et av områdene som har vært mest aktuelle med dette verktøyet, men å benytte seg av filter er også noe som kan være med på å gjøre samhandlingen i modellen bedre. Med å legge like oppgaver, eller objekter, i samme filter vil planlegging og organiseringen i modell være mye mer effektivt. På Figur 7-14 kan vi se ulike sorteringer og bruk av filter.



Figur 7-14: Tekla Filters [41].

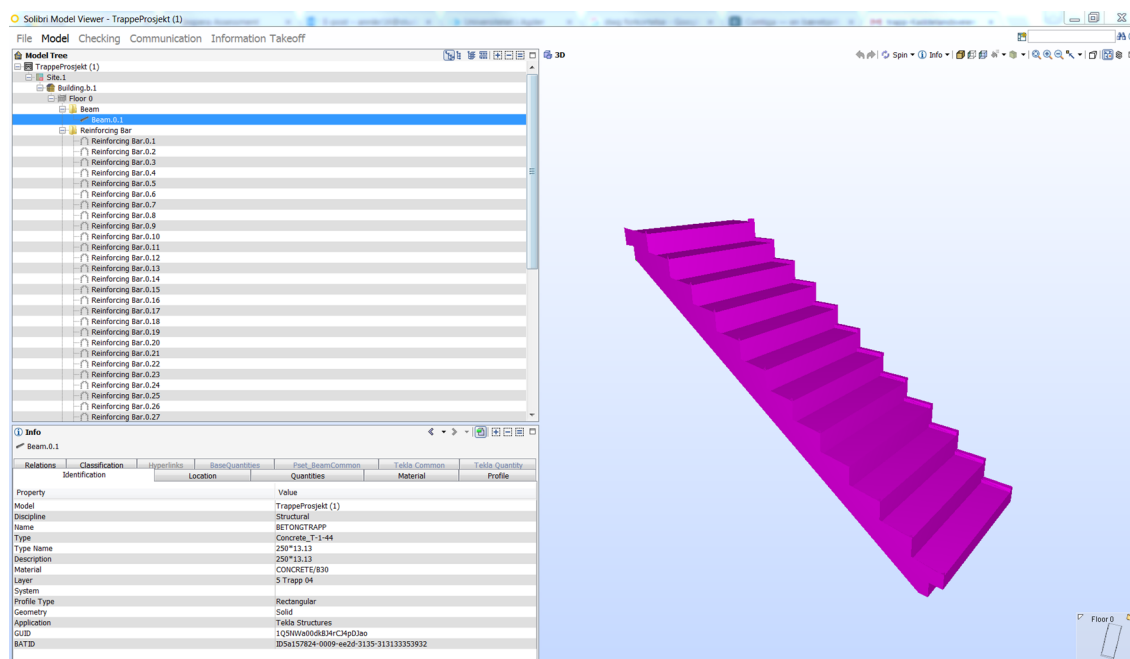
8 Diskusjon

8.1 BIM i Contiga

Contiga ønsker å satse på økt standardisering, og som beskrevet i casestudiet blir en trappeform benyttet fra 6-14 ganger, og en reposform fra 10-12 ganger. Tommy Svensson, fabrikkssjef forteller at en form kan benyttes opp til 30 ganger. Det betyr at det er stort potensiale for å få brukt formene flere ganger. Med en standardisering av trapper og repos, og kunne benytte formene om igjen så mange ganger som mulig vil spare både produsent og kunde enorme kostnader.

Som et resultat på dette er det blitt laget en komponent, se kapittel 7.2, som henter ut geometrien til trappen. Denne geometrien inneholder blant annet inntrinn, opptrinn, bredde og lengde.

Dimensjonene vil bedre kunne sammenlignes, og formene vil kunne brukes om igjen med små justeringer. Med økt standardisering vil rutiner i arbeider være lettere, og tekniske spesifikasjoner og krav vil oppfylles sikres.



Tabell 8-1: Trappemodell fra Tekla visst som IFC [11].

8.2 Prosjekterings- og produksjonsprosesser

Prosjekteringsfasen er en av de viktigste fasene for prefabrikkering. Nøyaktigheten til modellene er det som gjør prefabrikkering mulig. Et stort ønske er å få til både prefabrikkert forskaling og armering. Kamstål, som var nyetablert i 2016, har bygget opp hele sin produksjon tilrettelagt for å hente armeringsinformasjon direkte fra modell. På denne måten er vi i gang med å få til en tegningsløs armeringsprosess.

Ved en prosjekterings- og produksjonsprosess som benytter seg av tegningsløs armering, eller digital armering, vil noen av fordelene være [29]:

- Bedre kommunikasjon og økt forståelse rundt det som bygges
- Høyere kvalitet på underlaget som leveres fra konstruktør
- Økt effektivitet og bedre økonomi
- Riktige bestillinger og leveranser til rett tid

For å benytte seg av nye prosjekteringsmetoder er kommunikasjon en avgjørende faktor. Det må være klare forventninger til hvordan prosjekter skal gjennomføres, og hvilke plattformer som skal brukes. Det vil bli større krav til planlegging og det å benytte seg av digitale verktøy for systematisk ferdigstilling vil sammen med mer omfattende bruk av BIM i planleggings- og byggefasen gjøre oss enda mer papirløse.

I prosjekteringsfasen hos konstruktørene hos både COWI og Contiga blir modellene utarbeidet med detaljer og informasjon som kan benyttes direkte videre til en digital armeringsprosess. Alt ligger dermed tilrettelagt for å få i gang en tegningsløs armeringsprosess, det er kun rutiner som må endres på. For en CNC styrt fresemaskin til armering er det fortsatt litt flere ting som må på plass. Da PERI ikke benyttet seg av Tekla Structures, men egne programvarer blir timebruken for høy til at det vil være lønnsomt å outsource denne prosessen. Ved bruk av f.eks. egen CNC-styrt fresemaskin vil man ved bruk av komponenten beskrevet i kapittel 7.2 kunne hente ut nødvendig geometri av trappen, eller andre elementer, og selv programmere maskinen til å frese ut former.

I produksjonsfasen vil sømløs informasjon fra prosjekteringer overføres direkte videre til produksjon hvor arbeiderne i produksjonen har tilgang til BIM modell med all nødvendig informasjon. Ved bruk av visualiseringsverktøy i BIM programvare vil også usikkerheter kunne avklares ved å se i modellen.

8.3 Tegningsløs armering

Bruken av tegningsløs armering viser definitivt gode resultater. Det er både tidsbesparende og kostnadsbesparende. Men det krever en stor endring i måten å arbeide på. De fleste aktører er for godt kjent med 2D metoden å løse armeringstegninger og bøyelister på. Å benytte seg av digital armering/ tegningsløs armering krever at alle parter i prosessen er med på det, både RIB, entreprenør og leverandør. Tradisjonelle armeringstegninger kan være vanskelige å tyde, men ved bruk av 3D armering blir jobben oversiktlig, og man unngår flere feil både i prosjektering og bygging.

Kamstål- armeringsleveandør

Etter en tur til Stavanger, og Kamstål AS sitter jeg igjen med et inntrykk av at det er mye ubrukt potensiale i armeringsbransjen. Per dags dato er det bare én RIB i Rogalandsområde som leverer armering via modell. Dette gjør både at Kamstål mister mye av sitt potensiale, men også vanskeligere for å utvikle seg videre. Mye av problemet ligger i at det ikke stilles krav til levering i f.eks. BVBS format i kontrakter.

Det finnes både utfordringer og fordeler ved å benytte seg av tegningsløs armering, Erlend Kaldestad oppsummerer noen punkter i sin oppgave om "Samhandlingsprosesser med digital armering" [29]. Erlend Kaldestad har et tett samarbeid med Kamstål, og ønsker å forbedre prosessene mellom RIB, leverandør og entreprenør.

Utfordringer

Armering i en BIM programvare gir mindre rom for prinsippdetaljer og forenklinger. All armering må modelleres eksakt og inneholde nødvendig informasjon. Det er flere utfordringer knyttet mot å modellere armeringen fremfor å produsere de konvensjonelle armeringstegningene. Blant annet [29]:

- *Tid:* Mange vil mene at armering i BIM vil ta lengre tid fremfor tradisjonelle tegninger. I en oppstartsperiode er det ikke urimelig å tenke at timeforbruket vil gå opp ved å endre på leveransen. Nye rutiner skal etableres, det kreves mer tid til opplæring i bruk av programvare og kvalitetssystemer må endres.
- *Pålitelighet og kvalitetssikring av modeller:* Det knyttes noen utfordringer til at programvaren overtar deler av den daglige rutinen med å utarbeide et underlag. Modellen vil inneholde langt flere parametere og informasjon enn en 2D tegning, og uten gode kvalitetssystemer vil det være vanskelig å fange opp informasjon som normalt ville vært utelatt fra underlaget.
- *Ansvarsforhold:* I de tilfeller hvor flere i prosjektet jobber i samme modell, vil det være nødvendig å trekke noen klare linjer mellom hvor grensesnittet og ansvarsforholdene ligger.
- *Krav til kompetanse:* Alle involverte i prosjektet må ha tilstrekkelig kompetanse for å håndtere modeller. Ulike prosjekter vil bruke ulike plattformsløsninger og programvarer, og dette vil bidra til utfordringen med kjennskap til programvare.

Fordeler

Selv om overgangen fra konvensjonelle armeringsprosesser til digital armeringsprosess byr på utfordringer, gir det også mange fordeler. Erlend Kaldestad påpeker punkter som kan bidra til å skape gevinst i et prosjekt og bedre samhandlingen mellom aktørene [29]:

- Økt kvalitet på underlaget fra RIB
 1. Vil gi et mer nøyaktig underlag
 2. Gjennom regelsjekker og kollisjonskontroller vil kvaliteten bli sikret.
 3. Vanskelige løsninger vil kunne lukes ut.
- Gjenbruk av løsninger
- Forståelse for det som skal produseres vil økes.
- Vil unngå menneskelige feilkilder når informasjon gjengis i manuelle tastetrykk

For å sikre et godt resultat avhenges det av valgene og beslutningene som tas. Det må tas hensyn til valg av [29]:

- Programvare
- Samhandlingsverktøy
- Formater som skal leveres
- Rollefordeling / Ansvarsfordeling

Typiske roller/ansvar som må fordeles er [29]:

- Hvem tegner armeringen
- Hvem gjør bestillingen
- Lese- og skriverrettigheter i modell
- Hvordan parametere påføres
- Hvilket oppsett parameterne skal følge
- Hvem som holder oversikt over armeringen

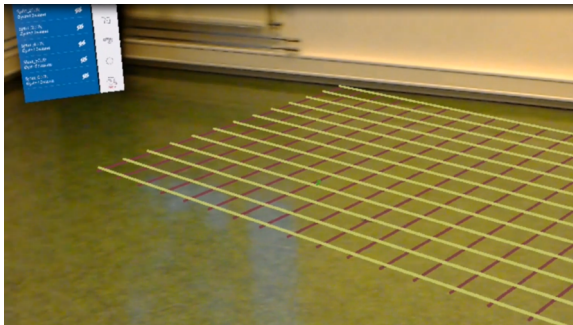
8.3.1 IKEA-løsning

Det har i samarbeidsmøter blitt diskutert at det ønskes et såkalt "IKEA-byggesett" løsning for forskaling og armering. Det er et ønske at forskaling og armering skal leveres i "pakker" som kommer ferdig kuttet og tilpasset elementet som skal støpes. Pakkene skannes inn på lager, gjerne med RFID. Da elementer skal støpes vil forskaling og armering ligge klart og være ferdig. På denne måten vil man unngå feilkapp, venting på maskiner og mindre gåing i produksjonshallen, noe som også fører til økt HMS.

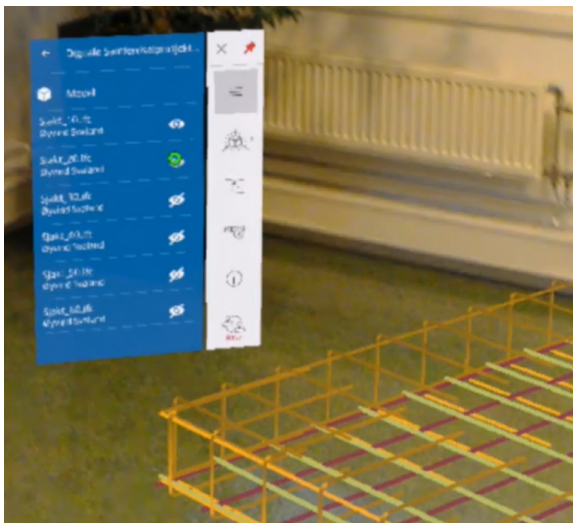
8.3.2 AR som bruksanvisning

Videre på Ideen om IKEA-løsning kan AR brillene brukes som en visuell bruksanvisning. Per dags dato legges alt av armering ut ifra 2D tegninger, og ved eventuelle usikkerheter har de ingen modell som de kan sjekke opp mot. Det hadde vært til stor nytte og hatt en BIM-kiosk, eller bare ipad tilgjengelig med modell, dersom forvirring skulle oppstå.

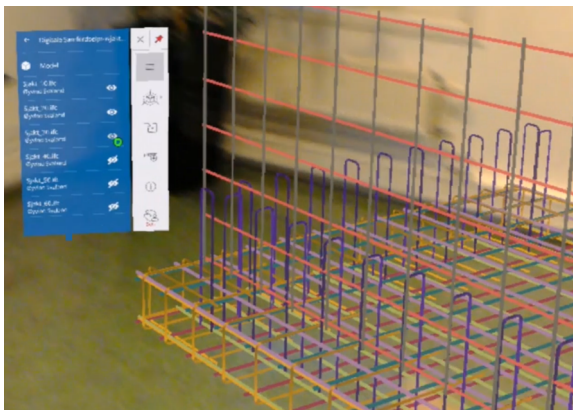
På Figur 8-1 til Figur 8-3 er det demonstrert "AR arbeidspakke" for armering. Video er tilsendt av Øyvind Svaland. Dette kan ses på som en slags bruksanvisning hvor filter kan skrur av og på ved den virtuelle PC-skjermen til venstre i bildet, og dermed lagvis vise hvordan armeringen skal ligge. Illustrasjonene Figur 8-1, Figur 8-2 og Figur 8-3 er fra tilsendt video, og er brukt med tillatelse fra Øyvind Svaland.



Figur 8-1: AR arbeidspakke trinn 1.



Figur 8-2: AR arbeidspakke trinn 2.



Figur 8-3: AR arbeidspakke trinn 3.

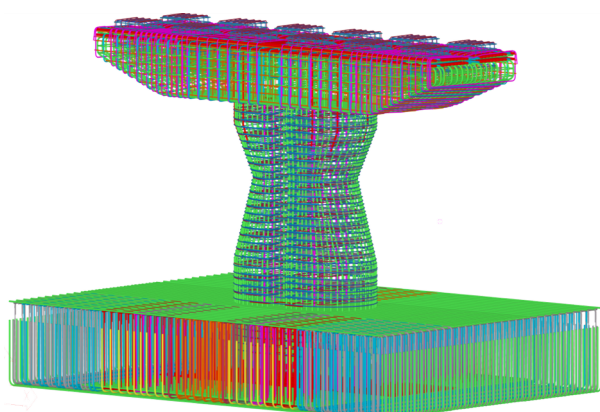
8.4 AR og MR i produksjon

Som nevnt i kapittel 3.4.1 så har AR, også kalt utvidet virkelighet, begynt å revolusjonere byggindustrien. Verktøyet skal kunne benyttes til både montering og kvalitetssikring. Det er delte meninger om i hvor stor grad AR vil påvirke arbeidsmetodene i bransjen, men at det vil få en stor innvirkning er sikkert.

Det er ikke lenge siden det ble skrevet av virtuell virkelighet vil være med å revolusjonere byggebransjen. Men at det per dags dato allerede skulle være tatt i bruk i pilotprosjekter var mange skeptiske til for et par år siden. AR og HoloLens blir stadig mer brukt i byggindustrien, spesielt på byggeplassen. På flere byggeplasser kan arbeideren nå se armeringen før den er der. Det har allerede i Sverige blitt gjennomført pilotprosjekt som dreier seg om armeringsjern og ble gjennomført under byggingen av et forskningscenter i Lund i mai 2017. Ved hjelp av de virtuelle brillene vil arbeiderne kunne se akkurat hvor armeringen skal plasseres før den i det hele tatt har ankommet byggeplassen [42].

Ved bruk av AR og MR gis det et helt annet inntrykk av oppgaven og en umiddelbar forståelse. Ved bruk av en digital tvilling vil Contiga kunne benytte dette verktøyet for å kvalitetssikre og kontrollere at riktig armering er lagt på riktig plass. Ved bruk av 1:1 målestokk vil man også kunne se om det er riktig dimensjon og lengde på armeringen som ligger der.

Det er fortsatt mangler som informasjon om posisjonsnummer, vekt, c/c osv. Så det er potensialer for forbedring, men den digitale tvillingen vil gi en helt annen forståelse av ingeniørens grunnlag [26]. På Figur 8-4 , Figur 8-5 og Figur 8-6 kan vi se den virtuelle modellen og hva som faktisk er armert. Siden HoloLens også gir deg mulighet til å plassere din BIM-modell riktig i forhold til virkeligheten og Trimble Connect har fått mulighet til å vise informasjonen som ligger på IFC modellen så kan MR brukes til å gi enda bedre forståelse av oppgaven [26].



Figur 8-6: Digital tvilling [43]



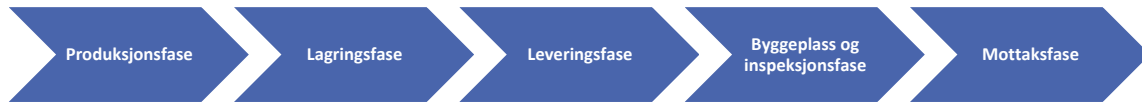
Figur 8-4: Armert etter BIM modell [43].



Figur 8-5: Ferdig armering transporteres [43].

8.5 Lagerstyring med RFID

I løpet av 2018 ønsker Tommy Svensson, fabrikk sjef og Contiga å få til en bedre lagerstyring av elementene. Elementene lagres utendørs, og det er en flaskehals at de ikke lagres i noen system. En løsning på dette ville være å få til et akse- eller koordinatsystem på lagerplassen, og at produkter ligger inne med informasjon hvor dette er lokalisert. Fra kapittel 3.4.3 er det beskrevet hvordan lagerstyring kan fungere med RFID tags. RFID tagen vil følge hele produktets levetid.



Figur 8-7: Lagerstyring med RFID [11].

Produksjonsfase

I produksjonsfasen diskuterer leverandøren først hvilken komponent som skal spores eller overvåkes hos entreprenøren/kunden. Etter komponenten er designet til å spores og overvåkes for prosjektkontroll, blir komponenten skannet med en RFID-tag for å angi portalinformasjonen. Også entreprenøren/kunden kan følge den oppdaterte produksjonsplanen direkte fra portalen [30].

Lagringsfase

Under lagringsfasen produseres de prefabrikkerte elementene og lagrer den i inventarlisten før den leveres til byggeplassen. I tillegg bruker leverandøren sin RFID-aktiverte PDA for å skanne den ferdige komponenten i inventaret. Dataene i RFID-aktiverte PDA brukes til å synkronisere oppdateringen av data / informasjonen til portalen, og den som har bestilt varen, kan nå se at elementet er produsert og under statusen "Inventory" [30]. Å etablere et akse- eller koordinatsystem for å bestemme hvor elementet skal ligge vil også være gunstig, da det som nevnt i casen ble problemer med å finne igjen elementer under snøen. Ved å vite koordinater eller akser hvor elementene ligger unngår de å måtte grave frem flere lass med snø for å finne riktig element.

Leveringsfase

Personalet bruker RFID-aktivert PDA for å skanne RFID-koder og velger status når det prefabrikkerte elementet er klar for levering til byggeplassen. Dataene i den RFID-aktiverte PDA oppdaterer data/informasjon til portalen og den entreprenøren/kunden er informert om å oppdatere statusen til den prefabrikkerte elementet for å starte levering [30].

Byggeplass og inspeksjonsfase

Når elementet er levert til byggeplassen, vil ingeniørene på stedet skanne RFID-taggen for å oppdatere leveranse statusen. RFID-aktivert PDA viser komponenten og sjekklisteinformasjon for hvert element. På stedet kan ingeniører skrive inn resultatet av inspeksjon og redigere beskrivelsen i PDA og gi den oppdaterte informasjonen til portalen [30].

I mellomtiden sender systemet automatisk en alarm melding til prosjektlederen for å sjekke den oppdaterte informasjonen. I tillegg kan leverandøren komme inn i portalen og sjekke komponenten at den er blitt levert hvor den skal [30].

Mottaksfase

Etter at komponenten er levert til byggeplassen, må ingeniøren kontrollere komponentkvaliteten, og deretter registrere resultatet via RFID-aktivert PDA. Den oppdaterte statusen vil sendes til portalen, og tillater lederen til kontraktøren eller leverandørene å sjekke prosessen [30].

8.6 Kommunikasjon

Nøkkelen til alt ligger i kommunikasjon og samhandling. Ved bedre samhandling, og tidligere involvering vil samarbeidet kunne gå lettere. Kamstål AS ønsker tidligere involvering i prosjekteringen. For deres del kan armering i underkant blitt produsert i en omgang, og i overkant i neste. De har også flere forslag til hvordan armeringen kan bli modellert i modell, og gjøre arbeidet lettere for både prosjektering, produksjon og jernbinderene.

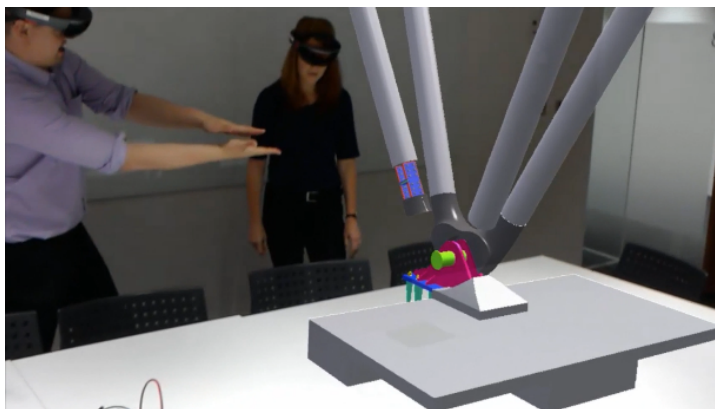
Som beskrevet i kapittel 3.3.2 så kan man jobbe på samme modell fra forskjellige steder i verden via *model sharing*. Det er ikke bare måten vi arbeider på som har endret seg, måten vi kommuniserer og samhandler på er også i stor grad på vei til å endre seg.

Kommunikasjon med AR

I dag kan vi diskutere og se på samme modell fra flere forskjellige steder i verden når vi bruker Microsoft HoloLens. Ved bruk av AR teknologi kan man være på flere steder i verden, men samtidig peke på, og diskutere i samme modell. På Figur 8-8 og Figur 8-9 kan vi se bruken av HoloLens. Illustrasjonene Figur 8-8 og Figur 8-9 er fra tilsendt video, og er brukt med tillatelse fra Øyvind Svaland.



Figur 8-8: Kommunikasjon ved bruk av hologram.



Figur 8-9: Bruk av hololens og AR.

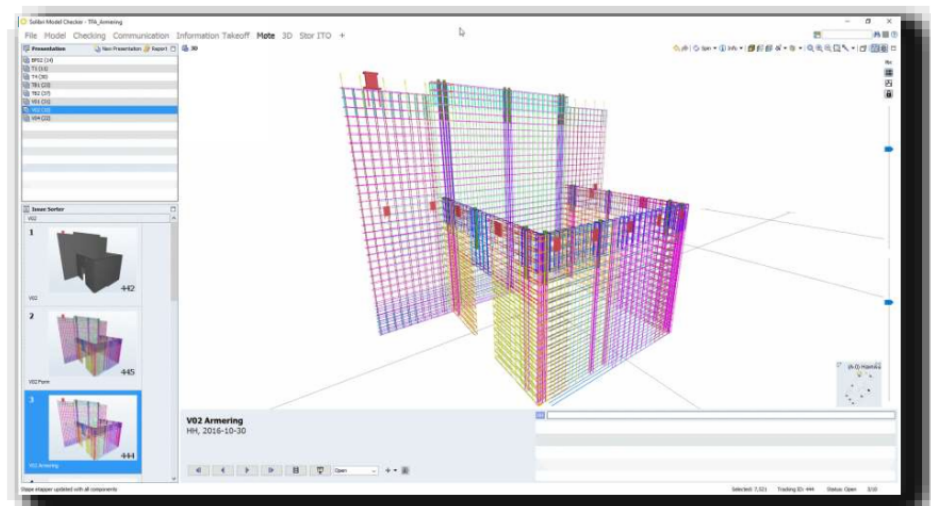
Kommunikasjon med video og BIM kiosk

Det er vanskelig å få tak i norske jernbindere, og Contiga benytter seg dermed av mye utenlandsk arbeidskraft. Dette gjør også at det mye forskjellig språk og kulturforskjeller på arbeiderene. Det jobbes stadig med å etablere standard arbeidsmetoder for å sikre god opplæring og gode rutiner. For å kunne kommunisere ut arbeidsmetoder, rutiner og nødvendig verneutstyr så benytter Contiga seg av videosnutter. På denne måten vil alle arbeidere, uavhengig av språk forstå arbeidsrutinene ifølge fabrikkseier Tommy Svensson.

Ved bruk av videokommunikasjon, og bruk av modell i produksjon vil det være nyttig å benytte seg av BIM kiosk som produksjonsunderlag. Ved å benytte seg av BIM kiosk vil dialogen mellom prosjektering og produksjon bedres, og det vil forekomme færre misforståelser om hva som skal produseres. Ved bruk av produksjonsunderlag på BIM kiosk vil du både få en oversikt over hva som faktisk skal bygges sammen med bøyeliste og leggeplan. Videre vil du også kunne få informasjon om sammenstilling, støpe etapper, form og armering. Se Figur 8-10.

Produksjonsunderlag på BIM kiosk

- Oversikt
- Bøyeliste
- Leggeplan
- Informasjon
- Sammenstilling
- Støpe etappe
- Form
- Armering



Figur 8-10: Produksjonsunderlag på BIM kiosk [31].

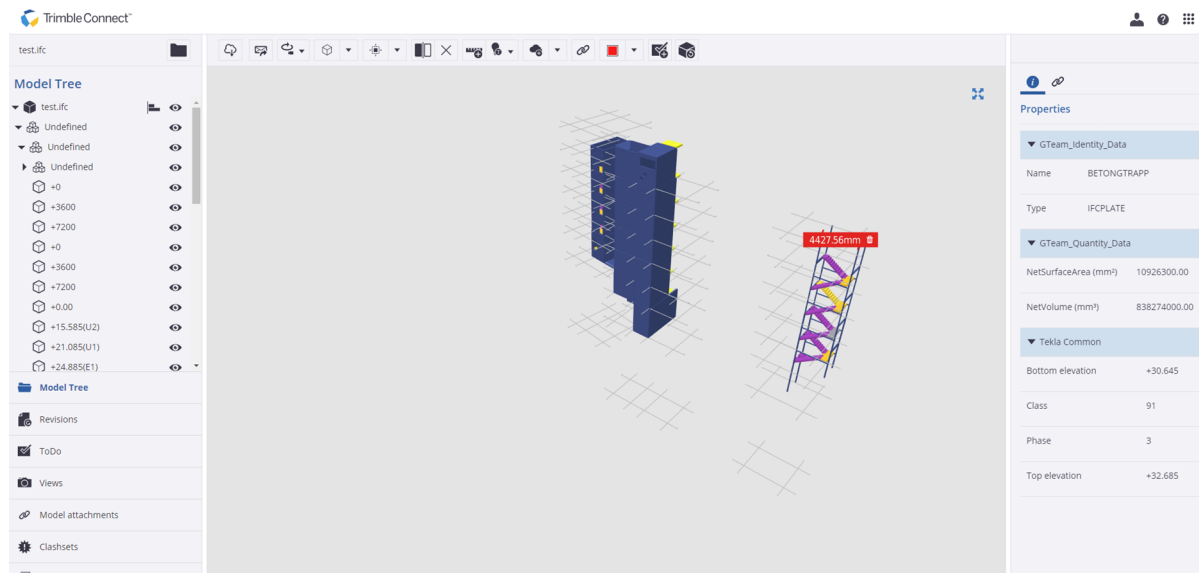
8.7 Programvare

Tekla Structures

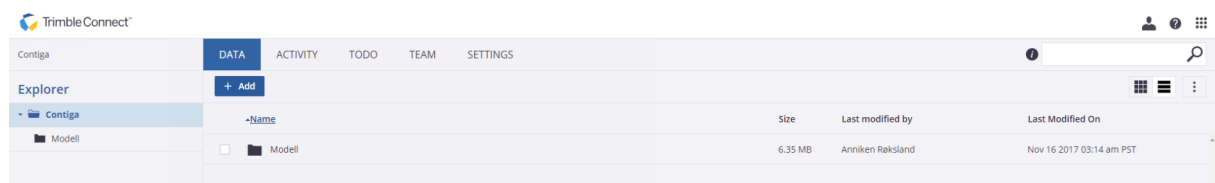
Tekla Structures kommer stadig med nye versjoner, og med nye versjoner kommer nye nyttige funksjoner også. En del av funksjonene som er blitt diskutert, blant annet statusoppdatering i modell med organizer eller view filter lar seg bare gjøre i 2017 versjonen eller nyere. Contiga sør har nylig inngått et felles system med Contiga øst, materialplanleggningssystemet IFS. Contiga øst har valgt å gå tilbake i versjon fra 21.1 til 21.0 istedenfor å benytte seg av 2017 versjonen. Dette gjør at mange funksjoner i programmet mistes. Prøveprosjektet ble derfor valgt å gjennomføres i 2017 versjonen av Tekla Structures for å kunne dra nytte av flere funksjoner.

Trimble connect

Trimble Connect fungerer utmerket som et webhotell, og vil for en entreprenør være et godt verktøy å bruke. I dette prosjektet ønsket de involverte å benytte den felles plattformen til å kunne redigere modell, og hente ut nødvendig informasjon om geometri og armering.



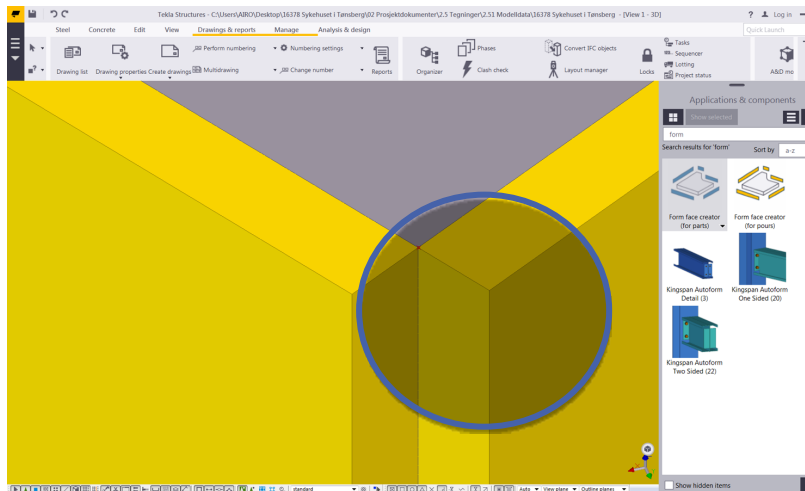
Figur 8-11: Modell fra Tekla Structures vist i Trimble Connect [11].



Figur 8-12: Trimble Connect som prosjekthotell [11].

Form face creator

I kapittel 7.3.1 er det beskrevet bruken av form face creator. Det er ønske om å hente ut geometrien for betongelementene for å kunne lage prefabrikkerte forskalingsformer. Et forsøk på dette var ved å benytte seg av funksjonen for "form face creator", funksjonen lagde et «skall» rundt elementet. Komponenten ble testet ut, men kunne ikke brukes videre på grunn av feil i komponenten på hjørnene på elementene. Se Figur 8-13. Det var også usikkert på hvordan geometriens informasjon ville samhandle med CNC fresemaskinen til Peri.



Figur 8-13: Begrensning i «form face creator» [11].

Men å hente ut geometrien for forskalingen viser å allikevel la seg gjøre. I kapittel 7.2 beskrives en komponent laget av en av Cowis ansatte. Komponenten har enda ikke blitt testet ut sammen med en evt CNC maskin, men på grunn av den lette tilgangen til informasjon om inntrinn, opptrinn etc vil det være lettere når former skal bygges å se hvilke andre trapper som formen kan brukes om igjen til.

Task manager

Task manager ble sett på som et aktuelt 4D planleggingsverktøy. På grunn av mangel på tid ble ikke benyttet i prøveprosjekt, men Contiga ønsker å få til 4D planlegging senere. Task manager kan benyttes til mer enn bare planleggingsverktøy også. Som nevnt i resultatkapittelet 7.3.1 kan objekter og oppgaver deles inn i egne definerte filtre. Ved bruk i planleggingsfasen kan objektene for eksempel deles inn etter byggetrinn, fagfelt eller akser.

8.8 HMS

HMS er en viktig faktor i de fleste produksjoner. Ved bruk av BM er derfor også HMS en viktig faktor i implementeringen.

HMS i Prosjekteringsprosesser

Ved bruk av 4D simulering vil man kunne oppdage aktiviteter som foregår ved å se dem visuelt. På denne måten kan det oppdages om det er noen aktiviteter som foregår parallelt som kan forårsake skade for andre. Uten denne visualiseringen ved bruk av tid og 3D modell vil det være vanskelig å evaluere sikkerhetsforholdene, og se farer som kanskje ellers ikke ville vært sett før man er ute på byggeplassen.

For å holde tritt med endringene som BIM medfører, investerer Construction Division of HSE, tid og forskning til å forstå hvordan moderne teknologi kan gi nytte til Helse, Miljø og Sikkerhet. Noen av punktene som bør nevnes for økt HMS er [44]:

- Å kommunisere i modell hjelper ingeniørene å identifisere og redusere risikoen ved planlegging.
- Modellering av byggeplassen bidrar til å planlegge logistikk, sikre god tilgang og utgang, og få kontroll over sikkerhetsrisikoen.
- Å legge inn tidslinje og animerte sekvenser, som ved 4D modellering, vil hjelpe til med planlegging av byggefaser, og unngå kollisjoner under bygging.
- Samarbeidsrevurderinger mellom klienter, designere og konstruktører før du starter arbeidet på byggeplassen, kan være med på å identifisere problemer og måter å redusere byggetiden på.

HMS i Produksjonsprosesser

I produksjonen hos Contiga foregår det mye tungt arbeid. Armering bøyes og forskaling kappes selv. Dette er et tungt og belastende arbeid. Det blir også mye gåing frem og tilbake mellom maskinene og arbeidsplassen. Ved mye gange av mange arbeidere kan det fort oppstå uhell og ulykker, fremfor om arbeiderene i stor grad kan arbeide på en plass. Det er også et belastende arbeid med slipping av trappene, så det ses på muligheter for å benytte seg av slipemaskiner.

HMS ved bruk av AR og MR

Brillene vil være med på å revolusjonere byggebransjen, men det er fortsatt en liten vei å gå før brillene vil være et verktøy vi ser på alle byggeplasser. Dette er mye med tanke på HMS rundt brillene, da de ikke er tilpasset HMS utstyret som kreves på byggeplasser enda. Det er flere faktorer som spiller inn når det skal bestemmes om dette er et verktøy som kan brukes. Brillene må være tilpasset hjelmen, og heller ikke for tunge og ha på seg under bruk. En løsning vil kunne være å bruke visiret i hjelmen som AR/MR briller, eller at brillen er designet til å passe inn under visiret. Brillen er enda under utvikling, og dette er et veldig nytt verktøy på markedet, så det kan skje mye på kort tid.

9 Konklusjon

Konklusjonen skal svare på følgende forskerspørsmål:

Med bakgrunn i Lean metodikken og hjelpemidlene som finnes med BIM, hvordan kan dette være med å effektivisere og digitalisere produksjonen av betongelementer?

Intervju og diskusjon med nøkkelpersoner har gitt informasjon og bakgrunn for å kunne svare på delspørsmål én:

Hvilke tiltak kan effektivisere elementproduksjonen ytterligere?

Contiga er i dag den ledende leverandøren av prefabrikkerte betongelementer. Ved hjelp av Lean-metodikken kartlegger de stadig nye områder som kan bidra til effektivisering i produksjonen. Det er gjennom prosjektet blant annet blitt sett på hvilke tiltak som kan effektivisere produksjonen ytterligere. Ved bruk av prefabrikkering av produkter som benyttes i deres produksjon vil selve arbeidstiden i produksjonshallen forkortes betraktelig.

Det er vurdert flere tiltak som kan være med på å effektivisere elementproduksjonen, blant annet:

- Prefabrikkering av forskaling ved bruk av CNC maskin. Ved å benytte geometri informasjonen fra modellen som blir utarbeidet, kan denne brukes til å lage formene.
- Prefabrikkering av armering. All armering blir modellert i modell, og brukes til å videresende bestilling av armering hos Kamstål AS ved bruk av BVBS formatet.
- Ved økt kommunikasjon i modell vil mye tid som går til venting forsvinne langt mer informasjon vil være tilgjengelig for alle som har tilgang til modell.
- Ved bruk av fargekoder for aktiviteter i modell vil status være oversiktlig for alle deltakere i prosjektet.

Under samarbeidsmøtet med Peri og Kamstål AS, og bedriftsmøte hos Kamstål AS fikk jeg en gjennomgang av hvilke forutsetninger som må være til stede for å gjennomføre prøveprosjektet. Disse forutsetningene gir grunnlag for å kunne svare på delspørsmål to:

Hvilke forutsetninger ligger til grunn for gjennomføring av prefabrikkert armering og forskaling ved hjelp av CNC maskin?

For å benytte seg av prefabrikkerte løsninger må modellen være av høy nøyaktighet. Modellen må inneholde riktig informasjon, og programvaren må ha kunne eksportere informasjonen til CNC maskinen. For å benytte seg av prefabrikkert forskaling trengs tilstrekkelig informasjon om geometrien til elementene som skal produseres. Denne geometrien må være overførbar til en CNC maskin eller ha en eksportfunksjon som kan benyttes. Cowi arbeider med økt standardisering av trapp og repos, slik at former kan benyttes flere ganger.

Forutsetningene for bruk av prefabrikkert armering er allerede på plass i Tekla Structures modellene. Armering blir modellert i modell med riktige størrelser og lengder, denne informasjonen kan eksporteres videre til et BVBS format, som kan leses av maskinene til Kamstål AS. For å benytte seg av prefabrikkert armering fra modell i fremtidige prosjekter er Contiga avhengig av en endring i kontrakter, rutiner og arbeidsmetoder.

Intervju med fabrikkssjef har gitt grunnlag og informasjon til å kunne svare på delspørsmål tre:

Hvordan bidrar Lean til økt bruk av BIM?

Contiga har jobbet med Lean i 3-4 år nå, og innarbeidet faste rutiner knyttet til Lean. Ledergruppen samles fire ganger i året for å arbeide videre med Lean metodikken. Contiga jobber mye med 5S, tavlemøter og verdistrømsanalyse. På denne måten får de kartlagt hvilke områder som har forbedringspotensialer. BIM har uendelig med løsninger, og Contiga har fokus på å implementere BIM på flere områder i deres arbeid.

Observasjon, litteraturstudie og intervju med fabrikkssjef har gitt svar på delspørsmål fire:

Hvordan kan de nye arbeidsmetodene være med å bidra i HMS arbeidet?

Det brukes i dag mye tid på bøyning og kutting av armering og forskaling i produksjonen. Dette arbeidet utføres i stor grad av arbeiderne selv. Ved å få levert ferdig kappet armering og forskaling i pakker tilhørende hvert element, som en IKEA løsning, vil mye av arbeid relatert til bøy og kapp forsvinne. Det vil også bli mindre gåing for henting av jern og forskaling, så arbeideren kan i stor grad arbeide på én og samme plass. Med mindre løfting og vandring rundt i produksjonshallen vil det også redusere risikoen for skader.

Litteraturstudie og samtale med nøkkelperson har gitt grunnlag for å svare på delspørsmål fem:

Hvilke andre teknologiske hjelpemidler kan være aktuelle å ta i bruk i elementproduksjonen?

Som nevnt i diskusjonskapittelet er det flere verktøy som kan dras nytte av i elementproduksjonen. For bedre lagerstyring er RFID teknologien til stor nytte, her kan informasjon om både kvantum og lagerplassering legges inn.

AR teknologien er allerede på god vei inn på byggeplassen, men kan også bli et nyttig verktøy for kvalitetssikring og bruksanvisning i elementproduksjonen. Det er i samarbeid med UIA også tenkt på å utvikle en slipemaskin.

De fem underspørsmålene må ses i sammenheng for å svare på det overordnede forskerspørsmålet i denne oppgaven:

Med bakgrunn i Lean metodikken og hjelpemidlene som finnes med BIM, hvordan kan dette være med å effektivisere og digitalisere produksjonen av betongelementer?

- Økt kommunikasjon i modell vil bidra til mindre venting, og raskere kommunikasjon mellom deltakere i prosjektet.
- Ved å benytte geometrien til modellen vil forskaling kunne prefabrikeres.
- Ved økt standardisering vil trappeformene kunne benyttes flere ganger.
- Armering som modelleres i modell vil kunne sendes direkte til Kamstål AS for produksjon ved bruk av BVBS eksport i Tekla Structures. På denne måten vil man slippe å produsere manuelle bøyelister.
- Lean metodikken og forbedringspotensialene som blir kartlagt ved bruk av Lean verktøy som 5S, tavlemøter og verdistrømsanalyse er med på å åpne for BIM implementering på flere områder i arbeidet til Contiga.
- Jo mer prefabrikkert, jo høyere HMS på arbeidsplassen.
- Ved bruk av RFID teknologien vil lagerstyringen bedres.
- AR teknologien vil kunne være et godt verktøy for kvalitetssikring i produksjonen.

10 Anbefalinger

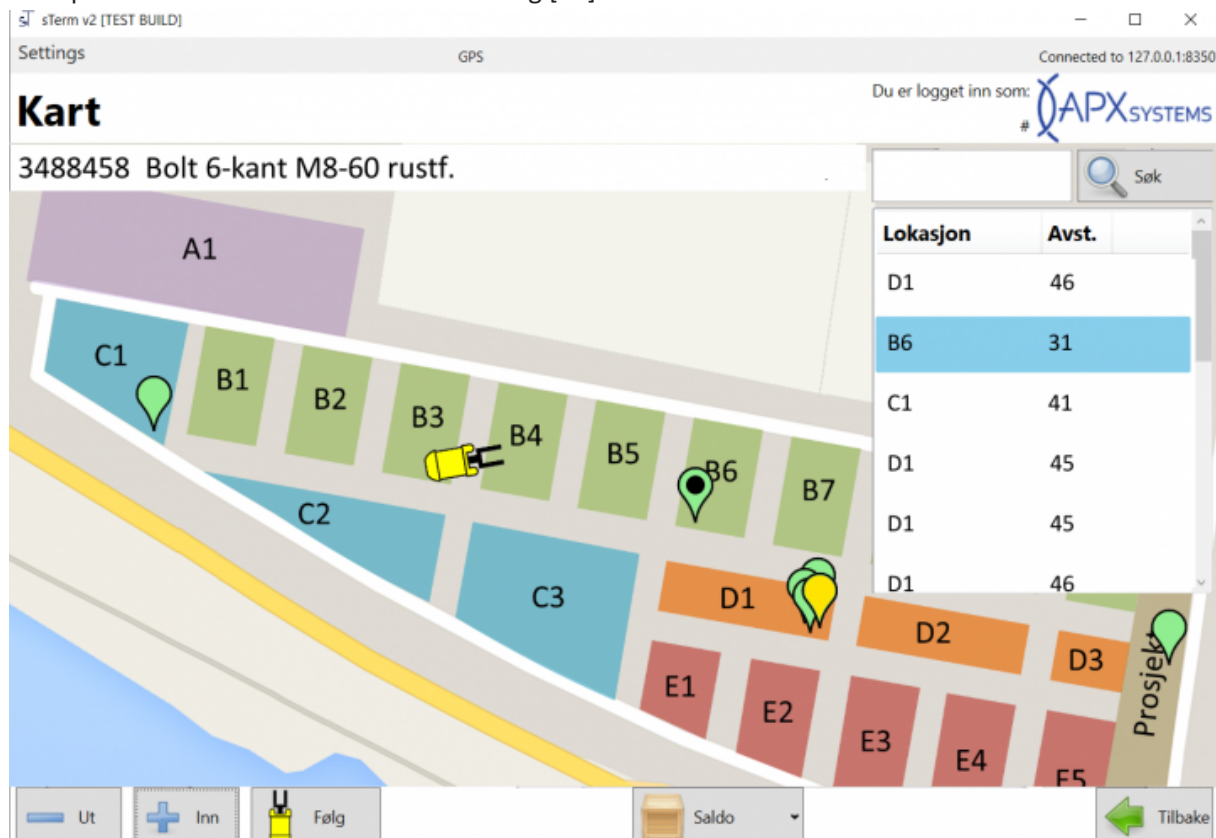
Contiga har allerede kommet godt i gang med et samarbeid med prefabrikkert armering levert av Kamstål AS. Det arbeides med komponenter for å ta ut geometrisk informasjon fra trappene som kan sammenligne inntrinn, opptrinn, bredde og vange. Mange av trappene er av svært like dimensjoner, så dette kan videre benyttes for økt standardisering av trappeformene. Contiga har også vært inne på tanken med å investere i egen CNC maskin. Fra kapittel 7.2 i diskusjonskapittelet er det nevnt at det er blitt lagd en komponent i Tekla Structures til å ta ut geometri/form på betongelementene. Denne funksjonen kan utvikles videre, og tas i bruk som informasjonskilde direkte til CNC maskinen.

Som diskutert i kapittel 8.7, benytter Contiga seg av en eldre versjon av Tekla Structures. For å videre dra mest mulig nytte av Tekla Structures bør de benytte seg av 2017 versjonen eller nyere.

Det ble også testet ut bruk av AR brillene Microsoft HoloLens. Når tegningsløs armering er på plass i produksjonen er det et ønske og mål om å benytte seg av AR briller for verifisering av armering med bruk av fargekoder, grønt for godkjent og rødt for avvik.

Videre så har lagerstyringen store potensialer for forbedring. Ved å benytte seg av RFID tags på produktene vil man ikke bare få en varebeholdning som er digital og alltid oppdatert, men man kan også få en nøyaktig posisjon på hvor elementene ligger.

APX systems leverer systemer for utendørslagring med GPS og RFID. Når varer legges på lager, lagrer man varer med GPS-koordinater [45]. På Figur 10-1 ser vi en oversikt over kartløsning på et lager. Når varer skal hentes ser man hvor trucken befinner seg i sanntid på kartløsningen. Samtidig ser man hvor produktet som skal hentes befinner seg [45].



Figur 10-1: Oversikt kartløsning lager [45].

11 Referanser

- [1] "Om oss," n.d. [Online]. Available: <http://contiga.no/om-oss/>. [Accessed: 01.02.18].
- [2] R.Hall, "For The Technology Investor; The Promise Of Accelerating Growth In Technology," 05.03.12. [Online]. Available: <https://www.investing.com/analysis/for-the-technology-investor;-the-promise-of-accelerating-growth-in-technology-115894>. [Accessed: 05.03.2018].
- [3] "Konsern," n.d. [Online]. Available: <http://contiga.no/om-oss/konsern/>, [Accessed: 01.02.2018].
- [4] "Produkter." n.d. [Online]. Available: <http://contiga.no/produkter/>, [Accessed: 02.02.2018].
- [5] T.Svensson, "Tall fra produksjon" Personal e-mail. [10.10.2017].
- [6] "Fabrikker," n.d. [Online]. Available: <http://contiga.no/om-oss/fabrikker/>, [Accessed: 02.02.2018].
- [7] P.Barnes, N.Davies. BIM in principle and in practice. Westminster, London: ICE publishing, 2014
- [8] M.Claridge, "The next-generation BIM for reinforced concrete in Revit, 27.10.16. [Online]. Available: <https://thebimhub.com/2016/10/27/next-generation-bim-for-reinforced-concrete-in-r/#.Wr-TIC5uapo> [Accessed: 16.02.2018].
- [9] "Om buildingSMART International," 08.04.14. [Online]. Available: <http://buildingsmart.no/bs-international>. [Accessed: 14.03.2018].
- [10] "BuildingSMART Datamodell," 20.05.14. [Online]. Available: <http://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell>. [Accessed: 14.03.2018].
- [11] A.Røksland, «egen illustrasjon». Unpublished. Universitetet i Agder, Norge, 2018.
- [12] "BIM- e n digital måte å bygge smartere på." 16.09.10. [online]. Available: <http://www.statsbygg.no/Files/publikasjoner/brosjyrer/BIMbrosjyre2010.pdf>. [Accessed: 02.03.2018]
- [13] "Kvalitetssikring BIM." 15.03.2011. Unpublished, [Accessed: 13.09.2017]
- [14] L.K Grong. "BIM i produksjon." M.S thesis, NTNU, Norway, 2013
- [15] C. Eastman, P.Teicholz, R.Sacks, K.Liston. BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. 2nded. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.
- [16] "BSN PROSESS 2- BRUK AV BIM TIL VISUALISERING." 20.06.12. [Online]. Available: https://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/bsnp_2_visualisering_v0.5.pdf, [Accessed: 12.03.2018]
- [17] "Tekla Structures 2017i," n.d. [online]. Available: <https://download.tekla.com/tekla-structures-2017i>, [Accessed: 2.11.2017].
- [18] "Tekla Structures 2017". 11.09.16. [online]. Available: <https://teklastructures.support.tekla.com/system/files/manual/Tekla%20Structures%20release%20notes%202017.pdf>, 03.17, [Accessed: 2.11.2017]
- [19] "What is Tekla Model Sharing." 11.09.16. [online]. Available: https://teklastructures.support.tekla.com/2016/en/ms_what_is_model_sharing, 5.7.2016 [Accessed: 23.10.2017]
- [20] "Why Trimble Connect," n.d. [Online]. Available: <https://connect.trimble.com/why-trimble-connect.html>, [Accessed: 24.10.2017]

- [21] "Form face creator (for parts)" 29.03.16. [online]. Available: https://teklastructures.support.tekla.com/not-version-specific/en/ext_form_face_creator_for_parts [Accessed: 02.03.2018]
- [22] "Task Manager" 16.03.18. [online]. Available: https://teklastructures.support.tekla.com/2018/en/tm_intro_task_manager. [Accessed: 22.04.2018].
- [23] Tekla Software. "Model Organizer and Task Manager Viewers," *YouTube*, 16.03.11. [Video file]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=pY0HpOISzj0>. [Accessed: 09.04.18].
- [24] "VR? AR? MR? Sorry, I'm confused," n.d. [Online]. Available: <https://www.foundry.com/industries/virtual-reality/vr-mr-ar-confused> [Accessed: 22.03.2018]
- [25] "What really is the difference between AR / MR / VR / XR ?," 20.03.17. [Online]. Available: <https://medium.com/@northof41/what-really-is-the-difference-between-ar-mr-vr-xr-35bed1da1a4e>. [Accessed: 15.03.18]
- [26] Ø.Svaland, "Mixed Reality for prefabrikert armering" 07.08.17. [Online]. Available: <https://no.linkedin.com/pulse/mixed-reality-prefabrikert-armering-%C3%B8yvind-svaland> [Accessed: 09.03.18]
- [27] J. Duda, J. Pobozniak, "The architecture of intelligent system for CNC machine tool programming," In *Procedia Manufacturing*, 2017, pp. 501-508. [Online]. Available: ScienceDirect.
- [28] "BVBS," 20.10.17. [Online]. Available: https://teklastructures.support.tekla.com/191/en/int_bvbs_overview. [Accessed: 27.03.18].
- [29] E.Kaldestad. "Samhandlingsprosesser med digital armering." Rapport, NTNU, Norway, 2017
- [30] L.C.Wang, Y.C.Lin, P.H. Lin, "Dynamic mobile RFID-based supply chain control and management system in construction," In *Advanced Engineering Informatics*, Elsevier 2007, pp. 377-390. [Online]. Available: ScienceDirect.
- [31] "Digital produksjon i Skanska," 08.06.17. [Online]. Available: <http://www.eba.no/globalassets/dokumenter/eba-generalforsamlinger/gf2017/6.-rupert-hanna-digital-produksjon---betongdata-i-bim-modellen-eba-dagen.pdf>. [Accessed: 27.02.18].
- [32] "Mixed reality with HoloLens," n.d. [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/nb-no/hololens/why-hololens>. [Accessed: 18.03.18].
- [33] G.K.Merakerås, "Fra VR til mixed reality," 22.05.17. [Online]. Available: <http://veidekke.no/om-oss/nyheter-og-media/temasaker/article24711.ece>. [Accessed: 09.03.18].
- [34] B.B.Wig. *Lean- ledelse for lærende organisasjoner*. 2nded. Oslo: Gyldendal akademiske, 2014.
- [35] T.Svensson, "Team samling Lyngdal," presented at team samling Lyngdal, Lyngdal, n.d.
- [36] O.Dalland. *Metode og oppgaveskriving*. 5th ed. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS, 2012.
- [37] S.MacDonald, N.Headlam, "Research Methods Handbook," Manchester: Centre for Local Economic Strategies, 2018.
- [38] T.Svensson, "samarbeidsmøte precut". 10.11.18. [E-mail]. [Accessed: 13.11.2018]
- [39] "Om oss," n.d. [Online]. Available: <http://kamstal.no/om-oss>. [Accessed: 01.03.18].
- [40] R.Rykkelid, "TRAPP_INFO component," [E-mail]. [Accessed: 16.02.2018]
- [41] "Filters for Concrete 1 - Using filters and object representation settings in the model," 26.01.18. [Online]. Available: <https://teklastructures.support.tekla.com/video->

tutorials/en/filters_in_model?s%5B0%5D=1&s%5B1%5D=1&s%5B2%5D=1&s%5B3%5D=1&s%5B4%5D=1&f%5B0%5D=ss_language%3Aen&f%5B1%5D=im_field_rev%3A1435145&f%5B2%5D=im_field_rev%3A50894. [Accessed: 18.04.18].

- [42] L.Nohrstedt, "Masken styr armeringen på ESS-bygget," 20.04.17. [Online]. Available: <https://www.nyteknik.se/bygg/masken-styr-armeringen-pa-ess-bygget-6840540>. [Accessed: 30.03.18].
- [43] Ø.Svaland, "Lyntale DKT" presented at Den kloke teknologi, 2017, Oslo, 2017.
- [44] "BIM and Health & Safety," n.d. [Online]. Available: <http://www.hse.gov.uk/construction/lwit/bim.htm>. [Accessed: 18.04.18].
- [45] "Utendørslagring med GPS og RFID," 11.09.16. [Online]. Available: <https://apx-systems.com/utendørslagring-med-gps-og-rfid/>. [Accessed: 30.04.18].

12 Vedlegg

- Lean ledelse i Contiga
- Poster

Lean ledelse i Contiga



Sted:	Contiga Marnardal
Dato:	21.02.18
Klokkeslett:	13.00-14.00
Deltakere:	Anniken Røksland [Masterstudent] Tommy Svensson [Fabrikksjef Marnardal og Mandal]

Bakgrunn

Lean er en metodikk som er mye brukt i produksjonssammenheng. Lean handler om å levere kundeverdi- bruksverdi for brukeren, med minimalt tap av ressurser gjennom å etablere flyt og visuell styring. Og for å få dette til må vi etablere en kultur for kontinuerlig forbedring og læring. Lean er tradisjonelt forbundet med produksjon eller verdikjeder, som en serie aktiviteter som i fabrikkproduksjon, behandling på sykehus, i kommunal saksbehandling o.l. [1].

Forskerspørsmålet for denne oppgaven er:

"Med bakgrunn i Lean metodikken og hjelpemidlene som finnes med BIM, hvordan kan dette være med å effektivisere og digitalisere produksjonen av betongelementer?"

Styringsverktøyet som bedriften bruker er derfor aktuelt å se på, for å vurdere hvordan BIM kan være med på å dra nytte

Intervjuguide Bakgrunn for Lean

1. Tid ble Lean metodikken innført hos Contiga?

2. Hvem har vært, og er ansvarlig for Lean implementeringen?

3. Hvordan er kunnskapen om Lean hos de ansatte? Forskjell på de i prosjekteringen og produksjonen?

4. I hvor stor grad styres produksjonen av Lean? Er det rom for at dette kan bli et enda bedre styringsverktøy?

5. Hvilke erfaringer og fordeler har Lean metodikken gitt?
eks. mindre tidsbruk på tegning og dokumentasjon? Mer effektiv prosess? mindre sløsing? økt fokus på HMS?

6. Hvordan opplever de ansatte Lean som styringsverktøy?

7. Hvilke forskjeller fra før Lean ble implementert, og nå kan du påpeke?
Flyter arbeidet bedre? Er data mer presis? Mindre tidsbruk? Tilgang på info?

8. Hvordan har Lean metodikken bidratt til relasjonen med kunder? Har Lean vært med å bidra til en
tettere oppfølging av kunder?

9. Hva slags utfordringer har Lean gitt? For mye standardisering? Høye kostnader?

10. Hvilken nytte ser du i å benytte både BIM og Lean som verktøy i sammen? Kan BIM bidra til en mer Lean orientert prosjektringsledelse? Hvilke muligheter åpner dette for?



Tittel:
**Effektivisering av
betongelementproduksjonen**

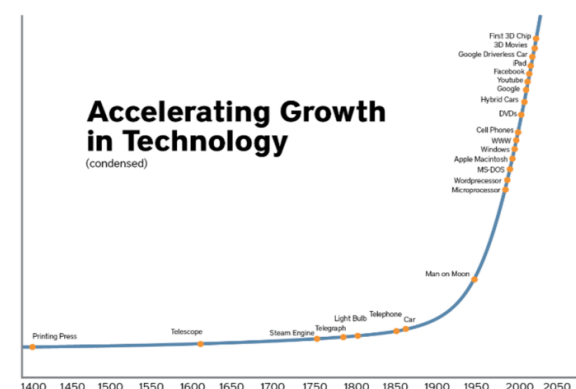
Ved bruk av tegningsløs armering og prefabrikkert forskaling

Veileder:
Paul Ragnar Svennevig,
UiA



Teknologien utvikler seg eksponentielt, og teknologiske hjelpemidler følger samme kurs. Produksjonsmetodene innenfor byggbransjen utvikler seg også stadig, og en bedrift som ønsker å følge med denne utviklinga er Contiga.

Contiga er den ledende leverandøren av prefabrikerte betongelementer i Norge. De har i flere år benyttet seg av Lean metodikken, og ved hjelp av denne metodikken kartlagt hvor i produksjonsprosessen det er rom for forbedring. Prefabrikasjon har blitt mer og mer vanlig i løpet av de siste årene, og nye løsninger og metoder har også kommet.



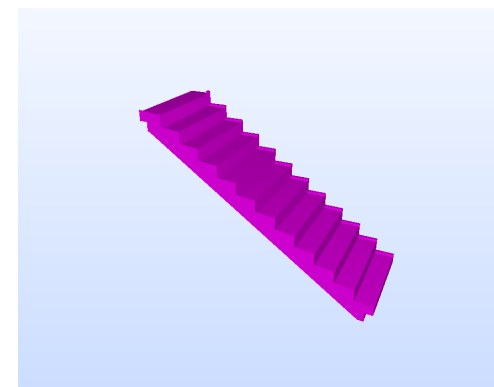
Figur 1: Vekst i teknologien.

I prosessen for produksjon av betongelementene konstrueres det modeller av elementene. Modellene som utarbeides har svært høy nøyaktighet, og mye informasjon. Denne informasjonen gir grunnlag for økt bruk av BIM og verktøyene forbundet med dette. Det ble i forkant av denne oppgaven gjort et forprosjekt hvor det

ble samlet inn informasjon om hva BIM i produksjon kan bidra med. Contiga er den ledende leverandøren av betongelementer i Norge, og de ønsket å teste ut noen av funnene.

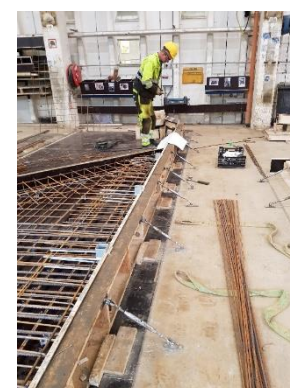
Sammen med COWI, EDR, Kamstål AS og PERI ble det sett på muligheten for prefabrikering av armering og forskaling ved hjelp av CNC maskiner. CNC maskinene henter nødvendig informasjon direkte fra modell. Modeller utarbeidet av konstruktører hos Contiga og COWI inneholder allerede all geometrisk informasjon, og armering er modellert i modell.

Ønsket er derfor å benytte seg av denne informasjonen i mye større grad. Videre er det også sett på hvilke andre teknologier som kan trekkes inn i elementproduksjonen. Ved hjelp av Øyvind Svaland fra EDR er det også sett på bruken av AR/MR i til visualisering, kvalitetssikring og kommunikasjon.



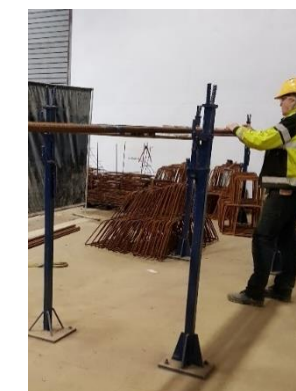
Figur 2: Standardisert trapp for prosjekt.

BIM modeller utarbeides med høy nøyaktighet og med all nødvendig informasjon om både geometri og materialinformasjon. Med mange involverte i prosjekter, og vanskelig tilgang på informasjon er det et ønske at BIM modellen skal være en felles plattform for kommunikasjon for alle involverte i prosjektet. Contiga jobber aktivt med Lean metodikken, og leter stadig etter forbedringer i produksjonen. Det er derfor også av interesse hvordan BIM kan bidra til en mer Lean-orientert prosjekteringsledelse,



Figur 3: Armering legges etter 2D produksjonstegninger.

og hvilke muligheter dette åpner for.

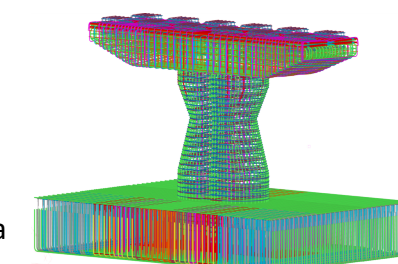


Figur 4: Armeringsstenger kappes manuelt.

Konklusjon

Med bakgrunn i Lean metodikken og hjelpemidlene som finnes med BIM, hvordan kan dette være med å effektivisere og digitalisere produksjonen av betongelementer?

- Økt kommunikasjon i modell vil bidra til mindre venting, og raskere kommunikasjon mellom deltakere i prosjektet.
- Ved å benytte geometrien til modellen vil forskaling kunne prefabrikeres.
- Ved økt standardisering vil trappeformene kunne benyttes flere ganger.
- Armering som modelleres i modell vil kunne sendes direkte til Kamstål AS for produksjon ved bruk av BVBS eksport i Tekla Structures. På denne måten vil man slippe å produsere manuelle bøyelister.
- Lean metodikken og forbedringspotensialene som blir kartlagt ved bruk av Lean verktøy som 5S, tavlemøter og verdistrømsanalyse er med på å åpne for BIM implementering på flere områder i arbeidet til Contiga.
- Jo mer prefabrikkert, jo høyere HMS på arbeidsplassen.
- Ved bruk av RFID teknologien vil lagerstyringen bedres.
- AR teknologien vil kunne være et godt verktøy for kvalitetssikring i produksjonen.



Figur 5: Digital tvilling.