

## Avfallsreduksjon knyttet til yttervegger.

*Avfallsgenerering knyttet til prefabrikkerte  
ytterveggselementer sammenlignet med  
tradisjonelle plassbygde yttervegger.*

Olav Andreas Løvaas  
Sigurd Ringen  
Trygve Holth

Gradering: Åpen

Bachelor i ingeniørfag - bygg  
Innlevert: mai 2021  
Veileder: Astrid Stadheim

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk

Oppgavens tittel: Avfallsreduksjon knyttet til yttervegger	Dato: 11.05.2021		
	Antall sider: 69		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Olav Andreas Løvaas, Sigurd Ringen og Trygve Holth			
Veileder: Astrid Stadheim			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Odd Anders Amdahl			

**Sammendrag:**

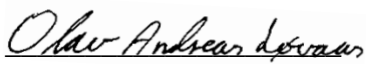
Byggebransjen er globalt sett den største forbrukeren av råmaterialer i dag. Et av de viktigste områdene for å redusere bransjens miljøavtrykk er å redusere avfallet. Det vil være avgjørende at bransjen klarer å implementere en sirkulær økonomisk struktur for å øke materialutnyttelsen. I denne bacheloroppgaven ønsker vi å undersøke forskjellen på avfallsgenerering av prefabrikkerte ytterveggselementer sammenlignet med tradisjonelle plassbygde yttervegger. Videre tar oppgaven for seg hvordan produksjonen av yttervegger kan imøtekomme bransjens økende behov for avfallsreduksjon.

Bacheloroppgaven baseres på litteraturstudie, intervjuer og beregninger for å svare på oppgavens problemstilling. Litteraturstudien som har blitt foretatt er gjort for å innhente relevant fagstoff knyttet til temaet. Det har blitt foretatt intervjuer for å skape en helhetlig forståelse knyttet til oppgavens tema. Beregningene som er gjort illustrerer hvor mye avfall produksjon av yttervegg genererer og sammenligner plassbygde og prefabrikkerte yttervegger.

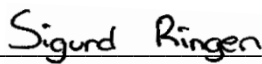
Resultatene i oppgaven bekrefter at det vil bli en økning av avfall hos produsent ved at byggeplassene tar i bruk prefabrikkerte ytterveggselementer på sine prosjekter. Likevel viste beregninger at avfallsmengden vil reduseres med rundt 45 %, ved å flytte produksjonen av yttervegger fra byggeplass til produsent. Denne reduksjonen tilskrives blant annet bedre kapputstyr, bedre utnyttelse av materiale og innendørs produksjon. Prefabrikkerte ytterveggselementer kan også være viktig dersom byggebransjen i fremtiden skal basere seg ytterligere på materiallagring i bygg.

**Stikkord:**

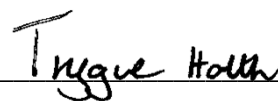
Avfall
Prefabrikkerte ytterveggselementer
FNs bærekraftmål
Materialutnyttelse



Olav Andreas Løvaas



Sigurd Ringen



Trygve Holth

# Forord

Denne bacheloroppgaven er utarbeidet våren 2021 som en del av studieprogrammet Ingeniørfag – bygg ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Oppgaven utgjør 20 studiepoeng, og er utført ved Instituttet for Vareproduksjon- og Byggteknikk (IVB).

Oppgaven er utarbeidet i samarbeid med Ø.M. Fjeld, som også har bidratt under arbeidet med oppgaven. Hensikten med oppgaven er å undersøke avfallsreduksjon forbundet med prefabrikerte ytterveggselementer og hvordan denne forskjellen er mellom byggeplass og produsentenes fabrikkproduksjon.

Vi vil gjerne takke vår veileder for gode innspill og råd til utformingen av denne bacheloroppgaven. Astrid Stadheim har bidratt med konstruktive og verdifulle tilbakemeldinger. Det samme har vår eksterne veileder Odd Anders Amdahl i Ø.M. Fjeld som har gitt gode innspill underveis, og satt oss i kontakt med relevante aktører. I tillegg vil vi rette en stor takk til informantene for deres verdifulle bidrag og for at de tok seg tid til oss.

Videre ønsker vi å takke Optimera for interessant og lærerikt fabrikkbesøk, og Ringsaker Vegg- og Takelementer (RVT) for produksjonsinformasjon. Vi vil også rette en takk til leder for kalkyle og prosjektutvikling i Ø.M. Fjeld, for hjelpen med å innhente nøkkeltall i forbindelse med de gjennomførte beregningene. Til slutt vil vi også takke familiemedlemmer og venner for støtte under skriveperioden.

# Abstract

The construction industry is considered the largest consumer of raw materials on a global basis today. One of the most effective ways to reduce the industries environmental footprint is to reduce the construction waste. It will be crucial for the industry to implement a circular economic structure to increase the material utilization. In this bachelor thesis we wish to examine the differences of construction waste between exterior walls built on construction sites and prefabricated exterior walls from production site. The thesis also addresses how exterior walls can accommodate the industries increasing need for waste reduction.

The bachelor thesis is based on literature study, interviews and calculations to answer the topic of the thesis. The literature study has been done to obtain relevant subject matter tied to the topic. The interviews have been done to make an overall understanding of this thesis. The calculations which are done illustrates how much waste the exterior walls generate, and it compares the walls built on construction sites with the prefabricated exterior walls produces on production site.

The results confirm that the production sites of prefabricated exterior walls will gain an increase amount of construction waste when the construction sites take prefabricated exterior walls in to use. However, it is shown through the calculations that the amount of waste will reduces with about 45 % by moving the production of exterior walls. This reduction is due to better cutting equipment, greater material utilization, indoor production, among other things. Prefabricated exterior walls also has a good potential if the construction industries in the future want to focus more on material storage in buildings.

# Innholdsfortegnelse

Forord .....	iii
Abstract .....	iv
Innholdsfortegnelse .....	v
Figurliste.....	vii
Tabelliste .....	viii
Begreper og forkortelser.....	ix
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.1 Formål.....	4
1.2 Problemstilling.....	4
1.3 Avgrensninger .....	5
2 Teori .....	6
2.1 Avfallssituasjonen .....	6
2.2 Suksessfaktorer knyttet til avfallsreduksjon .....	9
2.3 Ny tankegang ved prosjektering .....	12
2.4 Yttervegger .....	17
2.5 Digitalisering av byggeplass.....	21
3 Metode.....	24
3.1 Fremgangsmåte for valg av metode.....	24
3.2 Kvalitative og kvantitative metoder .....	25
3.3 Valgte metoder .....	25
3.3.1 Litteraturstudie .....	26
3.3.2 Intervjuer .....	26
3.3.3 Beregninger .....	28
3.4 Oppgavens reliabilitet og validitet.....	32
4 Resultater.....	37
4.1 Intervjuer .....	37
4.2 Avfallsberegninger .....	43
5 Diskusjon og analyse.....	50

5.1	Intervjuer .....	50
5.2	Avfallsberegninger .....	55
5.3	Bærekraftig byggebransje.....	58
6	Konklusjon .....	62
7	Videre arbeid .....	64
	Litteraturliste .....	65
	Vedlegg .....	69

# Figurliste

Figur 1.1: En oversikt over FNs bærekraftsmål.....	3
Figur 2.1: Totalt generert mengder avfall i tonn ved nybygging.....	7
Figur 2.2: Totalt generert mengder avfall fra trevirke i tonn, ved oppføring av nybygg.....	8
Figur 2.3: Totalt generert mengder avfall fra gips i tonn, ved oppføring av nybygg.....	8
Figur 2.4: Avfallspyramiden.....	9
Figur 2.5: Forskjellen på omløpet til "Lineær økonomi" og "Sirkulær økonomi".....	10
Figur 2.6: Kategorier i BREEAM NOR.....	11
Figur 2.7: Oversikt poengutdeling avfallskategori BREEAM.....	12
Figur 2.8: Fem prinsipper for å få til å prosjektere for demontering.....	14
Figur 2.9: Slik settes de ulike modulene sammen, for å enkelt kunne reversere .....	15
Figur 2.10: Fasaden på pilotprosjektet i Danmark.....	15
Figur 2.11: Kontorbygget som bygges av AF Eiendom og Höegh Eiendom.....	15
Figur 2.12: Definisjonen, samt målene ved initiativet med Avfallsfrie byggeplasser.....	16
Figur 2.13: Tre sentrale prinsipper for å få til avfallsfrie byggeplasser.....	17
Figur 2.14: Ulike komponenter i bindingsverksvegger.....	18
Figur 2.15: Prinsippskisse av tottrinnstetning.....	19
Figur 2.16: Oppbygging av bindingsverkvegg uten utlekting og utvendig kledning. ....	19
Figur 2.17: Sammenligning av ulike bransjer målt i produktivitet .....	21
Figur 2.18: «Bew-Richards BIM Maturity Model» .....	23
Figur 3.1: Oppbygging av yttervegg til beregninger.....	29
Figur 3.2: Fordeling av avfall fra plassbygde yttervegger.....	31
Figur 4.1: Oversiktsbilde Løvenskiold Terrasse.....	43
Figur 4.2: Referansebilde bygningsmål.....	43
Figur 4.3: Oversiktsbilde Dr Juells Park.....	44
Figur 4.4 Referansebilde bygningsmål .....	45
Figur 4.5 Oversiktsbilde Løkenåsen Panorama.....	46
Figur 4.6: Referansebilde bygningsmål.....	47
Figur 4.7: Sammenligning av avfallsfordeling.....	48
Figur 5.1: CNC-maskin fra fabrikkbesøk.....	54

# Tabelliste

Tabell 3.1: Intervjuobjektene stilling og arbeidserfaring.....	27
Tabell 3.2: Forklaring figur 3.1.....	29
Tabell 3.3 Svinnpresenter hos byggeplass.....	29
Tabell 3.4: Beregning for vekt av isolasjon.....	30
Tabell 3.5: Beregning for vekt av plast.....	30
Tabell 3.6: Beregning for vekt av gips.....	30
Tabell 3.7: Beregning for vekt av sløyfer.....	30
Tabell 3.8: Beregning for vekt av bindingsverk.....	30
Tabell 3.9: Svinnpresenter hos byggeplass.....	32
Tabell 3.10: Oversikt oppgavens reliabilitet og validitet.....	36
Tabell 4.1: Lengder Løvenskiold.....	43
Tabell 4.2: Mengden yttervegger Løvenskiold.....	43
Tabell 4.3: Avfall fra plassbygde yttervegger Løvenskiold.....	44
Tabell 4.4: Avfall fra Løvenskiold oppsummering.....	44
Tabell 4.5: Mål av Dr Juells Park (4.Etasjer).....	45
Tabell 4.6: Mål av Dr Juells Park (5.Etasjer).....	45
Tabell 4.7: Mengden yttervegger Dr Juells Park.....	45
Tabell 4.8: Avfall fra plassbygde yttervegger Dr Juells Park.....	45
Tabell 4.9: Avfall fra Dr Juells Park oppsummering.....	46
Tabell 4.10: Mål av Løkenåsen Panorama.....	47
Tabell 4.11: Mengden yttervegger Løkenåsen Panorama.....	47
Tabell 4.11: Avfall fra plassbygde yttervegger Løkenåsen Panorama.....	47
Tabell 4.12: Avfall fra Løkenåsen Panorama oppsummering.....	47
Tabell 4.13: Svinnpresenter hos produsent.....	48
Tabell 4.14: Avfall pr meter yttervegg på byggeplass.....	49
Tabell 4.15: Avfall pr meter yttervegg hos produsent.....	49
Tabell 4.16: Oversikt over ringvirkninger til prefabrikkerte ytterveggselementer.....	49
Tabell 5.1: Avfall pr meter.....	55



# Begreper og forkortelser

Begreper og forkortelser	Forklaring
3D	Tredimensjonal
BA	Bygg og Anlegg
BIM	Bygningsinformasjonmodellering
BREEAM	Building Research Establishment's Environmental Assessment Method
BTA	Bruttoareal
CAD	Computer-Aided design
CE-merket	Communauté Européenne. Det betyr at produktet som er CE-merket anses å oppfylle krav fra myndighetene som er gitt i direktiv eller forordning.
GU	Utvendig fuktimpregnert og diffusjonsåpen gipsplate som hjelper til med vindtetting og avstiving
Precut	Kappet på forhånd
Prefabrikkerte ytterveggselementer	Yttervegger som blir produsert på fabrikk med forskjellig ferdighetsgrad
RVT	Ringsaker Vegg- og Takelementer
SSB	Statistisk sentralbyrå
UE	Underentreprenør
YV	Yttervegg

# 1 Innledning

Innledningen tar for seg en introduksjon av oppgavens innhold. Kapitlet gir først en innføring i temaet og hvorfor oppgaven er relevant. Videre forklares det hvordan byggebransjen genererer avfall i dag og hvorfor reduksjon av avfallsgenerering er viktig for å nå FNs klimamål. I tillegg presenteres oppgavens problemstilling og avgrensninger.

## 1.1 Bakgrunn

Byggebransjen står for 40 % av verdens CO<sub>2</sub>-utslipp, og er globalt sett den største forbrukeren av råmaterialer (World green building council, 2019). FNs klimapanel publiserte en miljørapport som påpeker at de globale klimagassutslippene må reduseres med 40-50 % innen 2030, for å unngå de alvorligste effektene og irreversible konsekvensene av den menneskeskapte globale oppvarmingen (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019).

Det er utgitt flere rapporter om reduksjon av klimagassutslipp som kommer fra byggebransjen. Rapporten utgitt av United Nations Environment Programme (UENP) *Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*, viser til at byggebransjen har et stort potensiale for å bidra til å redusere klimagassutslippene (United Nations Environment Programme, 2020). Det er lagt frem ulike muligheter for å redusere klimagassutslippene og gjøre bransjen mer bærekraftig. Et sentralt begrep er sirkulær økonomi. Det er flere ulike definisjoner av begrepet sirkulær økonomi, men felles for alle definisjonene er at det omhandler å utnytte ressurser mer effektivt. Som det kommer frem av de innledningsvis nevnte rapportene har byggebransjen en stor påvirkning på klima gjennom et høyt utslipp av klimagasser, energibruk, generering av avfall og ressursutnyttelse. Tall fra SSB viser at BA-bransjen utgjør 25% av alt avfall som genereres i Norge (Skogedal, 2019). Som følge av dette vil bransjen også ha et stort potensial for å kunne redusere avfall gjennom å implementere en sirkulærøkonomisk modell, men for å få til dette trenger bransjen en omstilling.

## Bærekraftig utvikling

Under FNs verdenskommissjon for miljø og utvikling, ble bærekraftig utvikling for første gang definert. I Brundtland-kommisjonen sin rapport *Vår felles framtid* (Verdenskommissjonen for miljø og utvikling, 1987), blir bærekraftig utvikling definert som «utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov» (Verdenskommissjonen for miljø og utvikling, 1987, s. 42). Økonomi, miljø og sosiale forhold er tre dimensjoner som står sentralt for en bærekraftig utvikling. For at noe skal kunne erklæres som bærekraftig, må det være en sammenheng mellom disse tre punktene.

FNs klimakonvensjon er resultatet av en internasjonal miljøpolitikk, hvor formålet er å begrense alle lands utslipp av farlige klimagasser, samt fremme informasjon om bærekraftig utvikling. I 1992 ble klimakonvensjonen undertegnet. Klimakonvensjonen setter i utgangspunktet ingen begrensninger for landenes utslipp, men åpner for videre forhandlinger om forskjellige tilleggsprotokoller. Formålet med å begrense alle lands utslipp av farlige klimagasser ble konkretisert under vedtakelsen av Parisavtalen i 2015. Parisavtalen står frem som svært viktig i kampen mot klimautfordringene, da avtalen er den første folkerettslige bindene avtalen. De landene som slutter seg til Parisavtalen forplikter seg til å iverksette klimatiltak for deres land. For de landene som har sluttet seg til avtalen, skal det utarbeides en nasjonal plan over hvordan landet skal klare å kutte ned på deres klimagassutslipp. Den nasjonale planen skal igjen fornyes hvert femte år fra og med 2020, hvor det er ønskelig at det skal settes nye og mer ambisiøse mål. En fornyelse hvert femte år skal hindre at utslipp fremover fører til at den globale temperaturen stiger med 2 °C i løpet av dette århundret. Parisavtalen skal derfor føre til at den globale temperaturen ikke stiger mer enn 1,5 °C sammenliknet med den før-industrielle temperaturen (FN sambandet, 2018).

For å oppfordre til bærekraftig utvikling, har FN i tillegg til Parisavtalen, utviklet 17 bærekraftsmål som til sammen skal utgjøre en agenda for bærekraftig utvikling mot 2030. BA-bransjen blir indirekte påvirket av flere av disse målene. Målene som vil ha direkte innvirkning på bransjen omhandler ren energi for alle, bærekraftige byer og samfunn, rent vann og gode sanitærforhold, samt ansvarlig forbruk og produksjon. Disse målene er ytterligere illustrert i figur 1.1, og blir utdypet videre i neste underkapittel.

## FNs bærekraftsmål

For å oppnå målene om en mer bærekraftig bygg- og anleggsbransje, vil noen av FNs bærekraftsmål være spesielt sentrale. Det er spesielt 3 av 12 bærekraftsmål som er spesielt relevante for bransjens utfordringer knyttet til miljø. Disse 3 målene utdypes videre i teksten under.



Figur 1.1: En oversikt over FNs bærekraftsmål (FN sambandet, 2021).

11. Bærekraftige byer og samfunn: Dette målet ønsker at det rettes oppmerksomhet mot å redusere byenes og lokalsamfunnets negative påvirkning på miljøet (målt per innbygger). Særlig vektlegges luftkvalitet og avfallshåndtering i offentlig eller privat regi innen 2030 (FN sambandet, 2021).

12. Ansvarlig forbruk og produksjon: Dette målet retter spesielt søkelys mot å minimere enkeltpersoners og samfunnets ressursbruk, miljødeleggelse og klimagassutslipp. På sikt vil dette føre til økonomisk vekst, begrense klimaendringer og øke livskvaliteten for mennesker på jorda.

13. Stoppe klimaendringene: Her påpekes det at vi umiddelbart må handle for å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av dem.

## 1.1 Formål

Hovedformålet med denne oppgaven er å se på hvordan produksjon av prefabrikkerte yttervegger kan være med på å redusere miljøavtrykket for nye leilighetsbygg, og hvordan produksjonen av ytterveggene kan bidra til en bedre materialutnyttelse. Oppgaven ønsker å belyse forskjellen i avfallsgenerering mellom plassbygde yttervegger og prefabrikkerte ytterveggselementer.

### Oppgavens potensielle betydning

Funnene i oppgaven kan brukes av oppdragsgiver Ø.M. Fjeld og eventuelt andre entreprenører og produsenter i bransjen. Oppgaven kan brukes som inspirasjon til utarbeiding av fremtidige lovverk med nye krav til sirkulær økonomi, ressurseffektivitet og reduisering av avfall. Resultatene kan forhåpentligvis gi et større søkelys rundt tema for oppgaven, og bidra til en økt oppmerksomhet om emne i fremtiden.

## 1.2 Problemstilling

Det er en økende etterspørsel i BA-bransjen etter å bygge mer miljøvennlige og bærekraftige bygg (Regjeringen, 2020b). I denne oppgaven ønsker vi å se på muligheter for en mer effektiv materialutnyttelse og sammenlikne hvordan bruk av prefabrikkerte yttervegger og plassbygde yttervegger kan påvirke mengden generert avfall. For å løse oppgavens problemstilling er det valgt å benytte intervjuer og beregninger som metode. Dette er videre forklart i kapittel 3.

På bakgrunn av interesse rundt prefabrikkerte ytterveggselementer og avfallsreduksjon i byggebransjen, er dette vår problemstilling:

*Vil reduksjon av avfall på byggeplass som følge av prefabrikkerte ytterveggselementer føre til økende avfall hos produsent, og hvordan kan produksjon av yttervegger imøtekomme bransjens økende behov for materialutnyttelse?*

## 1.3 Avgrensninger

Denne oppgaven tar kun for seg oppføring av nye leilighetsprosjekter. De siste årene har det blitt bygget ca. 5 millioner kvadratmeter med boliger (SSB, 2021). Dette gjør at boligutbygging og næringsbygg utgjør de to største bygningstypene som bygges i dag. Majoriteten av boligprosjektene som har blitt bygd de siste årene har vært leilighetsprosjekter. Dette gjør at dersom nye leilighetsprosjekter bygges med mindre avfall, vil dette være betydningsfullt for å redusere bransjens totale avfallsproduksjon.

Avfall på byggeplass omtales gjerne med sorteringsgrad. Denne oppgaven ønsker å belyse hvordan avfall oppstår og ikke hvordan avfall sorteres. Avfallsgenerering blir derfor satt i fokus fremfor sorteringsgrad.

Det er valgt å se på avfallsreduksjon for yttervegger som bruker bindingsverk av tre, og ikke yttervegger som er bygd opp på andre måter. Dette er gjort for å få så godt sammenlikningsgrunnlag som mulig.

Det er ikke tatt med veggåpninger som dører og vinduer i avfallsberegningene. Dette er fordi antall veggåpninger varierer stort fra prosjekt til prosjekt, derfor vil inkludering av veggåpninger gjøre det utfordrende å sammenligne byggeprosjekter.

## 2 Teori

Det vil i dette kapittelet bli lagt frem relevant litteratur for oppgavens problemstilling og tema. Teorien som blir lagt frem vil bli diskutert og drøftet opp mot resultater i kapittel 5.

### 2.1 Avfallssituasjonen

#### Avfall og klima

Globalt står bygninger og infrastruktur for ca. 40 % av ressursbruken i verden, og nesten 40 % av energi og karbonutslipp kommer fra BA-bransjen (World green building council, 2019). I tillegg til dette har byggenæringen et stort ansvar og innvirkning på menneskets livskvalitet, helse og velvære. Derfor er det svært viktig at alle leddene i bransjen jobber sammen om et felles mål mot en bærekraftig og ressurseffektiv næring (Byggalliansen, 2019b). I dagens byggebransje er det et økende fokus om å redusere miljøbelastningen. Det blir stadig gjort nye grep for å redusere utslippene gjennom ny teknologi, og myndighetene stiller strengere krav til bransjen. Generert avfall på byggeplasser er en stor del av bransjens miljøbelastning. Hvis man klarer å redusere mengden eller finne nye løsninger slik at avfall på byggeplasser ikke oppstår, vil dette bidra til et vesentlig mindre miljøavtrykk fra byggebransjen.

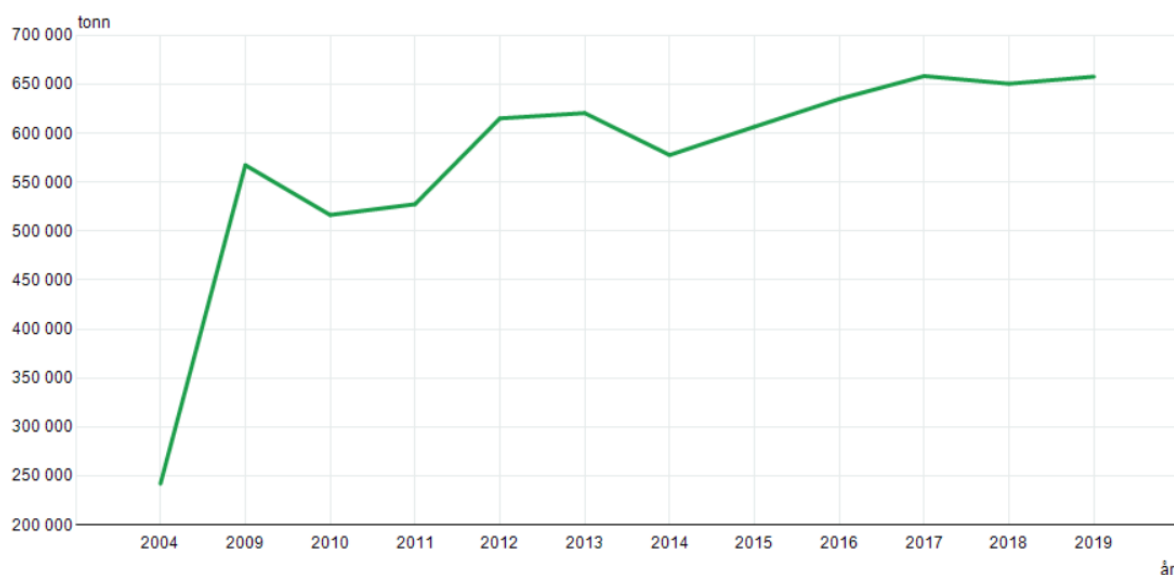
#### Miljøutfordringer

En stor del av verdens klimagassutslipp blir forårsaket av byggenæringen, gjennom utvinning av råmaterialer og avfallsgenerering fra bransjen (Nordby og Wærner, 2017). Dette skyldes at ombygging skjer i en hyppigere grad. Det har derfor store miljøkonsekvenser om materialer og produkter som blir brukt er ombruk- eller resirkulerbare. En utfordring med helse- og miljøskadelige stoffer er det krever høyere kompetanse for ombruk og oppfølging av prosjekter (Byggenæringens Landsforening, 2020). Dette er mest relevant for restaurering og rivning av eldre bygg, siden slike materialer i liten grad blir brukt i nyoppførte bygninger. En annen del av utbyggingens miljøutfordringer er knyttet til miljøkonsekvenser for området. Bygging medfører økt transportbehov, innvirkninger på biologisk mangfold og øker behovet for utbedring av infrastruktur.

## Største fraksjonene på byggeplass

Fraksjonene det blir kastet mest av på byggeplasser varierer ut ifra prosjekttype. Denne oppgaven tar utgangspunkt i nye leilighetsprosjekter, og det sees nærmere på de største fraksjonene knyttet til slike prosjekter.

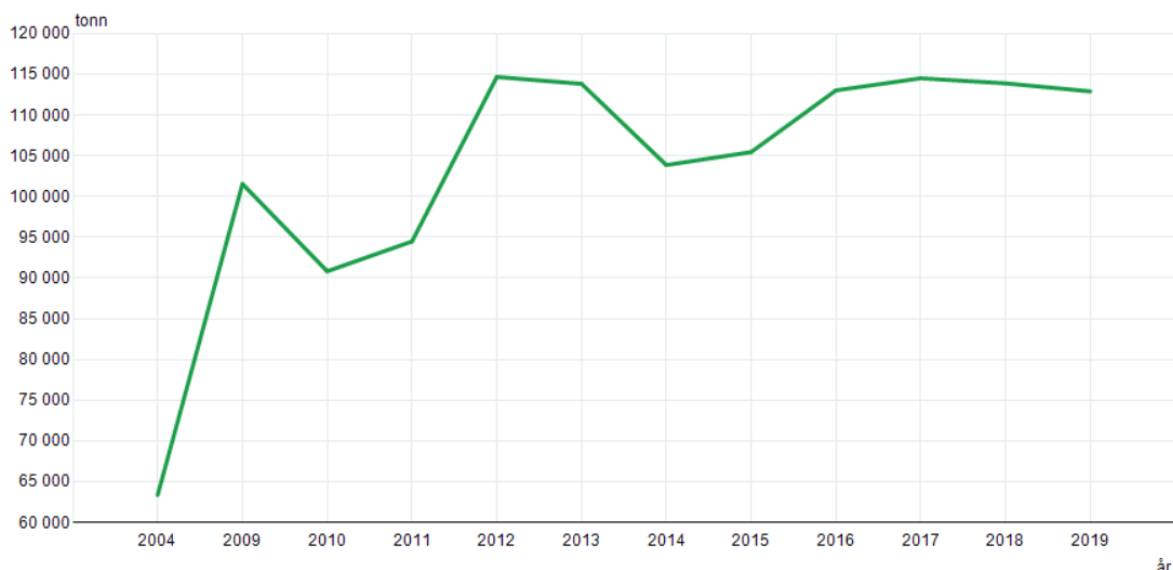
De største fraksjonene fra leilighetsprosjekter er hovedsakelig trevirke, gips og metall (Skogedal, 2019). I 2016 ble det ifølge tall fra SSB, generert 1 875 994 tonn avfall fra byggeaktivitet. Av dette ble det beregnet at 34 % av avfallet kommer fra nybygging. Avfall som omfatter trevirke, kommer ofte av kapp som blir igjen fra oppføringen av byggets bindingsverk. Avfall fra gips blir i stor grad generert fra gipsvegger, hvor det blir gjort tilpasninger rundt blant annet dører, vinduer og utsparinger (Tangsveen, 2012).



Figur 2.1: Totalt generert mengde avfall i tonn ved nybygging (Statistisk sentralbyrå, 2019).

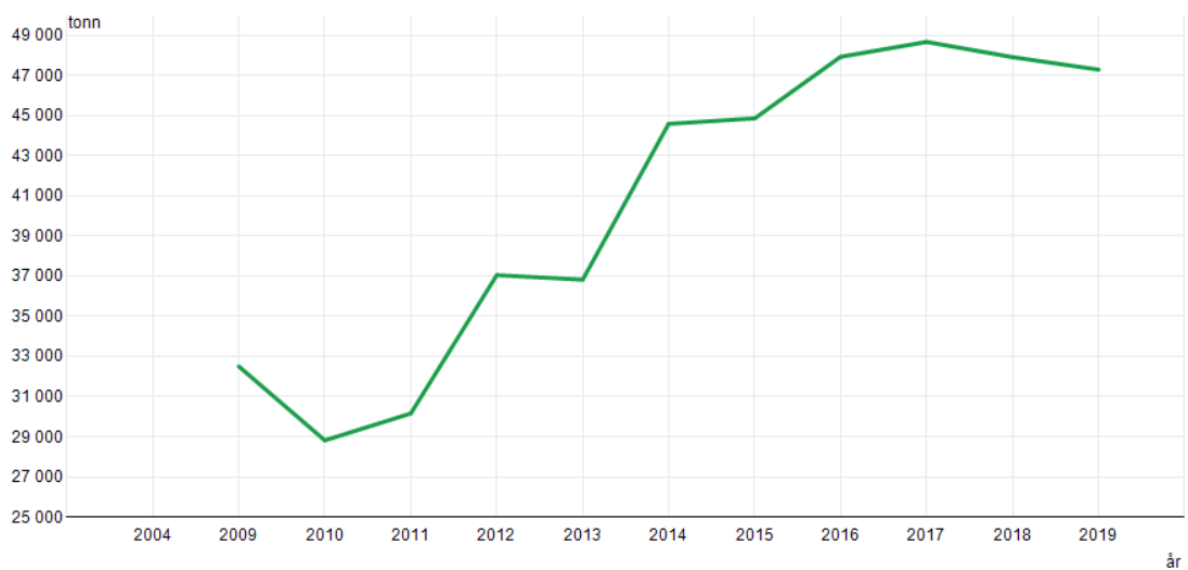
Tall fra SSB viser at det har vært en stadig økning av mengden generert avfall knyttet til nybygging. Dette til tross for økende fokus på avfallsreduksjon.





Figur 2.2: Totalt generert mengder avfall fra trevirke i tonn, ved oppføring av nybygg (Statistisk sentralbyrå, 2019).

Det har også vært en økning av generert avfall som stammer fra trevirke totalt sett, men de siste årene kan man se en nedadgående trend.



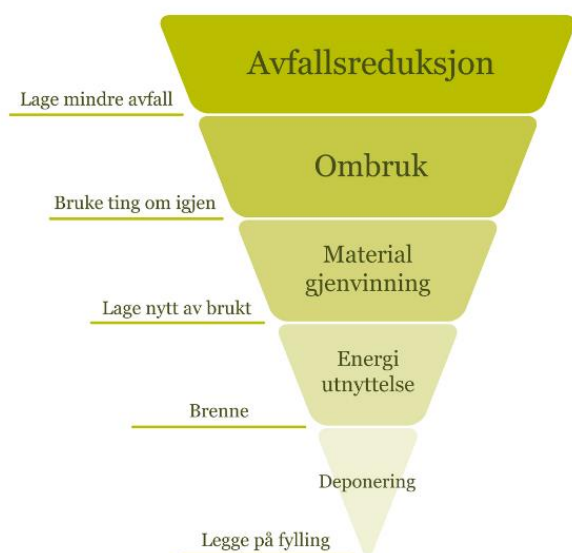
Figur 2.3: Totalt generert mengder avfall fra gips i tonn, ved oppføring av nybygg (Statistisk sentralbyrå, 2019).

Grafen fra SSB viser at det har vært en økende bruk av gips de siste årene, men i likhet med trevirke kan man se en nedadgående trend.

## 2.2 Suksessfaktorer knyttet til avfallsreduksjon

### Avfallspyramiden

Avfallspyramiden, også kalt avfallshierarkiet, illustrerer hvilke tiltak som må gjøres for å redusere avfall på byggeplasser (Miljøverndepartementet, 2013). Inndelingen av avfallspyramiden er satt opp slik at tiltakene er delt etter prioriteringene i norsk avfallspolitikk og EUs rammedirektiv for avfall. Som vist i figur 2.4, så er pyramiden delt inn slik at de mest effektive og høyst prioriterte tiltakene er plassert øverst. Inndelingen indikerer også i hvilken rekkefølge de ulike tiltak burde iverksettes.



Figur 2.4: Avfallspyramiden (Store norske leksikon, 2018).

Avfallsreduksjon har den høyeste prioriteringen. Her legges det til grunn at den mest effektive måten å redusere avfall på, er at avfall ikke oppstår i utgangspunktet. Videre kommer tiltak som ombruk, materialgjenvinning, energiutnyttelse, og det siste tiltaket er deponering (Miljøverndepartementet, 2013). Avfallsreduksjon er et tiltak som iverksettes før det blir generert avfall fra materialer, elementer eller produkter. Det nest høyeste prioriterte tiltaket er ombruksnivået. Dette er et tiltak som innebærer å bruke materialer på nytt, i stedet for at materialet eller produktet blir til avfall. Dette vil føre til en forlengelse av materialenes levetid, og det bidrar til at ressursene som er tatt ut, holdes i omløp lengst mulig. Når gjenvinning av materialer ikke lenger er mulig, er det neste nivået at avfallet går til energiutnyttelse. Det vil si at energien i avfallet utnyttes ved forbrenning. Denne energien kan erstatte oppvarmingskilder, som blant annet gass, olje og elektrisitet. Det siste nivået i

avfallspyramiden er deponering, hvor avfallet legges på fylling. Deponering skal helst unngås, men det vil bidra til en forsvarlig sluttbehandling av avfallet, hvor avfallet legges på godkjente deponier.

## Sirkulær økonomi

Sirkulær økonomi står sentralt i kampen mot klimautfordringene, og EU trekker frem bygg og anlegg som blant de viktigste sektorene for å oppnå sirkulærøkonomi i Europa (Grønn Byggallianse, 2020). I Norge inngår sirkulær økonomi som en svært viktig del av det politisk ønskede «Grønne skiftet», og inngår i målet om en bedre ressursforvaltning. Grønn Byggallianse trekker frem at det vil kreve omfattende endringer i krav og rammeverk for å omstille byggebransjen til en sirkulærøkonomisk modell. Det vil også være nødvendig med endringer i eksisterende og innarbeidede rutiner innenfor avfallssortering og prosjektering av nybygg.



Figur 2.5: Forskjellen på omløpet til "Lineær økonomi" og "Sirkulær økonomi" (Optimera, 2020).

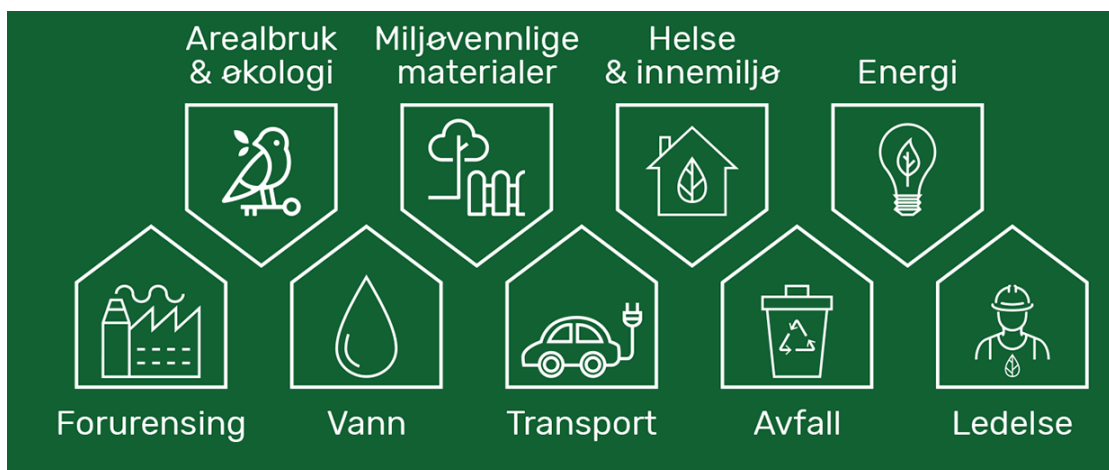
Europakommisjonen la i 2015 frem en handlingsplan med 54 tiltak for en overgang fra den nåværende lineære økonomien til en sirkulær økonomi i Europa (Europakommisjonen, 2015). EUs kommende byggstrategi har som mål å bidra til en mer effektiv bruk av materialer, samt å redusere klimapåvirkningen fra bygg og anlegg (Regjeringen, 2020a). Dette er en revidering av EUs forordning om byggevarer, som skal stille krav om bruk av sekundære råvarer. Strategien skal også fremme mer sirkulære bygg gjennom nye materialgjenvinningsmål.

Green Deal er et tiltak som forespeiler en «renovasjonsbølge», som skal gi en stor forbedring av energieffektiviteten for bygg. Sirkulær økonomi vil ha en sentral rolle for å få til dette.

Den norske regjeringen la i januar 2018 frem en politisk plattform for de neste fire årene, hvor de ønsker å legge om Norges økonomi for å skape et mer bærekraftig samfunn, på bakgrunn av FNs bærekraftsmål (Statsministerens kontor, 2018). Det kommer frem i plattformen at regjeringen ønsker at Norge skal være et foregangsland for utvikling av en bærekraftig sirkulær økonomi som utnytter ressurser effektivt.

## BREEAM

BREEAM er et internasjonalt initiativ hvor ideen er å premiere byggeprosjekter som strekker seg lenger enn bare byggeforskriftenes minstekrav knyttet til miljø (Nordby og Wærner, 2017).



Figur 2.6: Kategorier i BREEAM NOR (Liaparken, u.å.)

Premieringssystemet består av forskjellige grader hvor disse kategoriseres utfra hvor stort miljøavtrykk de skaper. De ulike gradene deles ut på grunnlag av hvor mange poeng et prosjekt har oppnådd. BREEAM Outstanding er i dag den øverste graden et prosjekt kan oppnå. I Norge er det utviklet en egen norsk utgave som er tilpasset det norske markedet med navnet BREEAM NOR. Den norske utgaven er delt inn i 9 forskjellige kategorier.

Emne	Poeng	Poengsammendrag
Wst 01 Avfallshåndtering på byggeplass	3	Utarbeide en plan for ressurs håndtering på byggeplassen. Begrense avfallsmengder og utnytte mulighet til sortere, gjenbruke og resirkulere avfall på byggeplass.
Wst 02 Resirkulerte tilslag	1	Spesifisere prosentandel resirkulert eller gjenvunnet tilslag mot fastsatte mål.
Wst 03a Avfall i driftsfase Wst 03b Avfall i driftsfase	1 2	Stille til rådighet plass og mulighet til å sortere og oppbevare resirkulerbart avfall i driftsfasen fra bygg/enhet, brukere og virksomhet.
Wst 04 Valg av gulvbelegg og himling	1	Spesifisere og vise frem gulvbelegg og himling etter avtale med bruker eller for utleide områder der fremtidig leietager ikke er kjent i et begrenset utstillingsområde for å redusere unødig avfall.

Figur 2.7: Oversikt poengutdeling avfallskategori BREEAM (Byggalliansen, 2019a, s. 220).

Avfallskategorien i BREEAM NOR har som formål å skape en mer helhetlig tankegang rundt avfall (Byggalliansen, 2019a, s. 221)

Totalt gir hele avfallskapittelet i BREEAM NOR standarden 8 poeng. Avfallshåndtering på byggeplass deler maksimalt ut 3 poeng. Disse 3 poengene fordeles på følgende vis:

- Et poeng for registrering og oppfølging av avfallsproduksjon på byggeplass.
- Et poeng deles ut dersom over 75 % av avfallet sorteres.
- To poeng deles ut dersom prosjektet sorterer over 85 % av avfallet

Dette betyr at BREEAM i dag ikke stiller direkte krav til hvor mye avfall som produseres.

## 2.3 Ny tankegang ved prosjektering

### Historiske eksempler på demontering fra Norge

I dag blir bygninger prosjektert med den hensikt at de skal være permanente konstruksjoner (Crowther, 2002). Trevirke kan ha en levetid på minst 70 år, men kan stå enda lenger ved riktig vedlikehold (Multiconsult, 2009). Likevel prosjekteres ofte bygninger med en levetid på ca. 45 år. De 10 første årene etter at bygninger står ferdig er det sjeldent behov for større vedlikeholdsarbeider. Men, allerede etter 20-30 år, vil det ofte være behov for å modernisere

eller bygge om. Bygninger har ikke alltid blitt prosjektert slik det gjøres i dag. Historisk sett så har bygninger i tre dominert både i Norge og Europa. Metodene som ble brukt gjorde demontering enkelt, da trepluggene som koblet konstruksjonen sammen, kunne tas ut (Nordby, 2009; 3XN architects, 2019). Dette ga et fleksibelt og modulært system som gjorde det enkelt dersom bygninger skulle endres på eller bygges ut. Dette kunne gjøres uten at den arkitektoniske stilen ble endret. Systemet tillot også at bygninger kunne demonteres, for å så bli flyttet og satt opp igjen et annet egnet sted.

I Norge kan det trekkes frem et eksempel hvor eldre bygningsmasser er blitt demontert, før de ble gjenreist et annet sted. I 1841 og 1842 var det bybrann i Trondheim, hvor nærmere halvparten av bygningsmassen i Trondheim gikk tapt (Nordby, 2009). Etter brannen ble ubebodde trebygninger i områder rundt Trondheim demontert, før bygningene ble satt opp igjen inne i byen. For å gjenreise byen etter brannen, ble eldre bygninger brukt for å bygge nye. Bygningsarbeidere benyttet de samme monteringsmetodene og likt verktøy. Materialene som ble brukt var produsert lokalt. Selv om halvparten av bygningsmassen gikk tapt, tok det mindre enn to år å gjenoppbygge byen. Til tross for den korte gjenoppbyggingsperioden, og at de benyttet gjenbrukte materialer, så har disse bygningene vist å ha en høy kvalitet, ettersom flere av disse bygningene fremdeles står i Trondheim sentrum.






### ***Design for disassembly* – Prosjektere for demontering**

Boken *Building a Circular Future*, tar for seg noen mulige tanker og løsninger om hvordan man kan implementere sirkulærøkonomiske prinsipper ved oppføring av nybygg (3XN architects, 2019). Boken er utarbeidet av et dansk arkitektfirma, og er publisert med støtte fra Danish Environmental Protection Agency. I boken tar 3XN Architects for seg en business case, hvor de undersøker forskjellen på å benytte seg av en lineær modell ved rivning og nedgradering av materialer fra en bygning. Videre undersøkes resultater fra dette opp mot en sirkulær modell hvor det er lagt til rette for prosjektering for demontering og ombruk av materialer. 3XN Architects kunne gjennom denne casen dokumentere at det ville være økonomisk bærekraftig å implementere en sirkulærøkonomisk modell for byggebransjen.

I rapporten kommer det frem at å prosjektere for demontering er en måte å prosjektere på, hvor hovedmålet bak det prosjekterte designet er at det enkelt skal kunne tas fra hverandre igjen. Ved denne fremgangsmåten» blir sirkulærøkonomiske prinsipper implementert gjennom at de ulike bygningskomponentene blir prosjektert for å passe inn i en lukket

materialsyklus. Dette fører til at komponentene vil kunne bli demontert, ombrukt og resirkulert til nye produkter med tilsvarende eller bedre kvalitet. Arkitekt og senior rådgiver i 3XN Architects, Kasper Guldager Jensen, utaler følgende om hvordan bygninger blir prosjektert i dag «Today buildings are statically welded, glued and cast together. By designing for disassembly, future building will be flexible and function as material banks.» (3XN architects, 2019, s. 33).

Tidligere i oppgaven ble det trukket frem at en god prosjektering og optimalisert produksjon vil ha positive miljøfordeler med tanke på avfallsreduksjon. I et lengre tidsperspektiv vil klimaavtrykket fra komponentene som er prosjektert for demontering være vesentlig mindre, enn ved tradisjonelle komponenter. Sett i det store bildet vil det bli produsert mindre avfall fordi disse komponentene lettere lar seg demonteres, oppgraderes, gjenbrukes og vedlikeholdes. Fordelen ved tilgang og mulighet for enklere ombruk av elementene, er at etterspørselen etter nye materialer vil reduseres. En positiv effekt ved dette, er at det vil lette etterspørselen av nye materialer, i en allerede sterkt presset ressurskapasitet (3XN architects, 2019).

 Materials	 Service Life	 Standards	 Connections	 Deconstruction
<p><b>Choose materials with properties that ensure they can be reused.</b></p>	<p><b>Design the building with the whole lifetime of the building in mind.</b></p>	<p><b>Design a simple building that fits into a 'larger context' system.</b></p>	<p><b>Choose reversible connections that tolerate repeated assembly and disassembly.</b></p>	<p><b>As well as creating a plan for construction, design the building for deconstruction.</b></p>
<p><b>Quality</b> Use materials of a high quality that can handle several life cycles.</p>	<p><b>Layers</b> Make the long lasting building elements allow for flexibility, so other elements are easily changed.</p>	<p><b>Modularity</b> Use modular systems where elements easily can be replaced.</p>	<p><b>Accessible</b> Make the connection accessible in order to minimize assembly and disassembly time.</p>	<p><b>Strategy</b> Create a simple plan for deconstruction, to ensure a quick and easy disassembly process.</p>
<p><b>Healthy</b> Use non-toxic materials to provide a healthy environment — now and in the future.</p>	<p><b>Flexibility</b> Make a flexible building design that allows the functions to adapt and change in the future.</p>	<p><b>Prefabrication</b> Use prefabricated elements for a quicker and more secure assembly and disassembly.</p>	<p><b>Mechanical</b> Use mechanical joints for easy assembly and disassembly without damaging the materials.</p>	<p><b>Stability</b> Make sure that stability in the building is maintained during deconstruction.</p>
<p><b>Pure</b> Use as pure materials as possible, which can be recycled with ease.</p>	<p><b>Interim</b> Think of the building as a temporary composition of materials and design with the preservation of material value in mind.</p>	<p><b>Components</b> Create a component when the composition of elements becomes too complex to handle.</p>	<p><b>Dissolvable</b> Avoid binders, but if necessary, use binders that are dissolvable.</p>	<p><b>Environment</b> Ensure the deconstruction plan is respectful to the nearby buildings, people and nature.</p>

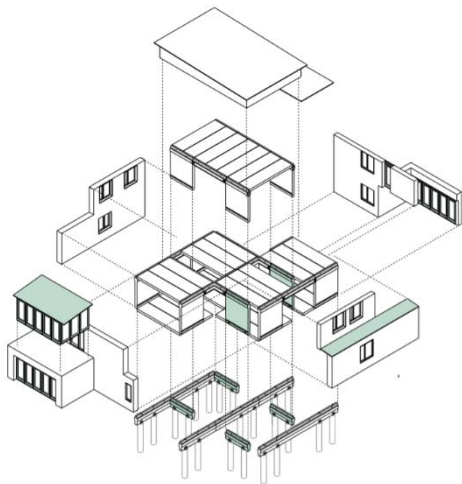
Figur 2.8: Fem prinsipper for å få til å prosjektere for demontering (3XN architects, 2019)

Det framkommer i rapporten at det i fremtiden vil være muligheter for at bygninger en dag kan fungere som en hovedkilde for uthenting av materialer. Hvis bygningskomponenter

prosjekteres for demontering, så vil materialer kunne hentes ut fra allerede eksisterende bygninger. På den måten vil bygninger kunne sees på som materialbanker. Utfordringene ved denne teorien vil være å produsere komponenter som lar seg ombruke, uten betydelig reduksjon av kvalitet.

## Pilotprosjekter

Det er allerede noen pilotprosjekter, hvor det har blitt tatt høyde for prosjektering for demontering. Et pilotprosjekt fra Danmark er *Circle House project* som er et prosjekt bestående av 60 boliger i Lisbjerg, som er lokalisert utenfor Aarhus. Bygningsmassene er prosjektert slik at over 90 % av byggematerialene kan brukes på nytt, uten at det går på bekostning av kvaliteten på materialenes nye bruksområde.



Figur 2.9: Slik settes de ulike modulene sammen, for å enkelt kunne reversere (3XN architects, 2019)



Figur 2.10: Fasaden på pilotprosjektet i Danmark (3XN architects, 2019)



Figur 2.11: Kontorbygget som bygges av AF Eiendom og Höegh Eiendom (Byggeindustrien, 2021).

I Norge er det også satt i gang prosjekter hvor bygninger designes og prosjekteres for å kunne demonteres og brukes om igjen (Byggeindustrien, 2021). Höegh Eiendom og AF Eiendom har



prosjektert et kontorbygg i Oslo, hvor bygningsmaterialenes neste livsfase er tatt hensyn til. Trebygget prosjekteres slik at det er demonterbart og kan gjenbrukes i andre prosjekter i fremtiden.

## **Avfallsfrie byggeplasser**

Avfallsfrie byggeplasser er i ferd med å etablere seg som et av Norges største miljøtiltak, hvor de ti største offentlig byggherrene i landet vil kreve avfallsfrie byggeplasser fra 2022 (NTI, 2019). Begrepet avfallsfrie byggeplasser ble først benyttet av forretningsutvikler John R Moen i 2017. Formålet med avfallsfrie byggeplasser er å hindre/reducere avfall på byggeplass og i produksjon til byggeplass. Moen uttaler seg som følgende «Å bruke kostbare ressurser til å produsere søppel på norske byggeplasser er ikke bare dumt, det er direkte umoralsk.» (Avfallsfrie Byggeplasser, 2021)

Begrepet avfallsfrie byggeplasser ble tatt i bruk i innlegget til John R. Moen som ble publisert i september 2017 på hjemmesiden til Byggeindustrien (Moen, 2017). Formålet med initiativet til avfallsfrie byggeplasser er å hindre at avfall oppstår både på byggeplass og i produksjon til byggeplass. Dette skal bidra til å minske miljøavtrykket fra BA-bransjen, skape en økt ressurseffektivitet og oppnå en mer bærekraftig byggenæring. Avfallsfrie byggeplasser der det ikke genereres avfall vil samsvare med FNs bærekraftsmål.

### **Avfallsfrie byggeplasser er**

- ...en helt ny måte å tenke ressursbruk på.
- ...antagelig Norges største, enkeltsående miljøtiltak.
- ...et tankesett som vil gi globale ringvirkninger langt utover byggenæringen.
- ...en effektiv måte å digitalisere hele byggenæringen på.
- ...en mulig redningsplanke for å berge lønnsomhet, produktivitet og videre liv i en norsk byggenæring under stadig større press.
- ...et langt skritt mot en industrialisert, lønnsom og levedyktig norsk byggenæring.
- ...en naturlig og farbar vei til fremtidens sirkulærøkonomiske tankegang og praksis.

Figur 2.12: Definisjonen, samt målene ved initiativet med Avfallsfrie byggeplasser (NTI, 2019).

Det trekkes frem tre prinsipper knyttet til avfallsfrie byggeplasser. Disse prinsippene utdypes videre under.



DIGITALISERING

*Et bygg som er produsert avfallsfritt vil i gjennomsnitt ha et 30 % mindre karbonavtrykk enn om det var bygget tradisjonelt.*



INDUSTRIALISERING

*Avfallsfrie Byggeplasser stiller høye krav til gode informasjonssystemer som kan behandle og presentere store mengder informasjon på en effektiv måte.*



BÆREKRAFT

*Prefabrikasjon av elementer blir en naturlig del av Avfallsfrie Byggeplasser.*

Figur 2.13: Tre sentrale prinsipper for å få til avfallsfrie byggeplasser (NTI, 2019).

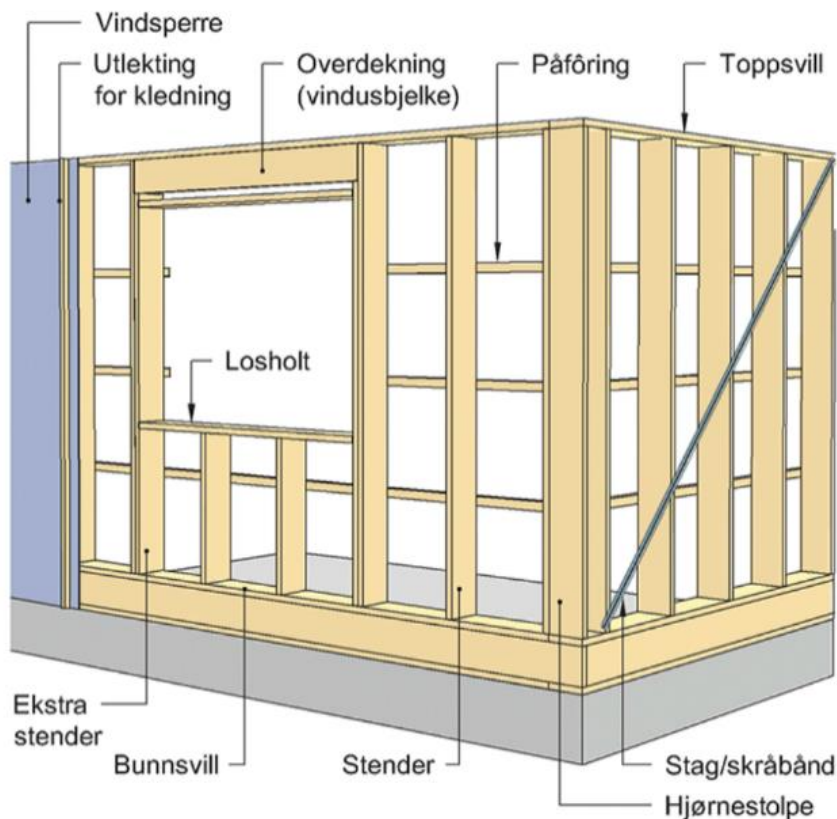
## 2.4 Yttervegger

### Bindingsverk av tre

Utviklingen fra enkle laftehus og langhus til dagens energieffektive bindingsverkshus med tekniske installasjoner, viser den lange tradisjonen for bruken av trevirke her i landet (Edwardsen og Ramstad, 2018, s. 9). God tilgang på materiale, lav egenvekt, godt inneklima og sirkulær økonomi er noen av grunnene til at treverk er et populært byggemateriale (Tenka, 2019).

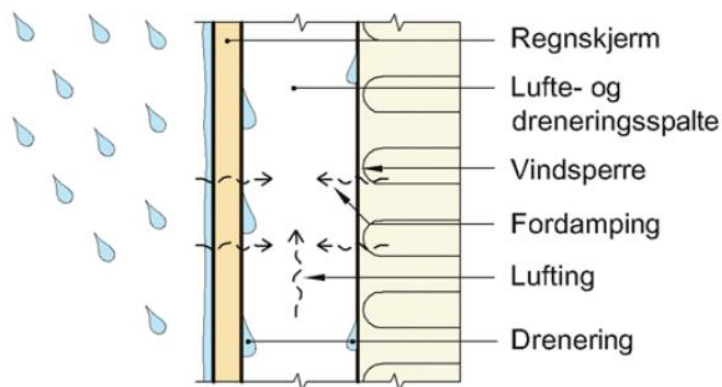
Tradisjonelle plassbygde bindingsverkshus vil si at de bærende konstruksjonene i form av gulv, vegger og tak samt øvrige deler til et ferdig hus settes sammen på byggeplassen av byggevarer i form av bygningsmaterialer og mindre komponenter (Edwardsen og Ramstad, 2018, s. 20). Bindingsverk er en rammekonstruksjon bestående av stendere med senteravstand 600mm, sviller, losholter, spikerslag og skråbånd (Edwardsen og Ramstad, 2018, s. 10). Bindingsverket trenger også utfylling i åpningene og/eller kledning på én eller begge sider for

å danne en tett vegg. Figur 2.14 fra Byggforskserien viser hvordan et typisk bindingsverk av trevirke kan se ut.



Figur 2.14: Ulike komponenter i bindingsverksvegger (SINTEF Byggforsk, 2014)

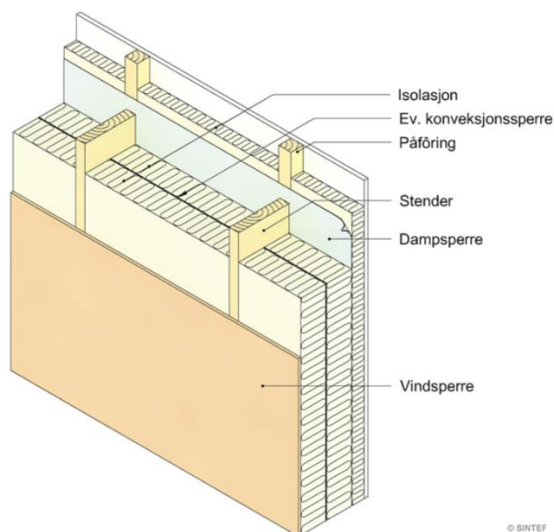
For videre komplimentering av ytterveggen må det varmeisolereres og tettes. Dette gjøres for å hindre varmetap og for at fuktighet ikke kan trenge inn og gi fuktskader som sopp- og muggvekst. Fasadekledning, vinduer, dører og tekniske installasjoner skal utformes slik at eventuell fukt kan tørkes ut (SINTEF Byggforsk, 2020). På innvendig side av bindingsverket vil det være innvendig kledning og en dampsperre som skal forhindre luftlekkasjer og vanndampdiffusjon gjennom veggen. På utvendig side monteres vindsperre og utlektet kledning. Vindsperra skal hindre luften utendørs å trenge inn i veggen og svekke effekten av varmeisolasjonen. Vindsperra skal også sørge for at fuktighet som kommer forbi kledningen ikke trenger videre inn i veggen og må derfor være både lufttett og vannavisende. Den utvendige kledningen skal fungere som en regnskjerm og beskytte vindsperra mot nedbør og ytre påkjenninger. Ved å lekte ut den utvendige kledningen vil man oppnå en ventilert og drenert luftespalte mellom kledningen og vindsperra, som vil hjelpe til med å lede vannet som trenger gjennom regnskjermen vekk fra den resterende konstruksjonen. Dette kalles en totrinnstetning (SINTEF Byggforsk, 2013).



Figur 2.15: Prinsippskisse av totrinnstetning (SINTEF Byggforsk, 2013)

Mellom innvendig og utvendig side finnes stenderverket og varmeisolasjonen.

Varmeisolasjonens funksjon er å forhindre varmetap gjennom konstruksjonen og er det viktigste og enkleste tiltaket for å redusere energibehovet i et hus (Edvardsen og Ramstad, 2018, s. 48). For å få riktig veggtykkelse og en eventuell tykkere isolasjon kan påføring være et alternativ. Påføring utføres med horisontale eller vertikale lekter for å bygge ut veggen og deretter fylle hulrommene med varmeisolasjon. Påføring kan gjøres både på utvendig og innvendig side, men er mest vanlig på innvendig side (SINTEF Byggforsk, 2020).



Figur 2.16: Oppbygging av bindingsverkvegg uten utlekting og utvendig kledning (SINTEF Byggforsk, 2020).

## Tradisjonelle plassbygde yttervegger i tre

Ved tradisjonell byggeplassutførelse leveres de forskjellige komponentene og materialene til en byggeplass før det settes sammen til en vegg av arbeiderene på plassen. Ved oppføring av yttervegger vil stenderverket i tre bli kappet til og bearbeidet på byggeplassen. Dette gjør at eventuelle endringer og justeringer på byggeplassen vil være lettere (Edvardsen og Ramstad,

2018, s. 23). Detaljer i konstruksjonen er som regel ikke forhåndsbeskrevet og bør utføres av fagpersoner innen tømrerfaget med god håndverkkompetanse.

Ved plassbygde yttervegger vil byggingen foregå over lengre tid, og bygget vil være utsatt for vær og vind i denne perioden. Dette kan føre til fuktproblemer i veggene, og det bør settes av ekstra tid til uttørking av konstruksjonen (Edwardsen og Ramstad, 2018, s. 23-24). Det er også viktig at materiale som brukes i byggeperioden blir oppbevart på en forsvarlig måte. Er det ikke mulig å oppbevare dette i et lukket bygg, er det viktig at de lagres tørt på en annen måte. For å unngå fuktighet i konstruksjonene er viktig å planlegge arbeidet godt for å få lukket bygget på et tidlig tidspunkt. De bærende konstruksjonene i vegger og tak bør monteres først slik at taket kan tekkes raskest mulig og at man deretter kan lukke veggene. Bruk av precut konstruksjonsvirke som forhåndskappede stenderverk er også et alternativ for raskere byggetid og mindre risiko for fukt i veggene.

### **Prefabrikkerte ytterveggselementer i tre**

Fabrikkframstilte ytterveggselementer gir en vesentlig raskere lukking av en bygning, og redusere sannsynligheten for byggefukt sammenliknet med plassbygging (Edwardsen og Ramstad, 2018, s. 177). I motsetning til plassbygde vegger som blir satt sammen på byggeplassen, blir prefabrikkerte ytterveggselementer produsert på fabrikk, for så å bli transportert til byggeplassen. Elementene som blir fremstilt i en jigg på fabrikk vil som regel også være mer dimensjonsnøyaktige. Den vanligste formen for elementbygging er prefabrikkerte ytterveggselementer med lengde som er tilpasset avstanden mellom husetes hjørner og etasjehøyden (Edwardsen og Ramstad, 2018, s. 23). For å unngå unødvendig lagring på byggeplassen bør de monteres direkte fra transportbilen med en gang de ankommer ved hjelp av tårnkran, lastebilkran eller liknende.

Det finnes flere forskjellige ferdighetsgrader av veggelementene. Dette er noe som ofte blir tilpasset kundenes behov, men ifølge Edwardsen og Ramstad (2018, s. 177) skilles det som regel mellom åpne og lukkede elementer.

Åpne veggelementer er bindingsverksvegger uten innvendig kledning eller varmeisolasjon. Disse består av stenderverk, utvendig kledning og vanligvis med vinduer og dører ferdigmontert på fabrikk. Åpne veggelementer vil føre til ytterligere komplimenteringsarbeid på byggeplassen i forbindelse med tekniske installasjoner, men vil også gi mer fleksibilitet ved montering av innvendig tettesjikt, kledning, elektriske føringer og

tilslutning til etasjeskiller. Samtidig vil åpne veggelementer ha mindre risiko for fuktpåvirkning ved lagring, transport og montasje, og de vil være mindre utsatt for skader på innvendige flater.

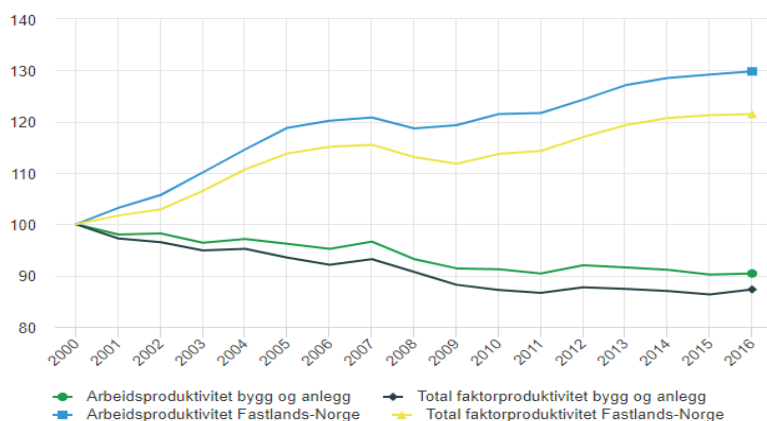
I lukkede veggelementer har varmeisolasjon og ofte innvendig kledning blitt ferdigmontert på fabrikk. Dette krever en grundigere prosjekteringsjobb og presise detaljberegninger som vil gi mindre fleksibilitet med tanke på justeringer på byggeplassen. Det må også tas større hensyn til eventuelle støtskader under transport og på klimapåvirkninger ved lagring. Til gjengjeld vil arbeidet og tidsbruken på byggeplassen reduseres betydelig.

Yttervegger i bygninger må avstives i veggplanet for å forhindre horisontale forskyvninger (Edwardsen og Ramstad, 2018, s. 184). Avstivning er også viktig i for prefabrikkerte yttervegger med tanke på transport og heising av elementene. Ved å bruke utvendig plater som også er beregnet til vindspærresjikt, vil man tidligere få tettet bygget og ytterveggene samtidig som de fungerer som avstivende elementer. Aktuelle produkter for avstivning og vindtetting på utvendig side er trefiberplater og gipsplater. En innvendig platekledning kan også fungere som avstivning, men for fritt å kunne endre innvendig veggkledning ved ett senere tidspunkt, anbefales det å avstive veggene på utsiden av bindingsverket.

## 2.5 Digitalisering av byggeplass

### Produktivitet

Prefabrikkerte elementer og digitalisering på byggeplass henger i sammenheng med den økende oppmerksomheten knyttet til produktivitet (Tekna, 2018). SSB forsøkte i 2018 å illustrere denne byggbransjens produktivitetsutvikling sammenlignet med utviklingen i andre bransjer. En måte å måle produktivitet på er å se på verdiskapning per timeverk (SSB, 2017).



Figur 2.17: Sammenligning av ulike bransjer målt i produktivitet (SSB, 2017)

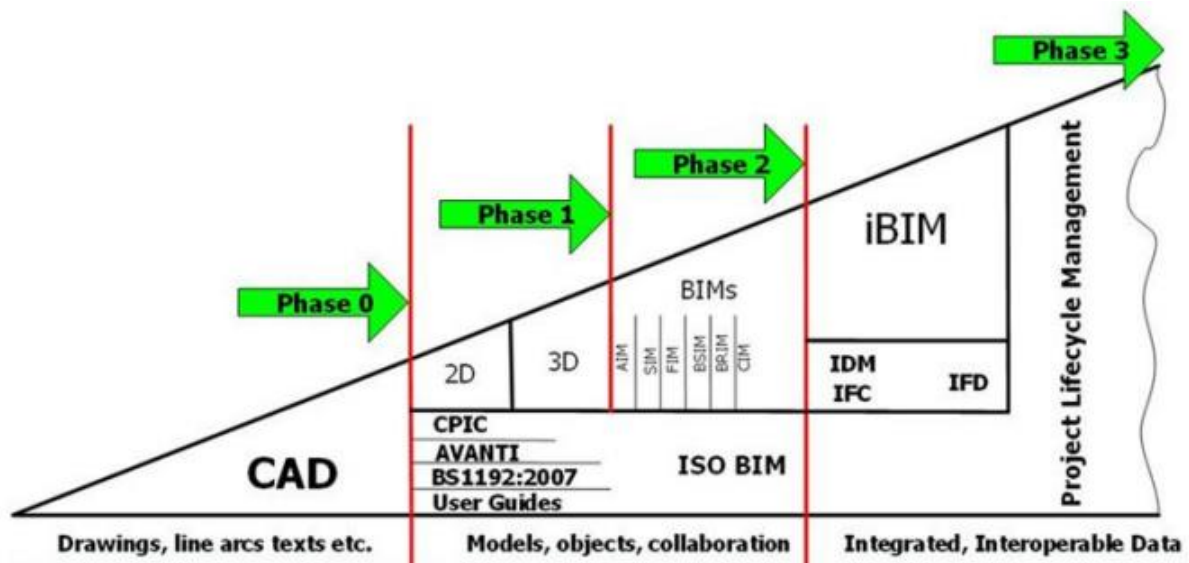
Figur 2.17 viser at byggenæringen faktisk har hatt en negativ utvikling de senere årene. Det er viktig å påpeke at dette er en omdiskutert rapport fordi det hevdes at den skjuler flere faktorer. Petter Eiken kritiserte analysen tidlig for dens manglende innhold (Byggindustrien, 2013). I kritikken pekte Eiken på flere faktorer som han mente manglet i analysen. Eiken nevner blant annet at det i dag bygges bygg som er mer kompliserte og med flere aktører enn det som ble gjort på begynnelsen av 2000-tallet. Et annet moment i kritikken er at flere elementer kommer ferdig produsert på byggeplass. Dette fører til at produktiviteten på disse elementene blir registrert i en produksjonshall, og ikke på byggeplass (Byggindustrien, 2013).

## **BIM**

BIM står for bygningsinformasjonsmodellering og har fått stor oppmerksomhet de siste årene (Grong, 2013, s. 17). BIM har eksistert siden tidlig på 2000-tallet, men det har aldri vært så aktuelt som i dag. En vanlig misforståelse er at BIM kun er et verktøy for å kunne arbeide i 3D. BIM kan betraktes som en prosess og ikke kun et verktøy (Jayasena og Weddikkara, 2013). Dette betyr at BIM handler om måten informasjon blir håndtert på, og hvordan en byggeplass kommuniserer. I arbeidet med bestilling og oppfølging av prefabrikkerte ytterveggselementer kan 3D-modeller i BIM bidra til realistiske visualiserte framstillinger av veggen.

BIM kan være sentralt fra tidlig i prosjekteringsfasen, og kan brukes ut byggets levetid (Skanska, UÅ). Det er forskjellig fra prosjekt til prosjekt hvor sentralt BIM er. Ingeniørene Mark Bew og Mervyn Richards forsøkte i 2008 å illustrere denne integreringen av BIM i byggeprosjekter gjennom å utvikle en modell (Mordue, 2019).

Som figur 2.18 viser er det stor variasjon i hvor integrert BIM er på byggeplass (Jayasena og Weddikkara, 2013). For å forklare modellen ytterligere utarbeidet Bew og Richards flere ulike nivåer knyttet til modellen. Nivåene er et forsøk på å generalisere byggeplasser slik at prosjektet kan vite hvor sentralt BIM er, og hvordan BIM kan integreres ytterligere.



Figur 2.18: «Bew-Richards BIM Maturity Model» (Jayasena og Weddikkara, 2013, s. 63)

**Nivå 0.** Prosjektet baserer seg hovedsakelig på 2D-tegninger. CAD-tegninger eksisterer gjerne både på papirform og digitalt. Prosjektet bruker ofte mye tid på å oppdatere og distribuere tegninger.

**Nivå 1.** 3D-modeller er etablert og brukes til visualisering. 3D-modellene er ikke tilstrekkelig innarbeidet slik at prosjektet fortsatt baseres på 2D-tegninger. Det er etablert noen fildelingssystemer som brukes til HMS-oppfølging eller annet dokumenteringsarbeid.

**Nivå 2.** Prosjektet har et innarbeidet 3D-modeleringssystem. Systemet er kompatibelt slik at de ulike faggruppene på byggeplassen kan logge seg på og se samme 3D-modell. Likevel er det ofte kun tilgangen som distribueres. Dette betyr at 3D-modellen kun brukes til visualisering og de andre faggruppene legger derfor ikke inn egne endringer eller lignende.

**Nivå 3.** Foreløpig er nivå 3 kun et teoretisk nivå ettersom dette nivået ikke har blitt praktisert enda (Mordue, 2019). Dette skyldes at det stilles store krav til digitalisering fra alle aktører knyttet til byggeplassen. Tegninger og andre sentrale dokumenter skal lagres i et kompatibelt system slik at alle har tilgang og kan få innsyn og muligheten til å kommunisere. Prosjektet baserer seg på disse systemene og er avhengige av at alle som inngår i byggeprosessen er velkjent med digitale hjelpemidler.



## 3 Metode

Dette kapitlet beskriver fremgangsmåten for hvordan oppgaven er løst og hvilke metoder som er benyttet. Det vises en vurdering av noen aktuelle metoder, en begrunnelse for valg av metodene og hvordan de er brukt. Til slutt er det gjort en vurdering av oppgavens reliabilitet og validitet.

### 3.1 Fremgangsmåte for valg av metode

I denne oppgaven er det et ønske om å undersøke og forstå sammenhengen mellom avfall som genereres på byggeplass og hos produsent av yttervegger. For å knytte sammenhengen opp mot FNs bærekraftsmål om å redusere avfall og CO<sub>2</sub>-avtrykket, kan både kvalitative og kvantitative metoder være aktuelle.

For å få en økt forståelse av hvordan avfall oppstår på byggeplass og hos produsent ble det valgt å benytte kvalitative intervjuer. Begrunnelsen for dette valget var i all hovedsak knyttet til ønske om erfaringsnær dybdekunnskap. Kvalitative intervjuer kjennetegnes ved at de gir tilgang til noen få informanters svar på det det spørres etter. Det gir slik sett tilgang til en dybdeforståelse. Dette i motsetning til kvantitative spørreundersøkelser der flere informanter spørres og besvarer spørsmål. Tilgangen til den erfaringsnære dybdekunnskapen er derfor begrenset på grunn av forhåndsdefinerte svaralternativer. Kvalitative intervjuer ble vurdert som den beste fremgangsmåten for å få tilgang til informantenes erfaringer, synspunkter og den informasjonen de selv anså som nyttig.

For å illustrere forskjellen i mengden avfall mellom plassbygde yttervegger og prefabrikkerte ytterveggselementer, ble beregninger sett på som den mest aktuelle fremgangsmåten. Dette var for å kunne vise til tallfestet informasjon som bidrar til å svare på oppgavens problemstilling. De valgte forskningsmetodene er grundigere beskrevet i de påfølgende underkapitlene.

## 3.2 Kvalitative og kvantitative metoder

Kvalitativ metode er en forskningsmetode som blir brukt til å hente inn og analysere kvalitative data (Grønmo, 2020a). Dette er data som ofte kommer i form av tekst, i motsetning til kvantitativ data som ofte uttrykkes i form av tall eller andre mengdetermer. Noen metoder for innhenting av kvalitativ data kan være etnografi, deltakende observasjon, intervjuer, fokusgrupper eller kvalitativ innholdsanalyse. Analyse av kvalitativ data omfatter blant annet koding av datamateriale. Dette vil si at større eller mindre elementer av teksten merkes med stikkord, som beskriver og karakteriserer innholdet i hvert enkelt element. Ved hjelp av disse stikkordene blir ulike tekstelementer sammenliknet, med sikte på å finne typiske og generelle mønstre i datamaterialet. Hensikten med kvalitative studier er ofte å oppnå dybdekunnskap og helhetlig forståelse av spesifikke kontekster, eller å skape kategorier, begreper og typologier. Studiene baseres ofte på mye data om hver enhet.

Kvantitativ metode er en forskningsmetode som blir brukt ved å hente inn og analysere kvantitative data (Grønmo, 2020b). Dette er ofte data som kommer frem i form av tall eller andre mengdetermer. Kvantitative studier omfatter gjerne mange forskjellige enheter. Enhetene kan ofte være individer, organisasjoner, stater eller lokalsamfunn. Metoder for innhenting av data kan være strukturert observasjon, kvantitativ innholdsanalyse, strukturert utspørring eller hentes inn fra kilder som offentlig statistikk, samt forskjellige registre og databaser. For å analysere disse dataene kan noen vanlige metoder være tabellanalyse, korrelasjonsanalyse eller regresjonsanalyse. Studiene tar sikte på en begrenset mengde informasjon om hver enhet, men til gjengjeld opererer med mange enheter. Kvantitative metoder brukes til å utvikle en oversikt over generelle forhold og til å teste teorier og hypoteser.

## 3.3 Valgte metoder

I denne oppgaven er det tatt utgangspunkt i en kombinasjon av kvantitative beregninger og kvalitative intervjuer. Dette er gjort for å skaffe en dybdekunnskap og et større grunnlag for å kunne svare på oppgavens problemstilling. Nedenfor er det gjort en fremstilling av hvordan de aktuelle metodene er brukt.

### 3.3.1 Litteraturstudie

Litteraturstudie og aktuelle bøker er i hovedsak benyttet for å finne litteratur til det teoretiske rammeverket. Pensumlitteratur fra tidligere emner forfatterne har fullført ved NTNU, er også benyttet for å finne godt og relevant lesestoff. For litteraturstudie er det i hovedsak brukt søkedatabasene Oria, Byggeindustrien, Byggforskserien, Byggealliansen, NTNUopen og Google Scholar. Typiske brukte søkeord har vært; *Prefabrikkerte ytterveggselementer, bindingsverk av tre, prefabrikasjon, avfall på byggeplass, FNs Bærekraftsmål, Parisavtalen og bærekraftig byggebransje*. For å finne engelsk litteratur ble tilsvarende engelske søkeord benyttet. Utvalg av litteratur er gjort i tråd med tema for oppgaven, samt valgt litteratur er gjort ut ifra hva som gav svar til oppgavens problemstilling. Problemstillingen står dermed som grunnlaget for den valgte litteraturen. Det er ikke gjort fullstendig gjennomgang av all aktuell litteratur, men kun relevante utdrag er gjennomgått. Den valgte litteraturen ble også utvalgt for å utvikle ny forståelse og for å gi økt kunnskap rundt oppgavens tematikk.

### 3.3.2 Intervjuer

For å innhente erfaringer fra fagfolk rundt prefabrikkerte ytterveggselementer ble intervjuer vurdert som den mest hensiktsmessige metoden. Som metode ble det valgt semistrukturerte intervjuer. Dette vil si at det ble utarbeidet en intervjuguide som skulle fungere som en «ramme» i intervjuet, men at det også er mulig å komme med oppfølgingsspørsmål for å få utdypende svar der det er aktuelt (Andersen, 2020). Dette ble valgt for å få informanten til å føle at intervjuet var mer en samtale enn et avhør (Academic Work, u.å.). Ved bruk av intervjuguiden var det alltid en mal å falle tilbake på og en rød tråd som kunne følges gjennom alle intervjuene.

Det ble valgt å lage to forskjellige intervjuguides. Én for produsent og én for entreprenør. De fleste spørsmålene i intervjuguidene var like, men det ble gjort noen justeringer for å få det mer relevant til den intervjuende parten. Intervjuguidene ble oversendt til intervjuobjektene på forhånd, slik at de fikk muligheten til å forberede seg, dersom de ønsket det. Dette kan ha bidratt til en større grad av trygghet for både intervjuer og informant i intervjusituasjonen. Videre kan det ha påvirket kvaliteten på svarene gjennom at svarene muligens var gjennomtenkt på forhånd.

Intervjuguiden besto av 19 og 20 spørsmål, og finnes i vedlegg 2a og 2b. Intervjuguiden er delt opp i 4 kategorier:

- Generelle spørsmål og bakgrunn (6 spørsmål)
- Forhold på byggeplass (3 spørsmål produsent og 5 spørsmål entreprenør)
- Ressurseffektivitet (8 spørsmål produsent og 7 spørsmål entreprenør)
- Tilleggsspørsmål (2 spørsmål)

Intervjuguiden er delt opp i kategorier for å få oversikt og at informanten hele tiden vet hva intervjueren er ute etter. Spørsmålene ble oversendt til oppdragsgiver Ø.M Fjeld for godkjenning og kvalitetssikring. Noen av spørsmålene gikk ytterligere inn på kvalitet og effektivisering, enn avfall. Likevel ble disse spørsmålene tatt med som aktuelle for å avdekke mulige bakenforliggende årsaker til at avfall oppstår.

I forbindelse med bacheloroppgaven ble det gjort ni intervjuer med personer som har erfaring fra byggebransjen og prefabrikkerte ytterveggselementer. Tre av personene var fra produsentsiden, og seks av personene var fra entreprenørsiden. Tabellen nedenfor viser intervjuobjektene i oppgaven og informasjon om stilling, utdanning og relevant arbeidserfaring. Av hensyn til personvern er det valgt å skjule navn og arbeidsgiver til intervjuobjektene.

Tabell 3.1:  
Intervjuobjektene stilling og arbeidserfaring

Stilling	Tidligere rolle	Utdanning	Års erfaring
Driftsleder	Daglig leder glassprodusent	Diverse kurs	16 år
Avdelingsleder	Prosjektingeniør	Fagskole	14 år
Salgssjef	Daglig leder fabrikkprodusent	Fagbrev som tømrer	13 år
Daglig leder	Markedsdirektør	Økonomi og markedsføring	6 år
Anleggsleder	Formann	Fagbrev som tømrer	26 år
Kalkulatør	Anleggsleder	Bachelor som byggingeniør	28 år
Prosjektleder	Anleggsleder	Bachelor som byggingeniør	19 år
Anleggsleder	Formann	Fagbrev som tømrer	24 år
Prosjektleder	Anleggsleder	Fagskole	22 år

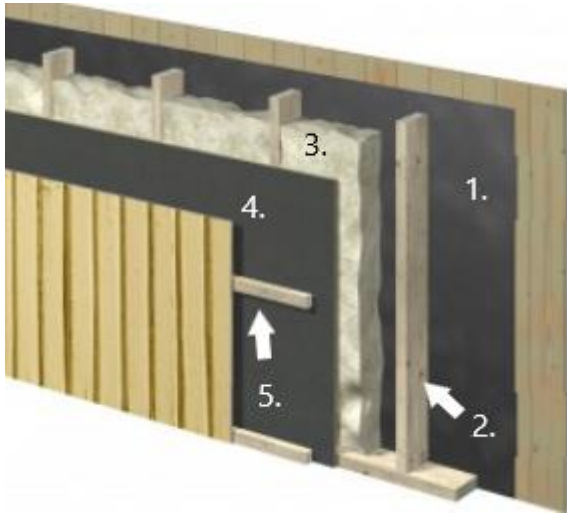
To av intervjuene ble gjennomført ansikt til ansikt i forbindelse med et fabrikkbesøk. Resterende intervjuer ble gjennomført digitalt via Zoom og Teams for å opprettholde smittevern og unngå unødvendig risiko med tanke på Covid-19. Alle gruppens tre medlemmer deltok under intervjuene og skrev uavhengige notater. Disse notatene ble sammenliknet i ettertid for kvalitetssikring.

Hvilke personer som er blitt forespurt om å delta som intervjuobjekter er basert på anbefaling fra ekstern veileder og variasjon i stillinger og arbeidserfaring. Dette var for å sikre varierte synspunkter og meninger. Alle intervjuobjektene har erfaring med prefabrikkerte ytterveggselementer. Det er i kapittel 4 gitt en presentasjon over hva som var gjentakende i intervjuene, men også hva som skilte seg ut og enkelte intervjuobjekters synspunkter presenteres. Fremstillingen av resultatene er delt opp i temaer, litt mer detaljert og utfyllende enn det som ble gjort for intervjuguidene. Grunnlaget for denne oppdelingen var for at leseren skal kunne ha et mer oversiktlig bilde og en mer samlet fremstilling av resultatene, fremfor stykkevis besvarte spørsmål fra hver enkelt informant.

### **3.3.3 Beregninger**

Beregningene som er gjort i forbindelse med bacheloroppgaven illustrerer hvor mye avfall som blir generert av en yttervegg. Dette gjør at det eksempelvis blir mulig å skille avfall fra bindingsverket i ytterveggen fra det totale avfallet til veggen. Videre er det beregnet hvor mye avfall som har blitt generert i noen utvalgte leilighetsprosjekter. Til slutt tar beregningene for seg hvor mye avfall som ville blitt redusert dersom ytterveggene var prefabrikkerte, i motsetning til plassbygde vegger som ble benyttet i de utvalgte leilighetsprosjektene.

Det ble vurdert flere metoder for å gjøre en slik veggberging realistisk. Beregningene er ment for å gi et reelt bilde av avfallsgenerering til yttervegger hos ulike leilighetsprosjekter. Dersom det skal være realistisk å sammenligne slike prosjekter, må beregningene ta utgangspunkt i samme vegg. Da antall veggåpninger varierer stort fra prosjekt til prosjekt ble det bestemt at dersom sammenligningen av prosjekter skulle være realistisk, ville det være hensiktsmessig å se bort ifra veggåpninger. Beregningene er kun ment for å illustrere avfallsgenereringen forbundet med yttervegger, derfor vurderes den valgte fremgangsmåten å være hensiktsmessig. Videre i kapittelet forklares det mer konkret hvordan beregningene har blitt gjort. Først illustreres det hvordan veggens oppbygning ser ut.



Tabell 3.2  
Forklaring figur 3.1

1	Innvendig dampsperre
2	Bindingsverk
3	Isolasjon
4	GU-Gips
5	Sløyfer

Figur 3.1: Oppbygning av yttervegg til beregninger (Hunton, u.å.)

Beregningene tar utgangspunkt i samme oppbygning som ble beskrevet i kapittel 2.4. Figur 3.1 illustrer hvilken veggoppbygning beregningene baseres på. Dermed ekskluderes innvendig og utvendig overflater fra beregningene. Denne ekskluderingen er foretatt som følge av opplysninger som framkom i intervjuene. Gjennom intervjuene, framkom det at disse overflatene ofte blir montert på byggeplass uavhengig av hvor ytterveggen er produsert.

En utfordring i dette arbeidet er at det ikke registreres statistikk over utnyttelsesgraden til materialer for et byggeprosjekt. Med andre ord føres det ikke statistikk over hvor stor andel av de innkjøpte materialene som blir brukt og hvor mye av dette som blir avfall. Det betyr at beregningsgrunnlaget for andelen svinn for hvert materiale ble innhentet gjennom intervjuprosessen. Ved å intervju flere erfarne ledere fra byggebransjen ga det en indikasjon på hvor mye materialer som blir bestilt og hvorvidt dette er korrekt mengde materialer for å sette opp en yttervegg. Dette ble gjort for at resultatene fra hvert enkelt intervjuobjekt kunne sammenlignes. Ved bruk av dette beregningsgrunnlaget får man følgende svinnprosent:

Tabell 3.3:  
Svinnprosent hos byggeplass

Treverk	10 %
Gips	20 %
Isolasjon	10 %
Plast	10 %

Tabell 3.3 viser at dersom en vegg inneholder 100 kg gips, vil veggen produsere 20 kg gipsavfall. Svinnprosentene er videre brukt i en beregning som viser hva en yttervegg inneholder. Disse beregningene indikerer at en kvadratmeter med yttervegg inneholder følgende.

Tabell 3.4:  
Beregning for vekt av isolasjon  
(Rockwool, 2021)

Isolasjon	
Vekt	2,8 kg/m <sup>2</sup>
Areal vegg	1,0 m <sup>2</sup>
Areal som skal isoleres	0,8 m <sup>2</sup>
<b>Vekter</b>	
Isolasjon	2,2 kg
Svinn	0,2 kg

Tabell 3.5:  
Beregning for vekt av plast  
(Glava, 2020)

Dampsperre	
Vekt	180 g/m <sup>2</sup>
Areal som skal dekkes	1,0 m <sup>2</sup>
<b>Vekter</b>	
Plast	0,2 kg
Svinn	0,018 kg

Tabell 3.6:  
Beregning for vekt av gips  
(Byggmaker, u.å.)

Gips	
Vekt	9,2 kg/m <sup>2</sup>
Areal vegg	1,0 m <sup>2</sup>
<b>Beregnet vekt (kg)</b>	
Gips	9,2 kg
Svinn	1,8 kg

Tabell 3.7:  
Beregning for vekt av sløyfer  
(Gausdal Landhandleri, u.å.)

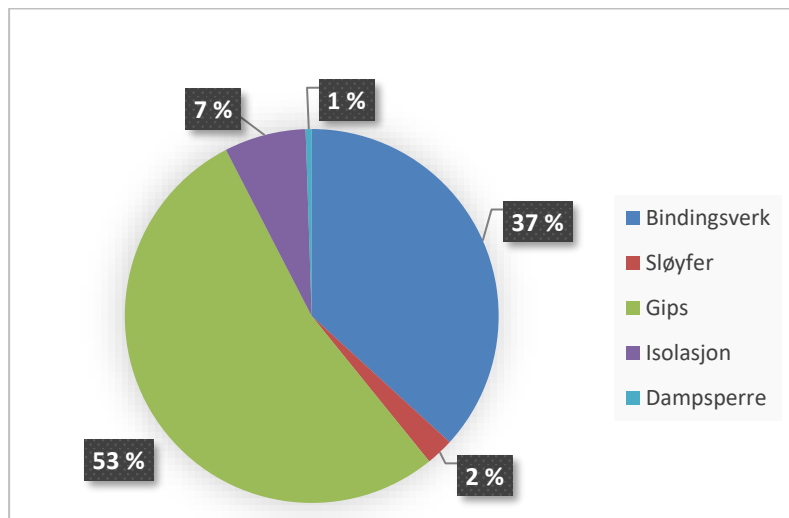
Sløyfer (Tre)	
Vekt	0,4 kg/m
Lengder	
Sløyfer	2,7 m
<b>Vekter</b>	
Sløyfer	1,1 kg
Svinn	0,1 kg

Tabell 3.8:  
Beregninger for vekt av bindingsverk (XL-Bygg, u.å.)

Bindingsverk	
Vekt	4,4 kg/m
Totale lengder	
Sviller	2,0 m
Stenderverk	2,6 m
Sum	4,6 m
<b>Vekter</b>	
Bindingsverk	20,6 kg
Svinn	2,1 kg

Denne oversikten innledes med å vise vekten til hvert materiale. Videre viser oversikten hvor mye materiale veggen inneholder, og deretter omgjøres denne til kilogram. Til slutt inkluderer den svinnprosentene ovenfor slik at den viser hvor mye avfall dette vil genere i kilogram. Eksempelvis viser beregningene for bindingsverk at en kvadratmeter med yttervegg vil gi totalt 2m med sviller. Disse 2m legges så sammen med mengden stenderverk som er 2,6m, siden senteravstanden er 0,6m. Videre viser beregningene at 4,6m stenderverk vil veie 20,6kg.

Siden svinnprosenten på treverk er satt til 10 % blir avfallsmengden målt til 2,06kg. Den samme beregningen gjøres så for gips, sløyfer, isolasjon og dampspærre. Dette gjør at ytterveggen vil generere følgende mengde avfall:



Figur 3.2 Fordeling av avfall fra plassbygde yttervegger

Svinnet fra disse beregningene settes så i sammenheng med de valgte leilighetsprosjektene. Dette blir gjort med følgende formel:

$$\begin{aligned} \text{Totalt avfall produsert hos prosjektet} - \text{Avfall fra yttervegger} \\ = \text{Avfall prosjektet ville hatt med prefabrikkerte yttervegger.} \end{aligned}$$

Avfallsdataen til de aktuelle prosjektene er innhentet fra Ø.M. Fjeld. Dataen viser hvor mye avfall prosjektene har levert, og hvor store de er. Dette gjør det mulig å beregne hvor mange meter med yttervegg et prosjekt inneholder. Dermed blir det mulig å sette prosjektets avfallsmengder i sammenheng med beregnet avfall fra yttervegger. De utvalgte prosjektene består utelukkende av leilighetsprosjekter som ble bygget med plassbygde vegger.

Beregningene er gjort med utgangspunkt i følgende leilighetsprosjekter:

- *Løvenskiold Terrasse*
- *Dr Jules Park*
- *Løkenåsen Panorama*

Til slutt beregnes det hvor mye avfall de tidligere prosjektene hadde fra plassbygde yttervegger. Dette blir satt opp mot svinnprosentene hos produsentene av prefabrikkerte veggelementer. Svinnprosentene hos produsenter av prefabrikkerte elementer er basert på



samme metodikk som hos byggeplass. Data fra intervjuene viste at andelen svinn er relativt lik hos produsentene selv om det ble argumentert for at det i noen tilfeller kan være mindre.

Tabell 3.9:

Svinnprosjenter hos byggeplass

Treverk	5 %
Gips	10 %
Isolasjon	10 %
Plast	10 %

Verdiene i tabellen over gjør at det er mulig å sammenligne yttervegger produsert på byggeplass og hos produsent, samt se hvor mye avfall som blir redusert totalt sett. Her brukes de aktuelle leilighetsprosjektene og beregningene illustrerer hvor mye avfall som hadde blitt bespart totalt sett, dersom disse prosjektene hadde benyttet seg av prefabrikkerte yttervegger.

### 3.4 Oppgavens reliabilitet og validitet

#### Reliabilitet

Med reliabilitet menes påliteligheten til resultater og stabilitet i målinger (Svartdal, 2020). Det kan sies at reliabiliteten er god dersom den samme informasjonen kan hentes inn fra andre forskere på et senere tidspunkt, og få samme resultater. Dersom man eksempelvis måler hvor lang en person er, er målet reliabelt hvis høyden er den samme ved hver måling. Er høyden forskjellig fra hver måling er reliabiliteten dårlig.

Litteraturstudie ble gjennomført for å få faglig kunnskap om avfall og prefabrikkerte ytterveggselementer. På bakgrunn av at det er benyttet pålitelige søkemotorer for informasjonsinnhenting til litteraturstudiet, kan reliabiliteten sies å være sterk for denne delen av arbeidet. Hvis det på nytt skulle hentes inn informasjon om oppgavens valgte tema, er det grunn til å anta at mye av den samme litteraturen ville ha framkommet i søkene. Til tross for dette kan det bli gjort menneskelige feilvurderinger og feiltolkninger av litteratur, som kan gi utslag på oppgavens reliabilitet. Det er blitt fokusert på å ikke bruke litteratur som er eldre enn 10 år. Dette er gjort for å være oppdatert på den nyeste kunnskapen og teorien som finnes om oppgavens tema, samt for å øke reliabiliteten til oppgaven.

Ut fra svarene fra intervjuene, er det grunn til å tro at samme informasjon vil kunne blitt hentet inn ved flere etterprøvinger dersom man intervjuet det samme intervjuobjektet. Dette kan sies å gi sterk reliabilitet. Hvis man derimot intervjuet andre personer kan man tenke seg

at svarene kunne blitt annerledes. Det bør også nevnes at empirien som framkommer kan ikke generaliseres og kan ikke sies å gjelde for en større gruppe. Dette svekker reliabiliteten. Flere av svarene i intervjuene var relativt like, selv om intervjuobjektene forklarte temaer og områder på ulike måter. Dette bidrar til økt reliabilitet. Intervjuobjektene som ble intervjuet i forbindelse med bacheloroppgaven, hadde en samlet lang erfaring med prefabrikkerte ytterveggselementer. Dette er med på å øke troverdigheten fra svarene i intervjuene, og dermed øke reliabiliteten. Det er som vist i dette avsnittet forhold som påvirker reliabiliteten i ulike retninger. Det konkluderes med at reliabiliteten for intervjuene er tilfredsstillende.

Beregninger ble gjennomført for å illustrere forskjellen i generert avfall mellom plassbygde yttervegger og prefabrikkerte ytterveggselementer. Lengdeverdiene på vegger som er brukt til beregninger, kommer fra oppdragsgiver sine gjennomførte prosjekter. Mengdeverdiene på avfall kommer fra eksternt renovasjonsselskap som fører detaljert statistikk på levert avfall fra prosjektene. Verdiene kan dermed sees som pålitelige og reliabiliteten derfor god.

Beregningene som er gjennomført er kvalitetssikret av ekstern veileder og andre fagkyndige fra oppdragsgiver. Derfor anses beregningene også som reliable. Ett tiltak som kunne gitt sterkere reliabilitet ville vært å kvalitetssikre beregningene ytterligere, for eksempel ved at enda flere parter ble trukket inn i arbeidet. Oppgavens omfang og tidsramme ga ikke rom for dette, og det er begrunnet at reliabiliteten er tilfredsstillende gjennom metodevalg og arbeid som beskrevet.

## **Validitet**

«Validitet betyr i hvilken grad man ut fra resultatene av et forsøk eller studie kan trekke gyldige slutninger om det man har satt seg som formål å undersøke» (Dahlum, 2021).

Validitet betyr det samme som gyldighet, og er med andre ord et mål på om den innhentede informasjonen er relevant for problemstillingen til oppgaven eller ikke.

Ved litteraturstudie er det hentet informasjon fra fagartikler, som vurderes til å være kilder med god gyldighet. For å bidra til en god gyldighet i oppgaven, er det gjort begrensede søk for å finne fagartikler som er relevante opp mot oppgavens problemstilling. Det er også hentet inn informasjon fra andre kilder som veiledere, pilotprosjekter, bransjeerfaringer, byggeallianser og artikler. Denne informasjonen er blitt brukt for å gi et relevant og oppdatert bransjesyn på temaet som trekkes frem i oppgaven. Informasjon fra slike kilder kan ikke vurderes til å være like gyldige som godkjente forskningsartikler, og det kan derfor påvirke

validiteten til oppgaven. Til tross for dette er den innhentede informasjonen kvalitetssikret gjennom å bli sammenlignet opp mot fagartikler. Det er verdt å merke seg at det finnes lite forskning om prefabrikkerte ytterveggselementer. Siden oppgaven begrenses til avfallsgenerering knyttet til prefabrikkerte ytterveggselementer, har det vært utfordrende å finne flere relevante fagartikler om oppgavens tematikk. Validiteten til litteraturstudie anses derfor som tilfredsstillende.

Forarbeidet som ble gjort i forbindelse med intervjuene var med på å øke oppgavens validitet. Intervjuguiden som ble utarbeidet ble kvalitetssikret av ekstern veileder, og informantene ble valgt ut fra anbefalinger knyttet til deres kunnskap og erfaring. Intervjuspørsmålene ble derimot skrevet i en tidlig fase da vi hadde begrenset kunnskap om temaet. Validiteten ville blitt styrket dersom spørsmålene hadde blitt omarbeidet i tråd med stadig ny kunnskap. En del av spørsmålene i intervjuene gikk inn på omkringliggende faktorer som tidsbruk, effektivisering og liknende, det vil si spørsmål som ligger litt utenfor temaet for oppgaven. Dette ble gjort for å skaffe en generell kunnskap rundt prefabrikkerte ytterveggselementer, men har ikke innvirkning på validiteten. Totalt sett kunne validiteten vært sterkere, men den blir ansett som tilfredsstillende for intervjuene.

Beregningene tok for seg aktuelle prosjekter som ble bygd på en tradisjonell måte og så på hvor mye avfall som kunne blitt spart ved å benytte seg av prefabrikkerte ytterveggselementer i stedet. Disse beregningene er relevante for å svare på oppgavens problemstilling og styrker derfor validiteten. Da oppgaven kun ser på yttervegger fra leilighetsprosjekter, gir de spissete beregningene svar som kan knyttes direkte til oppgavens problemstilling, og derfor anses validiteten som god.

## **Mulige feilkilder**

For innhentet litteratur kan feilkilder forekomme. Informasjonen som er hentet inn kan inneholde feil, og informasjonen kan være feil oppfattet. De valgte søkemotorene anses å være sikre, men feil kan likevel ikke utelukkes. Ved å undersøke flere kilder opp mot hverandre kan risikoen for feilkilder minimeres, men ikke forsvinne fullstendig. Også teori fra tidligere bachelor- og masteroppgaver bør behandles med forsiktighet. Disse er ofte skrevet av studenter med liten forskningserfaring, og kan dermed ha svakere reliabilitet og validitet enn fagartikler fra etablerte forskere på feltet. Ved å undersøke de samme kildene som disse oppgavene har brukt, vil sannsynligheten for feilinformasjon reduseres.

I forbindelse med intervjuer er det flere feilkilder som kan forekomme. Svarene fra de intervjuede kan bli feil oppfattet, og intervjuobjektene kan tolke spørsmål på forskjellige måter. De intervjuede kan være påvirket av tidligere erfaringer med avfall og prefabrikasjon som kan påvirke svarene på en positiv eller negativ måte. Intervjueren kan også påvirke svarene ved å lede informanten inn på ønskede svar. Dette er en påvirkning som kan skje både bevisst og ubevisst. Ved å stille objektive og åpne spørsmål slik at det blir mulig å komme med egne meninger, kan denne påvirkningen unngås til en viss grad. Det bør også nevnes at alle intervjuobjektene på entreprenørsiden var fra samme bedrift. Dette kan ha påvirket resultatene ved at avfallshåndtering og prosedyrer ved prefabrikasjon utføres likt i hele bedriften. For å minimere denne faren ble det intervjuet personer fra forskjellige avdelinger, i forskjellige stillinger, forskjellig alder og med forskjellig utdanning.

Det finnes også feilkilder som kan ha påvirket beregningene i oppgaven. Avgrensningene som er gjort med tanke på å ekskludere dører og vinduer kan ha vært med på å påvirke resultatene. Hvorfor disse er ekskludert er beskrevet under kapittel 3.3.3. Regnefeil i beregningene er også noe som kan forekomme. Selv om beregningene er oversendt til ekstern veileder og det er utført «sidemannskontroll» for å minimere disse feilene, er det viktig å påpeke at slike feil fremdeles kan oppstå. Svinnprosentene som er brukt i beregningene er hentet fra intervjuobjektene og deres erfaring. Selv om de intervjuede ofte har god oversikt og lang erfaring, kan denne svinnprosenten variere fra prosjekt til prosjekt, og derfor være en mulig feilkilde. En annen feilkilde som kan forekomme er beregningene som er gjort med tanke på vekten til materialene. For å finne ut vekten til et gitt materiale ble det foretatt litteratursøk, dermed tar beregningene utgangspunkt i disse resultatene. Materialer kan imidlertid variere i fuktighet, og dermed vil også vekten variere. Denne usikkerheten ble redusert ved å undersøke flere uavhengige kilder.

## **Oppsummering av oppgavens reliabilitet og validitet**

Kravene til reliabilitet og validitet i kvalitativ forskning er vanskeligere å oppnå enn i kvantitativ forskning (Postholm, 2010). Både i litteraturgjennomgangen og i intervjuene er data hentet fra relativt få antall kilder. Logikken i kvalitative intervjuer samsvarer ikke med optimale reliabilitetskrav. Det unike med kvalitativ forskning er imidlertid at man får nettopp disse unike intervjuene, noe som gir styrke til arbeidet på andre måter enn ved for eksempel å gjennomføre en spørreundersøkelse. Det er valgt metoder som menes å være hensiktsmessige for å kunne svare på oppgavens problemstilling. Det er vist hvordan det har blitt tatt hensyn til

og konkludert for både reliabilitet og validitet, og det anses at begge disse metodologiske kravene kan sies å være oppfylt på en tilfredsstillende måte.

For å oppsummere oppgavens reliabilitet og validitet er det valgt å rangere graden av oppnåelse. Skalaen for oppnåelsen er delt inn i dårlig, middels og god. Det er også valgt en kort begrunnelse for oppnåelsen av hver metode for at leseren skal lettere få en sammensatt forståelse. Vurderingen er gitt nedenfor:

Tabell 3.10:  
Oversikt oppgavens reliabilitet og validitet

<b>Forskningsmetode</b>	<b>Reliabilitet</b>	<b>Kort begrunnelse</b>	<b>Validitet</b>	<b>Kort begrunnelse</b>
Litteraturstudie	God	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Flere uavhengige fagartikler og kilder</li> <li>◦ God etterprøvbarehet</li> <li>◦ Innhentet informasjon fra kilder som ikke er utdaterte</li> </ul>	Middels/ God	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Gjort begrensede søk</li> <li>◦ Kun benyttet relevante fagartikler</li> <li>◦ Det finnes få kilder innenfor oppgavens tema</li> </ul>
Intervjuer	Middels/ God	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ God etterprøvbarehet</li> <li>◦ Likhet i svarene</li> <li>◦ Relevant erfaring og kunnskap blant informantene</li> <li>◦ Svarene kan ikke sies å gjelde for en større gruppe</li> </ul>	Middels/ God	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Intervjuguiden ble kvalitetssikret av ekstern veileder</li> <li>◦ Intervjuspørsmålene ble utarbeidet i en tidlig fase</li> </ul>
Beregninger	God	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Pålitelige verdier</li> <li>◦ Beregningene er kvalitetssikret</li> </ul>	God	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Relevant for oppgavens problemstilling</li> </ul>
<b>Totalt</b>	<b>God</b>		<b>Middels/God</b>	

## 4 Resultater

Det vil i dette kapittelet bli presentert empiri fra intervjuene og beregningene som er gjort i forbindelse med oppgavens problemstilling. Resultatene er videre diskutert og drøftet i kapittel 5.

### 4.1 Intervjuer

#### **Fordeler og ulemper ved prefabrikkerte ytterveggselementer**

De gjennomførte intervjuene viste at kortere byggetid og raskt tett bygg er av de aller største fordelene med prefabrikkerte ytterveggselementer. Dette kom frem i alle intervjuene. Kortere byggetid vil være økonomisk besparende innenfor mange områder, men særlig påvirke kostnader knyttet til rigg og drift av byggeplass. Det kom også frem fra en av informantene at byggherrene oftere og oftere vektlegger en kortere byggetid. En av intervjuobjektene mente at hastigheten på produksjonen kunne være så mye som 3-4 ganger så rask ved å bruke prefabrikkerte yttervegger fremfor plassbygde yttervegger. Fordelene med et raskt tett bygg er at en er mindre utsatt for vær og vind som kan skape problemer med blant annet fukt. Majoriteten av de intervjuede mente også at det ville bli produsert mindre avfall og svinn på en fabrikk, enn ved plassbygde yttervegger på byggeplass. De uttalte argumentene for dette var: bruk av bedre verktøy og kapputstyr, at produsentene ville ha større kontroll innendørs på en fabrikk, og flere sjekklister. Det ble også trukket frem mulighetene for å gjenbruke materialer og kapp til neste prosjekter, noe som kan være utfordrende på en byggeplass.

Det var enighet fra produsentenes side at det ikke fantes noen ulemper, men at de heller kalte det for utfordringer. De fleste av intervjuobjektene trakk frem begrensinger under transport, som en mulig utfordring. Her ble det spesielt nevnt at lengden på veggene ikke kan være for lange. Noen påpekte også at det å planlegge på detaljnivå tidligere, kunne by på utfordringer videre i prosessen. Sene endringer på for eksempel fasaden vil være vanskelig og ofte kostbart å gjøre. Er produksjonen av veggene allerede i gang vil det negativt kunne påvirke både framdrift og økonomi. Det ble også nevnt at det finnes en risiko ved at elementene ikke passer, og at det ville ha store konsekvenser. Dette var en tydelig større uro for de intervjuede fra entreprenørsiden, enn de intervjuede fra produsentsiden. Logistikken på trange byggeplasser kunne også by på utfordringer for entreprenøren med tanke på leveranse og

heisemuligheter. Likevel var det blant informantene et gjennomgående positivt syn på prefabrikkerte ytterveggselementer og flertallet nevnte at det er få store utfordringer.

## **Ytterveggenes kvalitet**

Ved spørsmål om hvilke reklamasjonsårsaker som er de mest vanlige, svarte majoriteten av intervjuobjektene at de generelt sett har opplevd svært få reklamasjoner. Noen av de reklamasjonsårsakene som blir trukket frem gikk på tettinger, skjevheter, glemte utsparinger og målefeil. Også vinduer som har forskjøvet seg under transport kan være vanskelig å justere på byggeplass på grunn av stive og tørre fuger. Feilleveranse etter endringer i prosjektering var også en av årsakene som ble trukket frem. Dersom endringer på veggelementene ikke blir oppdatert før produksjonen har startet, kan dette skape store problemer. Særlig hvis feilen ikke oppdages før elementene ankommer byggeplassen.

Det var delte oppfatninger blant de intervjuede når det gjaldt fuktforekomster i de prefabrikkerte elementene. De fleste mente det var veldig sjeldent at de opplevde problemer med fukt, mens noen av de intervjuede uttrykte sin bekymring for at det kunne forkomme. Det var bred enighet om at det i monteringsfasen må tas spesielt hensyn til vær og vind, at det tettes en og en fasade, samt at tettinger og overganger må gjennomføres nøye. En av informantene forklarte også viktigheten av å lukke dampsperra igjen dersom noen er nødt til å åpne den for å gjøre justeringer. Dersom det er nødvendig å lagre elementene på byggeplassen, mente en av de intervjuede at dette ville føre til en ekstra risiko med tanke på fuktproblemer.

Majoriteten av intervjuobjektene mente at prefabrikkerte ytterveggselementer har en bedre kvalitet enn plassbygde vegger. Dette mente de hadde en sammenheng med at produksjonen foregår innendørs. Det vil være lettere å holde bindingsverket rent og materialene vil ikke bli utsatt for fukt. I tillegg vil veggene blir montert i en mer gunstig arbeidssposisjon som vil gjøre at de har en større forutsetning for å kunne bli rettere og mer nøyaktig. Et par av de intervjuede mente at sluttresultatet vil være ganske likt, men at det er en større sannsynlighet for at prefabrikkerte vegger vil ha en høyere kvalitet. Den ene av intervjuobjektene på entreprenørsiden argumenterte for at prefabrikkerte vegger også har en høyere kvalitet når det gjelder tetthet, som vises ved trykktesting.

## **Effektivisering av arbeid**

For å effektivisere monteringen av ytterveggselementer mente samtlige av intervjuobjektene at god planlegging er veldig viktig. Oppstartsmøter, riktige tegninger, merking og pakkeplan med hvilken del som skal monteres først, var forslag for effektivisering som ble trukket frem av de intervjuede. Det ble også påpekt at styresvillene må være klare og ferdig montert når elementene skal monteres, og gjennomgang av monteringsplanen på forhånd ble trukket frem som viktige faktorer for effektiv montering. For dialogen mellom aktørene ble prosjekteringsmøter trukket frem som viktige. Behovet for hyppige møter med gode 3D-modeller. Ved mer digitalisering og optimaliserte BIM-verktøy, kan det i henhold til informantene bli lettere å avklare uenigheter og eventuelle problemer som kan oppstå på et tidligere tidspunkt. Et annet tiltak som ble foreslått av enkelte intervjuobjekter, var å lage en frist for når alle endringer fra fag må komme inn. Dette ble begrunnet med at de tidligere har hatt problemer med sene avgjørelser og endringer fra forskjellige fag, etter at produksjonen av ytterveggene har startet. Dette har i følge informantene skapt problemer og feil som kunne vært avverget, og som igjen kan føre til økt avfallsmengde.

De fleste av intervjuobjektene la vekt på at elementene burde monteres med en gang de ankommer byggeplass, uten lagring. Dette handler om koordineringen på byggeplassen, altså at elementene tar opp riggplass og det kan bli fare for skader og fukt. Særlig ved trange byggeplasser kan mellomlagring være utfordrende, og det er noe man oftest prøver å unngå. En av de intervjuede mente at logistikken ved bruk av prefabrikkerte yttervegger ikke skapte problemer, men at det heller var mer skjerpene for byggeplassledelsen. Skal det foregå paralleljobbing mellom råbygg og yttervegger, må dette avklares godt mellom aktører med tanke på fordeling av kraner, leveringstider og logistikk. Fleksibilitet mellom aktørene ble trukket frem som en stor fordel ved slik jobbing.

## **Avfall på byggeplass**

Samtlige av informantene mente at treverk og gips er de største fraksjonene forbundet med plassbygde yttervegger. Isolasjon ble også trukket frem som en fraksjon det blir generert mye avfall fra. Majoriteten av de intervjuede svarte at de regnet med rundt 10 % svinn fra treverk og rundt 20 % svinn fra gips. En av de intervjuede mente at svinn forbundet med treverk kunne være oppimot hele 30-35 % enkelte ganger. Kapp i forbindelse med bindingsverket ble trukket frem som den største årsaken til avfallet fra treverk, men at tremateriale fra forskaling



også utgjorde en stor andel. For gips var også kapp fra innvendig kledning og eventuell GU den største hovedårsaken til det genererte gipsavfallet med plassbygde vegger. Årsaken til kapp ble begrunnet med standardstørrelser for gipsplater og dermed at det ville bli nødvendige utsparinger ved blant annet dører, vinduer, hjørner og tekniske installasjoner.

Når det gjelder avfall forbundet med prefabrikkerte ytterveggselementer ble det gjennom de gjennomførte intervjuene avdekket at plastemballasje i forbindelse med transport, utgjorde den største andelen. Dette er som regel engangspplast som blir kastet når veggelementene er levert og montert. Andre forhold som ble nevnt var at det kunne forekomme noe treverk i form av støtteplanker mellom elementene. Disse brukes under transport for å holde avstand og forhindre skader på veggene. Et annet moment som ble trukket frem fra noen av entreprenørene, var forskjellen på transportmåte hos utenlandske og norske produsenter. De norske produsentene benytter seg ofte av metallrammer til transport av veggene. Disse heises av med veggene og blir returnert sammen med transportbilen for å brukes ved neste levering. Noen av de utenlandske produsentene benytter seg av engangspaller for levering av veggelementene. Dette fører til en stor økning i avfall fra trevirke på mange prosjekter.

Flesteparten av informantene fra entreprenørsiden foretrakk en så høy ferdighetsgrad som mulig. Det var enighet blant samtlige av de intervjuede at det blir generert mindre avfall på byggeplass ved en høyere ferdighetsgrad på elementene. Noen av intervjuobjektene mente også det ville være en stor fordel med ferdige elektriske føringer dersom det er mulig. Det vil til gjengjeld kreve en nøye planlegging og mer prosjektering i en tidligere fase. Majoriteten mente også at elementer med ferdig montert ytterkledning er en stor fordel, men at det i enkelte tilfeller kan være vanskelig dersom arkitekten ønsker gjennomgående trekledning uten store skjøter. I disse tilfellene har ofte kledningen blitt montert på byggeplassen, noe som igjen kan føre til økt mengde avfall.

## **Avfall hos produsent**

Blant de intervjuede produsentene ble også treverk, gips og isolasjon trukket frem som de største fraksjonene forbundet med avfall. Likevel ble det påpekt at de har en høyere forutsetning for utnyttelsen av materialet, som ikke er like lett på en byggeplass. Det ble nevnt at de regnet rundt 5 % svinn av treverk og rundt 10 % svinn for gips under produksjon av ytterveggselementer. Hva som gjøres med det avkappede materialet varierte fra de forskjellige fabrikkene. En av fabrikkene ga bort kappen til et biobrenselanlegg i nærheten og mot å få

varme tilbake fra dem. Flis som oppstår fra kappingen ble trykt sammen i en kompilator til flispellets, som blir gitt bort til ansatte som kan bruke det til vedfyring. Hos en annen fabrikk ble ikke-impregnert trevirke også gitt bort til ansatte, mens resten ble returnert til avfallsstasjon. En annen fabrikk løste det på en helt annen måte ved å gi bort avkappet til en nabobonde for varmeproduksjon. Det viste seg av det var varierende hvor mye statistikk som ble ført over generert avfall fra fabrikkene. Noen produsenter fikk tilbake tall fra renovasjonsselskap som hentet avfall, mens andre fabrikker ikke hadde noen konkrete tall på hvor mye avfall som ble generert.

På spørsmål om hvilke tiltak som gjøres for å minimere avfallet hos produsenten, ble spesielt kapputstyr trukket frem. Ved bruk av precut-materialer eller CNC-maskin som kapper treverket for best mulig utnyttelse, vil produsentene ende opp med mindre avkapp enn ved vanlige håndsager. Et annet moment som ble trukket frem var muligheten til å utnytte materialene på en bedre måte enn på en byggeplass. Ved produksjon på en fabrikk er det lettere å bruke overskuddet av et materiale på neste vegg, eller neste prosjekt. Det ble som eksempel beskrevet hvor smart det er å overføre mindre isolasjonsbiter og mindre GU-plater til neste prosjekt i stedet for å kaste alt. Returordninger for materiale, og det å være bevisst på å bestille varer som passer til prosjektet ble også trukket frem som tiltak for å minimere avfallet på fabrikker. I tillegg ble sirkulær økonomi nevnt som et tiltak for mer effektiv utnyttelse av materialene.

## **Fremtidsrettet ressurseffektivitet**

Prinsippet om materiallagring i bygninger innebærer at bygget enkelt kan tas fra hverandre og brukes andre steder. Dette i stedet for rivning og innhenting av nye ressurser. Det var ulike svar på spørsmålet om intervjuobjektene mente det er mulig å demontere de prefabrikkerte ytterveggselementene i bygninger, for så å bruke veggene på nytt andre steder eller ta fra hverandre komponentene for å bruke disse på nytt. Majoriteten mente at det kan være mulig, men at dette bør bli lagt til rette for under prosjektering og montering. Det ble trukket frem nødvendigheten av at stroppene til heising av veggene er tilgjengelig, eller at det er mulig å kunne bruke stroppehullene som opprinnelig er i veggene. Dette for at nye stropper kan tres inn i hullene og brukes for å heise ned veggene igjen. Vinkler som veggene er festet i er ofte støpt fast i dekke. Flere av de intervjuede mente at det i så fall må finnes detaljerte tegninger på hvor disse vinklene befinner seg, og tegninger på hvor alle elementskjøtene er. Det ble beskrevet at vegger tidligere har blitt løsnet fra bygningen og heist bort. Dette er blitt gjort

blant annet ved sykehus for å heise inn store og tunge røntgenmaskiner, i stedet for å montere disse inne i rommet.

Selv om flere av de intervjuede mente at dette er mulig, ble det avdekket stor enighet om utfordringen med økonomisk vinning ved slike operasjoner. Det ble også nevnt transportbegrensinger, fare for skade på elementene ved heising og at innvendig kledning helst må tas av som en del av demontering. Et annet tiltak som også ble foreslått av en av de intervjuede, var at det bør brukes skruer fremfor spiker i stenderverket, slik at disse delene også kan demonteres. Det ble også påpekt viktigheten i at skruene ikke blir skrudd for langt inn, slik at man ikke får tak i dem igjen.

Et annet spørsmål som ble stilt under intervjuene var om informantene så for seg om det vil være mulig å bygge yttervegger uten å genere avfall, dersom dette skulle blitt et krav i fremtiden. Her svarte de fleste av intervjuobjektene at de ikke trodde det ville være mulig å bygge yttervegger uten at det oppstår avfall. De så for seg at det måtte bli noe avfall. Likevel mente samtlige at det er mulig å komme nærmere nullvisjonsmålet. På oppfølgingsspørsmålet om hva som måtte til for å innfri et sånt krav, ble standardiserte størrelser, mer precut, bedre prosjektering, mer fabrikkproduksjon og mer nøyaktige målinger, trukket frem som eventuelle tiltak. I tillegg ble det påpekt at lyd og brannkrav kan gjøre at man må bruke materialer det kan bli vanskelig å oppnå null avfall med. Den ene av informantene mente også at gips er en av de materialene som begrenser mulighetene for å nå målet om avfallsfrie byggeplasser. Et annet tiltak som ble foreslått fra en av de intervjuede, var å benytte kapellbiler fremfor åpne biler under transport av prefabrikkerte ytterveggselementer, for å unngå bruk av plastemballasje. Dette ville i følge informanten bidratt til en stor forskjell i mengden plastavfall og ville vært en mer fremtidsrettet og ressurseffektiv løsning.

## 4.2 Avfallsberegninger

Nedenfor presenteres avfallsberegninger knyttet til yttervegger hos noen utvalgte prosjekter. Disse prosjektene er leilighetsbygg som ble bygget med plassbygde yttervegger.

### Løvenskiold Terrasse (Kongsvinger)

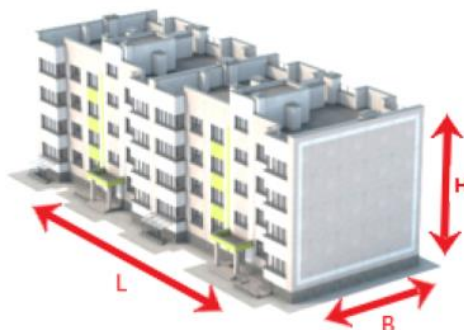


Figur 4.1: Oversiktsbilde Løvenskiold Terrasse (Løvenskiold Terrasse, u.å.)

Tabell 4.1:

Lengder Løvenskiold

Antall etasjer	4	stk
Etasjehøyde	3	m
L	17	m
B	24	m
H	17	m
Antall blokker	3	stk



Figur 4.2: Referansebilde bygningsmål (Free3D, 2019)

Ut ifra disse målene beregnes det hvor mange meter med yttervegg dette prosjektet inneholder.

Tabell 4.2:

Mengden yttervegger Løvenskiold

Lengder		
YV pr etasje	82	m
YV pr bygg	328	m
YV totalt	984	m

Disse dataene kombineres så med beregningene fra kapittel 3.3.3 som viser hva en kvadratmeter med yttervegg inneholder. Denne beregningen multipliseres med tabellen ovenfor.

Tabell 4.3:

Avfall fra plassbygde yttervegger Løvenskiold

Kategori	Svinn pr m	Svinn pr etasje	Svinn pr bygg	Svinn totalt
Bindingsverk	3,2 kg	261,1 kg	1 044,6 kg	3 133,8 kg
Sløyfer	0,2 kg	19,7 kg	78,7 kg	236,2 kg
Gips	5,5 kg	452,6 kg	1 810,6 kg	5 431,7 kg
Isolasjon	0,8 kg	61,6 kg	246,6 kg	739,7 kg
Dampsperre	0,1 kg	4,4 kg	17,7 kg	53,1 kg
<b>Sum</b>	<b>9,75 kg</b>	<b>799,54 kg</b>	<b>3 198,15 kg</b>	<b>9 594,46 kg</b>

Videre settes disse tallene i sammenheng med prosjektets totale avfallsgenerering. Det betyr at beregningene kombineres med data levert fra ØMF.

Tabell 4.4:

Avfall fra Løvenskiold oppsummering

Areal (BTA) (data fra ØMF)	7 530	m <sup>2</sup>
Produsert avfall (data fra ØMF)	182 903,7	kg
Avfall pr kvadratmeter (data fra ØMF)	24,29	kg/m <sup>2</sup>
Avfall fra yttervegger	9 594	kg
Avfall fra yttervegger pr kvadratmeter	1,27	kg/m <sup>2</sup>
Avfall ved bruk av prefabrikkert yttervegger	23,02	kg/m <sup>2</sup>

Originalt leverte prosjektet 24,29 kg/m<sup>2</sup> avfall. Dette betyr at ytterveggene genererte 9 594 kg avfall, noe som tilsvarer 1,27 kg/m<sup>2</sup>. Dersom prosjektet hadde benyttet prefabrikkerte vegger, viser beregningene at prosjektet ville endt på 23,02 kg/m<sup>2</sup> avfall.

## Dr Juells Park (Kongsvinger)



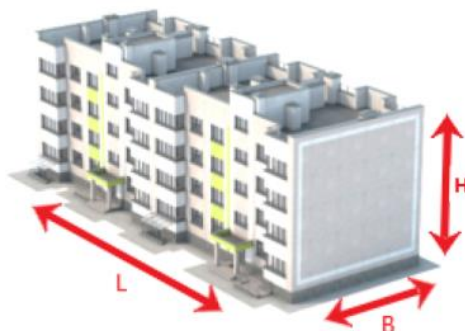
Figur 4.3: Oversiktsbilde Dr Juells Park (Høgberget, 2015)

Prosjektet består av 4 boligblokker hvorav 2 av blokkene er 4 etasjer høye og de resterende 2 blokkene er 5 etasjer høye. Dette gjør at beregningene tar hensyn til to forskjellige bygningstyper.

Tabell 4.5:

Mål av Dr Juells Park (4.Etasjer)

Antall etasjer	4	stk
Etasjehøyde	2,5	m
L	23	m
B	12	m
H	13	m
Antall blokker	2	stk



Figur 4.4: Referansebilde bygningsmål (Free3D, 2019)

Tabell 4.6:

Mål av Dr Juells Park (5.Etasjer)

Antall etasjer	5	stk
Etasjehøyde	2,5	m
L	23	m
B	12	m
H	16	m
Antall blokker	2	stk

Her deles prosjektets fire blokker i to, ettersom antall etasjer påvirker mengden yttervegger. Videre beregnes det hvor stor mengde yttervegger prosjektet inneholder totalt.

Tabell 4.7:

Mengden yttervegger Dr Juells Park

Lengder		
YV pr etasje	70	m
YV pr bygg	315	m
YV totalt	1260	m

Disse dataene kombineres så med beregningene fra kapittel 3.3.3 som viser hva en kvadratmeter med yttervegg inneholder. Denne beregningen multipliseres med tabellen ovenfor.

Tabell 4.8:

Avfall fra plassbygde yttervegger Dr Juells Park

Kategori	Svinn pr m	Svinn pr etasje	Svinn pr bygg	Svinn totalt
Bindingsverk	2,8 kg	194,9 kg	877,0 kg	3 507,8 kg
Sløyfer	0,2 kg	14,5 kg	65,1 kg	260,4 kg
Gips	4,6 kg	322,0 kg	1 449,0 kg	5 796,0 kg
Isolasjon	0,6 kg	43,6 kg	196,1 kg	784,3 kg
Dampspærre	0,0 kg	3,2 kg	14,2 kg	56,7 kg
<b>Sum</b>	<b>8,26 kg</b>	<b>578,07 kg</b>	<b>2 601,31 kg</b>	<b>10 405,24 kg</b>

Videre viser beregningene hvor mye avfall ytterveggene genererte sammenlignet med prosjektets totale avfallsgenerering.

Tabell 4.9:

Avfall fra Dr Juells Park oppsummering

Areal (BTA) (data fra ØMF)	4 491,00 m <sup>2</sup>
Produsert avfall (data fra ØMF)	113 307,93 kg
Avfall pr kvadratmeter (data fra ØMF)	25,23 kg/m <sup>2</sup>
Avfall fra yttervegger	10 405,24 kg
Avfall fra yttervegger pr kvadratmeter	2,32 kg/m <sup>2</sup>
Avfall ved bruk av prefabrikkerte yttervegger	22,91 kg/m <sup>2</sup>

Originalt leverte prosjektet 25,23 kg/m<sup>2</sup> avfall. Dette betyr at ytterveggene genererte 10 405 kg avfall, noe som tilsvarer 2,32 kg/m<sup>2</sup>. Dersom prosjektet hadde benyttet prefabrikkerte vegger, viser beregningene at prosjektet ville levert 22,91 kg/m<sup>2</sup> avfall.

## Løkenåsen Panorama (Fetsund)



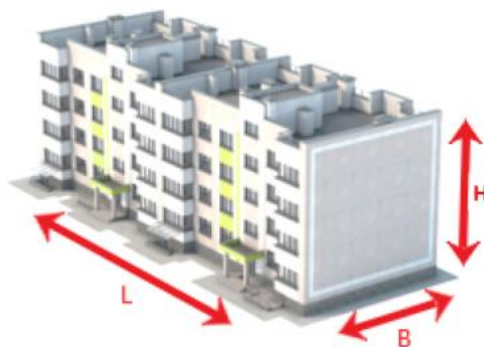
Figur 4.5: Oversiktsbilde Løkenåsen Panorama (Løkenåsen Panorama, u.å.)

Prosjektet er ferdig med første byggetrinn, det betyr at ett av totalt åtte bygg står ferdig. Det bør presiseres at prosjektet er ferdig og det er ikke påbegynt et nytt byggeprosjekt.

Tabell 4.10:

Mål av Løkenåsen Panorama

Antall etasjer	5	stk
Etasjehøyde	2,5	m
L	28	m
B	16	m
H	16	m
Antall blokker	1	stk



Figur 4.6: Referansebilde bygningsmål (Free3D, 2019)

Ut ifra disse målene beregnes det hvor mange meter med yttervegg dette prosjektet inneholder.

Tabell 4.11:

Mengden yttervegger Løkenåsen Panorama

Lengder		
YV pr etasje	88,08	m
YV pr bygg	440,4	m
YV totalt	440,4	m

Siden det i dette prosjektet foreløpig kun er bygget ett bygg er mengden yttervegg per bygg det samme som totalen til prosjektet. Disse dataene kombineres så med beregningene fra kapittel 3.3.3 som viser hva en kvadratmeter med yttervegg inneholder. Denne beregningen multipliseres med tabellen ovenfor.

Tabell 4.11:

Avfall fra plassbygde yttervegger Løkenåsen Panorama

Svinn en vegg	Svinn pr m	Svinn pr etasje	Svinn pr bygg	Svinn totalt
Bindingsverk	2,8 kg	244,4 kg	1 222,1 kg	1 222,1 kg
Sløyfer	0,2 kg	18,2 kg	91,0 kg	91,0 kg
Gips	4,6 kg	405,2 kg	2 025,8 kg	2 025,8 kg
Isolasjon	0,6 kg	54,9 kg	274,3 kg	274,3 kg
Dampsperre	0,05 kg	4,0 kg	19,8 kg	19,8 kg
<b>Sum</b>	<b>8,25 kg</b>	<b>726,60 kg</b>	<b>3 633,01 kg</b>	<b>3 633,01 kg</b>

Videre ser beregningene på hvor mye avfall ytterveggene genererte sammenlignet med prosjektets totale avfallsgenerering.

Tabell 4.12:

Avfall fra Løkenåsen Panorama oppsummering

Areal (BTA) (data fra ØMF)	2 600 m <sup>2</sup>
Produsert avfall (data fra ØMF)	76 463 kg
Avfall pr kvadratmeter (data fra ØMF)	29,41 kg/m <sup>2</sup>
Avfall fra yttervegger	3 633 kg
Avfall fra yttervegger	1,40 kg/m <sup>2</sup>
Avfall ved bruk av prefabrikkerte yttervegger	28,01 kg/m <sup>2</sup>



Originalt leverte prosjektet 29,41 kg/m<sup>2</sup> avfall. Dette betyr at ytterveggene genererte 3 633 kg avfall, noe som tilsvarer 1,40 kg/m<sup>2</sup>. Dersom prosjektet hadde benyttet prefabrikkerte vegger, viser beregningene at prosjektet ville endt på 28,01 kg/m<sup>2</sup> avfall.

## Generert avfall hos produsent

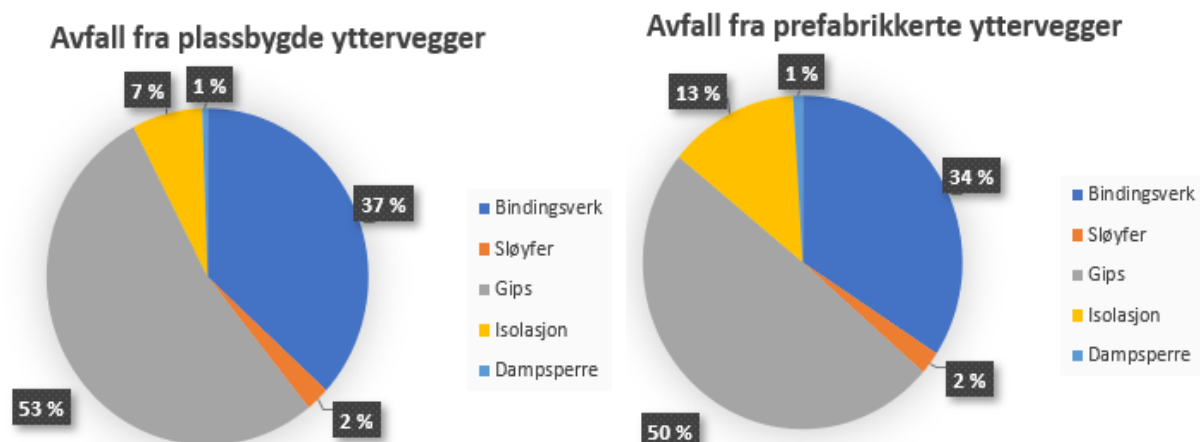
I dette delkapittelet beregnes det hvor mye avfall fra prefabrikkerte yttervegger som genereres hos produsent, og forskjellen i generert avfall mellom byggeplass og produsent. Kapittel 4.1 forklarer hvorfor disse svinnprosentene er benyttet.

Tabell 4.13:

Svinnprosent hos produsent

Treverk	5 %
Gips	10 %
Isolasjon	10 %
Plast	10 %

Det første som undersøkes er hvordan avfallsfordelingen endres dersom ytterveggene produseres hos produsent. Denne tabellen viser kun hvordan avfall fordeles, og ikke hvor mye avfall som genereres totalt. Se kapittel 3.3.3 for grundigere forklaring.



Figur 4.7: Sammenligning av avfallsfordeling

Videre tar beregningene for seg hvordan denne fordelingen ser ut i kilogram. Oversikten viser hvor mye avfall som genereres per meter yttervegg på byggeplass og hos produsent.

Tabell 4.14:  
Avfall pr meter yttervegg på byggeplass

Material	Svinn pr m
Bindingsverk	3,2 kg
Sløyfer	0,2 kg
Gips	4,6 kg
Isolasjon	0,6 kg
Dampsperre	0,05 kg
<b>Sum</b>	<b>8,64 kg</b>

Tabell 4.15:  
Avfall pr meter yttervegg hos produsent

Material	Svinn pr m
Bindingsverk	1,6 kg
Sløyfer	0,2 kg
Gips	2,3 kg
Isolasjon	0,6 kg
Dampsperre	0,05 kg
<b>Sum</b>	<b>4,75 kg</b>

Denne sammenligningen viser avfallsforskjellene fra byggeplass og hos produsent. Dermed reduseres avfallet totalt sett med 3,89 kg per meter.

$$\left(1 - \left(\frac{4,75 \text{ kg}}{8,64 \text{ kg}}\right)\right) * 100 = 45,0\%$$

Dette utgjør en total forskjell på 45 %. Videre settes disse tallene i sammenheng med de tidligere omtalte prosjektene. Dette gjør det mulig å se hvor mye avfall som kunne blitt redusert dersom disse ytterveggene hadde blitt produsert hos produsent.

Tabell 4.16:  
Oversikt over ringvirkninger til prefabrikkerte ytterveggselementer

Prosjektnavn	Løvenskiold	Dr Jules Park	Løkenåsen
Totalt avfall prosjekt	182 903,7 kg	113 307,93 kg	76 463,0 kg
Avfall fra plassbygde yttervegger	9 594,5 kg	10 405,24 kg	3 633,0 kg
Avfall dersom ytterveggene hadde vært prefabrikkerte	5 193,7 kg	5 623,13 kg	1 949,4 kg
Differanse	4 400,8 kg	4 782,11 Kg	1 683,6 kg
Redusert avfall for prosjekt (%)	2,4 %	4,2 %	2,2 %

Tabell 4.16 gir en oversikt over generert avfall til de tidligere omtalte leilighetsprosjektene. Tabellen viser først hvor mye avfall som ble generert totalt på byggeplassen. Videre henter tabellen tidligere beregninger som viser hvor mye av dette avfallet som kommer fra yttervegger. Den fjerde raden viser hvor mye avfall de samme ytterveggene ville generert dersom de ble produsert som prefabrikkerte elementer. Differansen viser hvor mye avfall som ville blitt redusert totalt dersom ytterveggene ble produsert som prefabrikkerte elementer. Til slutt står en prosent som viser hvor mye av prosjektets totale avfallsproduksjon som reduseres dersom avfallet fra yttervegger flyttes til produsent. Dette betyr at dette avfallet ville ikke oppstått dersom ytterveggene ble produsert prefabrikkerte.

## 5 Diskusjon og analyse

Det vil i dette kapitelet bli gjort en drøfting av resultatene som kom frem i kapittel 4. Resultatene vil bli diskutert ut ifra oppgavens problemstilling, oppgavens formål og det teoretiske rammeverket som ble presentert i kapittel 2. Det vil også gjøres noen egne betraktninger.

### 5.1 Intervjuer

#### **Fordeler og ulemper ved prefabrikkerte ytterveggselementer**

Gjennom intervjuene fremkommer det at kortere byggetid, og raskt «tett bygg» vurderes som de største fordelene med prefabrikkerte ytterveggselementer. Dette samsvarer med teorien fremsatt av Edvardsen og Ramstad (2018) fra SINTEF, som ble lagt frem i kapittel 2.4. En av de intervjuede nevner også at byggherrene stadig oftere vektlegger en kortere byggetid, som en av grunnene til at prefabrikasjon er ønsket. Dette kan virke logisk siden en raskere byggetid vil føre til raskere innflytting av leilighetskjøper. Raskere byggetid vil også gagne entreprenøren økonomisk i form av kostnader spart knyttet til rigg og drift. Desto raskere arbeiderene fra et prosjekt kan komme over til neste prosjekt, desto mer penger vil også entreprenøren tjene. Det bør nevnes at det kan være en fordel for HMS på byggeplass at det er kortere byggetid og mindre arbeid som utføres, og dermed mindre sannsynlighet for at det kan skje ulykker.

På et generelt spørsmål om positive effekter ved bruk av prefabrikkerte ytterveggselementer ble mindre avfall trukket frem. 6 av 9 informanter sa direkte at de mente prefabrikkerte yttervegger ga mindre svinn og avfall. De øvrige 3 sa det mer indirekte ved at de pekte på hvordan prefabrikkerte yttervegger i praksis ville medføre mindre svinn, mindre byggfukt og liknende. Videre ble bruken av bedre kapputstyr som en CNC-maskin trukket frem blant informantene som et av tiltakene for å redusere avfallet på fabrikk. Det samme var argumentet for å flytte overskudd av et materiale over på neste prosjekt, fremfor å kaste dette. Et annet forhold som bør nevnes er fordelene ved å produsere veggen innendørs. Dette var et tema flere av informantene var inne på, og vil definitivt være med på å minimere faren for byggfukt i veggen. Dette samsvarer også med teorien lagt frem fra Edvardsen og Ramstad (2018).

På spørsmålet om hvilke utfordringer som finnes knyttet til prefabrikkerte ytterveggselementer, ble det nevnt transportbegrensninger, logistikk på trange byggeplasser og sene endringer som kan påvirke fremdriften. I tillegg framkom det at arkitektoniske begrensninger kan forekomme, med tanke på hvilke vegger som kan produseres. Er det et prosjekt med få vinkelrette hjørner, ikke rektangelformet vegger og særlig runde utforminger, kan det være utfordrende og ofte ikke mulig med prefabrikkerte yttervegger.

## **Ytterveggenes kvalitet**

Dårlig kvalitet på ytterveggene kan skape feil, som kan føre til at noe må bli gjort på nytt, og som igjen kan føre til at mer avfall blir generert. Informantene oppga ingen erfaring med at det var store kvalitetsforskjeller på prefabrikkerte og plassproduserte yttervegger. De opplevde generelt sett få reklamasjonsårsaker og problemer. De fleste av disse reklamasjonene gikk på tettinger, skjevheter, glemte utsparinger og målefeil. Småfeil som dette er ofte relativt lette å rette opp i. Feilleveranse som også ble nevnt, er en mer alvorlig reklamasjon. Dette er en reklamasjon som fort kan få store økonomiske konsekvenser og forsinkelser i fremdriften hvis det er en stor og graverende feil. Ved grundig kvalitetssikring og bedre kommunikasjon kan dette kunne unngås. Tiltaket med å aktivt benytte seg av en frist for siste mulige endring på ytterveggene, hørtes også ut som et meget godt tiltak for å kunne minimere slike misforståelser.

De fleste av de intervjuede mente kvaliteten på prefabrikkerte yttervegger er bedre enn plassbygde vegger. Det ble argumentert med at innendørs arbeid foregår under mer kontrollerte omgivelser. Innendørs produksjon bidrar til mindre sjanse for fukt, mer renslighet og spesialiserte arbeidere som har dette som fagfelt var blant argumentene. Et annet argument var at veggene blir montert i en mer gunstig arbeidsposisjon med tanke på at veggen gjerne blir montert liggende. På byggeplass kan arbeiderne ofte bli stående i uheldige posisjoner. Uheldige arbeidsposisjoner på byggeplass kan medføre feilmonteringer, som igjen kan genere mer avfall. Ved montering av vinduer og balkongdører, som blir sett på som tungt arbeid, vil dette skape mindre slitasje og skader på arbeiderne ved at dette blir montert horisontalt, i såkalte jigger. Ved disse tunge arbeidsoperasjonene har man ofte tilgang til kran som hjelper til med løftene. Mindre arbeid på byggeplass kan føre til ringvirkninger som mindre lagring av materialer, ryddigere og renere byggeplass som igjen kan være med på et sunnere klima og at antall skader reduseres. Et annet forhold som bør nevnes er at når det meste av arbeidet blir flyttet til produsent vil det ikke være mye mer arbeid igjen på byggeplassen for tømrere,

utenom gipsing som sees på som tungt arbeid. Arbeidshverdagen for tømmerne vil derfor kunne bli mer monoton, noe som igjen kan virke negativt inn på for eksempel rekruttering og arbeidsmiljøet.

## **Effektivisering av arbeid**

For effektivisering av arbeidet ble hyppige prosjekteringsmøter, pakkeplaner og 3D-modeller nevnt. Spesielt møter med 3D-modeller og krasjtester virker hensiktsmessig for å avklare eventuelle problemer på et tidligere tidspunkt og dermed effektivisere arbeidet. Et mer effektivisert arbeid og grundigere planlegging kan være med på å minimere avfallet som oppstår. Med tanke på effektivisering av arbeidet på byggeplassen, fremsto det som fornuftig å montere elementene med en gang uten mellomlagring. Videre kan digitale hjelpemidler bidra til å effektivisere materialbestillinger ved mer nøyaktige tegninger, og dermed gi bedre materialutnyttelse. Hjelpemidlene vil også kunne gi en mer nøyaktig indikasjon på hvor mye materiale som trengs til ytterveggselementene, gjennom detaljerte digitale modeller.

## **Avfall på byggeplass**

Samtlige av informantene mente at treverk og gips var de største fraksjonene forbundet med plassbygde vegger. Dette samsvarer med statistikken fra SSB og rapporten fra nasjonal handlingsplan, som ble ytterligere forklart i kapittel 2.1. Informantene regnet med en svinnprosent for treverk på rundt 10 % og 20 % for gips, utfra de erfaringene de har gjennom BA-bransjen. De svarte at mesteparten av dette avfallet var kapp. For treverk benyttes det ofte fallende lengder av konstruksjonsvirke som kappes for tilpassing på byggeplassen. Dette er avfall som må transporteres bort fra byggeplassen og til videre avfallshåndtering. Ved mottakene vil avfallet enten kunne gjenvinnes eller forbrennes, for å utnytte ressursene i størst mulig grad. Det siste og minst ønskede utfall er at avfallet havner på et deponi. Disse tiltakene er utdypet under avfallspyramiden i kapittel 2.2.

Gips utgjør en betydelig andel av avfallet på en byggeplass. Ut ifra intervjuene kom det frem at gipsavfall ofte oppstår fra tilpasninger rundt vinduer, dører og tekniske føringer. I dag kommer gipsplater i standardiserte størrelser, noe som gjør det vanskelig å unngå avkapp og svinn ved slike utsparinger. En løsning for å unngå avkapp kan være å bestille precut gipsplater, men i dag anses det ikke som økonomisk. Til tross for dette, vil precut av gipsplater gi en positiv effekt med tanke på avfallsreduksjon, og på den måten gi en positiv

miljøgevinst. Det kan derfor være viktig for byggherrer å belønne bedrifter som velger miljøtiltak, fremfor økonomisk gevinst.

Det kom frem i intervjuene at plastemballasje fra transport av veggelementer varierer i mengden generert avfall ved bruk av prefabrikkerte ytterveggselementer. Slik plastemballasje brukes for å beskytte elementene for vær og vind, og er viktig for å unngå fukt i elementene. Spørsmålet er om det finnes en annen sikker måte å transportere elementene på, uten å generere så mye plastavfall. Den ene informanten foreslo at det kunne bli benyttet kapellbiler i stedet for åpne biler. Et annet tiltak kan være at beskyttelsesplasten kan bli benyttet flere ganger i stedet for å bli kastet etter én levering. Om denne plastemballasjen kan bearbeides eller hvorvidt et annet type produkt kan brukes, kan være relevant å undersøke nærmere. Kan for eksempel en form for presenning for flergangsbruk være aktuell å videreutvikle?

Det blir også nevnt i intervjuene at noen utenlandske produsenter av prefabrikkerte ytterveggselementer benytter seg av engangspaller for levering av elementene. På et stort prosjekt med mange veggelementer vil dette føre til en betydelig økning i avfall av trevirke. Hvordan elementene skal leveres kan være noe entreprenørene kan fokusere mer på for å hjelpe med å kutte ned på avfallet. Det er viktig å legge vekt på at engangspallene ikke bare returnerer sammen med lastebilen, fordi avfallet har allerede blitt generert. Det spiller ingen rolle om avfallet blir kastet det ene stedet eller det andre. Ved bruk av utenlandske produsenter bør det også nevnes den ekstra miljøpåvirkningen som oppstår med tanke på transport av elementene. Dersom transportveien blir lenger, vil miljøavtrykket også bli større.

## **Avfall hos produsent**

Informantene fra produsentene la også vekt på at treverk og gips utgjør den største andelen av avfallet på fabrikkene. Derimot oppga de en betydelig lavere svinnprosent enn det entreprenørene regner med for byggeplassutførelse. Produsentene regner med 5 % svinn for treverk og 10 % svinn for gips. Ett av tiltakene som ble trukket frem som begrunnelse for hvorfor produsentene har en lavere svinnprosent på treverk enn byggeplasser, er bruken av kapputstyr og særlig CNC-maskin. Under et fabrikkbesøk (04.03.2021) hos Optimera Byggsystemer på Hamar, fikk vi se en slik maskin på nært hold. Fabrikkarbeiderne laster opp kappfiler, angir materiallengde og utfra dette beregner maskinen svinn i prosent. Ved å utnytte materialet på en slik måte vil det bli generert mindre avfall sammenliknet med en vanlig kappsag.



Figur 5.1: CNC-maskin fra fabrikkbesøk. Foto: Privat

Vi ble under fabrikkbesøket også vitne til hvordan overskuddet av et materiale kunne spares på og brukes når neste vegg skulle i gang. På den måten er det mulig å utnytte materiale på en bedre måte enn det kan gjøres på en byggeplass.

Resultatene fra intervjuene belyste også at noen av fabrikkene ikke førte detaljert statistikk over hvor mye avfall som ble generert. Ved at det ikke finnes konkrete tall på mengden avfall, kan det også være vanskelig å finne forbedringspotensialet fabrikkene har. Det kan også være vanskelig å vite hvilket avtrykk de setter på miljøet og hvilke produkter som skaper mest avfall totalt sett. Enkelte fabrikk hadde gode løsninger på avkapp som derimot var oppløftende. Et eksempel på dette er at en av fabrikkene lager flispellets av flisen og gir bort kappen til et nærliggende biobrenselanlegg for å få varme tilbake. Denne prosessen er bra for utnyttelsen av materialene, men det hadde vært ønskelig dersom det fantes retningslinjer som gjorde at produsentene ble nødt til å minimere avfallet sitt ytterligere. I dag skaper det ingen konsekvenser for produsentene med tanke på hvor mye avfall som blir generert ved fabrikkene, bortsett fra et økonomisk perspektiv. En løsning på dette kunne vært at entreprenørene førte avfallsregnskap for prosjekter som også tok for seg avfallet hos produsentens fabrikk. Dermed kunne entreprenørene stilt strengere krav og lagt et større press på produsentene for å generere mindre avfall.

## **Fremtidsrettet resurseffektivitet**

På spørsmål om materiallagring i bygg mente majoriteten at dette var mulig, men det ble også avdekket stor enighet om utfordringen knyttet til økonomisk vinning ved slike operasjoner. Dette er forståelig utfra dagens ståsted, likevel har byggebransjen en økende oppmerksomhet

på ressursgjenvinning. I fremtiden kan knapphet på ressurser være en viktig faktor for en slik demontering. For at dette prinsippet skal bli en realitet mente flere av de intervjuede at det må bli lagt til rette for under prosjektering og montering. Det er derfor viktig at det blir arkivert detaljerte tegninger om hvor elementskjøter og vinkelfester befinner seg, og hvordan elementene kan demonteres. Det bør presiseres at en mulig demontering av dagens leilighetsbygg kan virke unødvendig i fremtiden, dersom det kommer nye og bedre materialer enn det som finnes i dag. Men tankegangen kan fortsatt være like aktuell.

På spørsmål om informantene så for seg at det i fremtiden ville være mulig å produsere yttervegger uten å lage noe avfall, var ingen spesielt overbevist om det. De mente at noe avfall måtte bli generert uansett, men at det var mulig å komme et godt stykke lengre enn slik det er i dag. Det ble listet opp flere forskjellige forslag til hva som kan forbedres. Gips ble dratt frem som et begrensende materiale for å oppnå en ytterveggproduksjon uten avfall. Selv om resirkulering av gips vil føre til null avfall, vil transporten frem og tilbake fra monteringsplass til resirkuleringssted, fortsatt være der. Transporten av avkapp fra gips vil fortsatt være en miljøbelastning på samfunnet, så det beste er om avfallet aldri oppstår, som nevnt i modellen til Miljødepartementet om avfallspyramiden i kapittel 2.2. Skal gips blir brukt som innervegger og GU på prosjekter uten å skape avfall, virker precut avgjørende. God prosjektering kan være avgjørende dersom precut av gips skal være realistisk. Dersom det skal være mulig å prosjektere så nøyaktig for hvert enkelt prosjekt at precutmaterialene alltid stemmer, vil det heller ikke skape noe avfall. Derimot bør det nevnes at precut per i dag ofte blir valgt bort på grunn av en høyere pris. Om alle komponentene i en yttervegg på et prosjekt blir bestilt som precut, kan det gå på bekostning av økonomisk vinning for flere parter.

## 5.2 Avfallsberegninger

Beregningene som har blitt gjort viser at en plassbygd yttervegg generere mellom 8-9 kg avfall per meter. Årsaken til at avfall per meter varierer er fordi etasjehøyden varierer.

Tabell 5.1:  
Avfall pr meter

Prosjekt	Løvenskiold		Dr Jules Park		Løkenåsen	
Etasjehøyde	3	m	2,50	m	2,50	m
Avfall pr meter	9,75	kg	8,26	kg	8,26	kg



Uavhengig av høyden til veggen vil bindingsverket alltid bestå av en topp- og bunnsvill. Likevel vil stenderverk, isolasjon, gips og annet innhold i ytterveggen øke i mengde dersom veggen blir høyere. Dette er trolig grunnen til at en vegg som er 3 meter høy produserer mer avfall enn en som er 2,5 meter høy.

Videre viser beregningene at mengden avfall per meter reduseres med 1,5 kg per meter dersom den produseres prefabrikkert. Tallet på 1,5 kg tar utgangspunkt i en 2,5 meter høy vegg. Dersom veggen er høyere enn 2,5 meter vil veggen inneholde mer bindingsverk og derfor vil ytterveggen spare mer enn 1,5 kg per meter dersom den er prefabrikkert. Med andre ord er det korrekt å påstå at en høyere yttervegg vil spare mer enn 1,5 kg per meter dersom den produseres som prefabrikkert ytterveggselement.

Tabell 4.18. viser at andelen avfall fra yttervegger varierer stort fra byggeplass til byggeplass. Disse prosjektene varierer i antall blokker, etasjer og størrelse. Derfor varierer også mengden avfall fra yttervegger. Beregningene i tabell 4.12, 4.9 og 4.4 i kapittel 4.2 viser at dette utgjør en forskjell på mellom 1,0 - 2,3 kg/m<sup>2</sup>. En logisk forklaring på at dette kan variere i så stor grad kan være prosjektenes utforming. Dette betyr at dersom et leilighetsprosjekt består av en smal boligblokk, vil mengden med innvendige vegger, gulvstøper og andre innvendige konstruksjonsdeler som genererer avfall, være liten sammenlignet med yttervegger. Derimot i større prosjekter med store etasjer vil det motsatte vise seg. Det er denne egenskapen som illustreres på siste rad i tabell 4.16. Tabellen viser at dersom de utvalgte prosjektene hadde flyttet produksjonen av yttervegger til produsent, ville det redusert den totale avfallsmengden fra prosjektet med mellom 2,2 % til 4,2 %. Dersom prosjektene hadde benyttet prefabrikkerte ytterveggselementer ville de redusert avfallsmengden med til sammen 10 866kg.

Tabell 4.14 og 4.15 viser at avfallsmengden fra gips og treverk reduseres ved produksjon på fabrikk. Dette skyldes bedre kapputstyr for treverk og bedre utnyttelse av overskuddsmateriale, som beskrevet i kapittel 5.1. Tabellene viser at avfallsreduksjonen vil være 3,89kg per meter. Dermed reduseres mengden avfall med 45 % ved å flytte produksjonen av ytterveggene til produsent. De resterende 55 % av avfallet som oppstår fra ytterveggene vil derfor genereres på fabrikk i stedet for byggeplass.

Figur 4.7 viser at andelen avfall med isolasjon øker fra 7 % til 13 % dersom produksjonen av yttervegger flyttes til produsent. Dette kan skape et inntrykk av at mengden med isolasjonsavfall øker, men ettersom de største avfallsfraksjonene som gips og treverk

reduseres, vil det bety at de mindre avfallsfraksjonene utgjør en større forskjell. Dette vil si at mengden isolasjonsavfall forblir den samme, men den utgjør en større prosentandel av det totale avfallet.

En utfordring i arbeidet med avfallsgenerering i byggebransjen er det mangelfulle datagrunnlaget som eksisterer i dag. De siste årene har hovedfokuset til byggebransjen vært å etablere rutiner for registrering av det avfallet som blir produsert på den enkelte byggeplass. Dette betyr at de dataene som eksisterer i dag fra byggeplasser kun illustrerer hvor mye som har havnet i hver container på byggeplass. Avfallsstatistikken viser imidlertid ikke hvor avfallet kommer fra. Dette betyr at dersom en container inneholder trevirke, er det utfordrende, om ikke umulig å vite hva dette trevirke har blitt brukt til.

Byggebransjen har et betydelig avtrykk på miljøet. Som nevnt i kapittel 2.1 står BA-bransjen for nærmere 40 % av verdens energi og karbonutslipp. Statistikken over materialforbruk hos byggeprosjekter er mangelfull. Det betyr at når et bygg står ferdig vet ikke utbygger konkret hvor mye materialer det aktuelle prosjektet krevde, og dermed ikke hvor stort miljøavtrykk prosjektet skapte. Dette er spesielt viktig med tanke på hvor stor andel av miljøbelastningen byggebransjen står for. Det er imidlertid mulig å beregne hvor mye materialer et prosjekt inneholder. Likevel vil slike beregninger skape usikkerheter. Derfor vil det være gunstig å føre detaljert statistikk over hvor mye materialer som inngår i et byggeprosjekt.

Dersom det etableres gode rutiner for registrering av mengder som kommer inn på byggeplass er det mulig å beregne materialutnyttelsen. En måte å føre en slik statistikk på er å sammenlikne generert avfall og mengden materialer som er innhentet til byggeplass. En slik statistikk på kan bli ført på følgende måte:

$$\left( 1 - \frac{\text{Produsert avfall (kg)} - \text{Avfall forbundet med transport (kg)}}{\text{Total materialinnkjøp (kg)}} \right) * 100 = \text{Utnyttelsesgrad (\%)}$$

Denne beregningsmetoden gir også muligheten til å beregne utnyttelsesgraden for hver materialtype, for eksempel gips.

En slik statistikkføring medfører nye utfordringer. I dag er det mange underentreprenører som selv står for sitt eget materialinnkjøp. Det kommer også materialer fra mange forskjellige leverandører slik at innkjøpene som gjøres har veldig mange forskjellige kilder. Det kan være utfordrende å få en presis oversikt over hvor mye materialer som brukes i et prosjekt med så

mange materialkilder. Statistikkføring på denne måten kan trolig skape utfordringer for logistikken på byggeplass. I dag bestilles gjerne materialer som monteres kort tid etter ankomst. Dersom disse materialene må registreres i et system vil trolig monteringstiden påvirkes.

En annen utfordring for en slik beregning vil være at emballasjeplast og annet avfall forbundet med transport må fjernes fra beregningen, dersom prosjektet skal måle materialutnyttelse. I dag blir transportemballasje ofte kastet i containerne på byggeplass, og dermed føres dette avfallet på prosjektet.

## **5.3 Bærekraftig byggebransje**

### **FNs bærekraftsmål**

Bygg - og anleggsnæringen har et stort samfunnsansvar for å drive bransjen i en bærekraftig retning. Ut ifra litteraturstudiet og samtaler med relevante aktører fra bransjen, framkommer det at arbeid mot FNs bærekraftsmål vil kunne bidra til økt ressurseffektivitet og mindre avfall som genereres på byggeplasser. For å få til disse målene er det viktig at det stilles strengere krav fra myndighetene gjennom lover, sertifiseringer og standarder som blir tatt i bruk. I tillegg til krav fra politiske hold, er det viktig at oppdragsgivere og byggherrer stiller krav til entreprenørene. Byggherrer kan påvirke bransjen ved å prioritere entreprenører som ser på miljø og samfunnsgevinst fremfor en eventuell større økonomisk gevinst. Det er sett på flere løsninger for å få til dette i praksis, og dette temaet er svært sentralt for bransjen i dag. En mulighet er for eksempel at byggherren belønner entreprenøren hvis de klarer å oppnå de avtalte miljøkravene for et prosjekt. Dersom de avtalte kravene ikke overholdes kan de eksempelvis straffes i form av bøter. For å få bransjen til å jobbe mot FNs bærekraftsmål er det viktig at aktører som tenker nytt, har fokus på bærekraft og kommer med nye løsninger til økt ressurseffektivitet, blir belønnet. Det vil derfor være gunstig at entreprenører som fremmer innovative løsninger knyttet til miljø, blir valgt fremfor entreprenører som ikke gjør det. På denne måten vil bransjen bli tvunget til å bli bedre på å utnytte ressurser, samt bygge med et mindre miljøavtrykk. Tatt dette i betraktning anses det som spesielt viktig at alle aktører er med på å trekke bransjen i en miljøvennlig retning.

## **BREEAM**

Stadig flere byggherrer og entreprenører ønsker å oppnå en best mulig grad innenfor miljøsertifiseringen BREEAM, for deres prosjekter. Kapittel 2.2 gjør rede for hvordan byggeplasser kan oppnå BREEAM-poeng gjennom blant annet god sorteringsgrad og god registrering av avfall. En svakhet ved dagens sertifisering er at den vektlegger sorteringsgrad, fremfor avfallsreduksjon for prosjektet. Eksempelvis vil et leilighetsprosjekt med en sorteringsgrad på 80 % og 30 kg/m<sup>2</sup> avfall, få like mange BREEAM-poeng som et leilighetsprosjekt med en sorteringsgrad på 80 % og 15kg/m<sup>2</sup> avfall. Ved store prosjekter kan denne forskjellen utgjøre flere tonn generert avfall. Det bør også nevnes generert avfall hos produsent i dag tas ikke med i avfallsregnskapet for leilighetsprosjekter.

Et prosjekt kan få god anerkjennelse ved å tilfredsstillе miljøsertifiseringskravene under avfallskategorien fra BREEAM. Likevel kan dette gi et feil bilde av den faktiske miljøbelastningen og avfallsgenereringen til et prosjekt. Eksempelvis så stiller ikke BREEAM noe krav til prosjekter for å registrere generert avfall hos produsent. For at BREEAM i fremtiden skal kunne vise den faktiske mengden generert avfall fra et prosjekt, vil et krav om avfallsregistrering hos produsent gi et reelt bilde for avfallsgenerering for et prosjekt. Dagens BREEAM NOR standard ble utgitt i 2016. En slik standard har som formål å representere hvordan markedet er i dag. Dermed skal også kravene være realistiske. Ettersom det nå er 5 år siden dagens BREEAM NOR standard ble utgitt, vises det at den opprinnelige standarden ikke representerer markedet i like stor grad som den opprinnelig var tiltenkt. Eksempelvis er det i dag en økende oppmerksomhet knyttet til avfallsreduksjon. Likevel deles det ikke ut noen poeng innenfor BREEAM ut ifra hvor mye avfall som genereres totalt. Det vil være realistisk at en ny og oppdatert BREEAM NOR-standard vil belønne avfallsreduksjon i tillegg til sorteringsgrad. Høsten 2021 lanseres en ny BREEAM NOR standard med tilpassede og mer oppdaterte krav. Det er forventet at den nye versjonen vil ha strengere krav for å oppnå poeng i avfallskategorien. Dersom dette blir en realitet for den oppdaterte sertifiseringen, vil arbeidet som er gjort i denne oppgaven være enda mer aktuelt.

## **Sirkulær økonomi**

Sirkulær økonomi er et viktig steg på veien for å oppnå en bærekraftig byggebransje. Begrepet sirkulær økonomi ble forklart i kapittel 1.1, og ytterligere forklart i teorikapittelet 2.2 knyttet til avfallsreduksjon. Ut ifra litteraturstudiet som er gjennomført, kommer det frem

at byggebransjen har et stort potensial for å kunne oppnå sirkulær økonomi. Gjennom fabrikkbesøk og intervjuer med produsent vises det at de har et økende fokus på sirkulær økonomi i deres produksjon. Det foreligger likevel et større potensiale for å ta sirkulær økonomi et skritt videre fra produksjonsprosessen. Sirkulær økonomi kan implementeres ytterligere i bransjen gjennom prosjektering for demontering. Dette innebærer at monteringsprosessen av bygninger kan reverseres og komponenter kan brukes på nytt et annet sted. Utdypning av prosjektering for demontering er ytterligere beskrevet i kapittel 2.3. Likevel finnes det noen utfordringer knyttet til gjenbruk av bygningskomponenter. I dag bruker entreprenører CE-merkede materialer for å oppfylle garantikrav. Slik regelverket er i dag er det ikke mulig å CE-merke gjenbruksmaterialer, noe som gjør at slike materialer ofte blir valgt bort (Optimera, 2020). Et grunnleggende prinsipp knyttet til sirkulær økonomi har som mål at alle ressursene skal forbli i materialsyklusen lengst mulig. For å få til dette er det viktig at produkter designes for en lang levetid. I tillegg må produktet kunne gjenbrukes for å bli til et nytt produkt, slik at det ikke blir gjort om til avfall og utslipp. Det er flere faktorer som må endres for å få til dette, blant annet produktdesign, materialeffektivitet, krav og regelverk, samt nye forretningsmodeller.

Bakgrunnen til det økende fokuset på sirkulær økonomi i BA-bransjen kan være at dagens lineære økonomi ikke er bærekraftig. I fremtiden vil ikke dette tilfredsstillende etterspørselen etter råvarer. I dag blir råvarer utvunnet fra naturen, før det blir bearbeidet og satt sammen til produkter. Disse produktene brukes inntil de blir kastet. En slik lineær modell har fungert frem til nå, men ettersom det er en økende industrialisering er det en risiko for å ikke tilfredsstillende etterspørselen av sentrale råvarer. Dette tatt i betraktning, vil en sirkulær økonomisk modell for byggebransjen ha en positiv innvirkning på miljø og etterspørsel av materialer.

## **BIM**

I teorikapittelet 2.5 redegjøres det for hvorfor BIM er en avgjørende faktor i arbeidet med prefabrikkerte ytterveggselementer. BIM sees derfor på som et viktig hjelpemiddel for å redusere avfall fra yttervegger. I dag mottar ofte produsent en kopi av en 3D-modell for det aktuelle prosjektet. En utfordring med denne prosessen er at denne kommunikasjonen foregår en vei og ikke begge. En løsning på dette hadde vært at byggeplass og produsent av prefabrikasjon sammen delte et dokument hvor begge kunne gå inn og illustrere sine poeng og synspunkter. Dette ville ført til at byggeplass kunne fått muligheten til å se hvordan

ytterveggselementet ser ut før det ankommer byggeplass. Fordelen med en slik prosess er at den avdekker utfordringer tidlig og det vil være enklere å kommunisere. Dette kan bidra til færre feil og dermed mindre avfall.

## 6 Konklusjon

Ved å flytte produksjonen av yttervegger fra byggeplass til produsent av prefabrikkerte ytterveggselementer, flyttes også store deler av avfallet. Ettersom denne endringen fører til at avfallet fra byggeplass reduseres, kan det skape et inntrykk av at byggeplassen har forbedret sin avfallsgenerering. I realiteten flyttes mye av avfallsgenereringen til produsent, og avfallet vil dermed oppstå et annet sted. Miljøbelastningen på samfunnet vil bli mindre dersom avfallet aldri skapes i utgangspunktet. Likevel bør det presiseres at ved å benytte prefabrikkerte ytterveggselementer reduseres mengden generert avfall for yttervegger totalt sett. Våre beregninger indikerer at denne reduksjon vil være på rundt 45 %. Denne reduksjonen skyldes blant annet bedre kapputstyr, som optimaliserer utnyttelsen av trevirke. Samtidig kan overskuddet fra andre materialer brukes på neste vegg i produksjonslinjen.

Intervjuobjektene fortalte at en økt bruk av prefabrikkerte ytterveggselementer i prosjekter vil føre til en økning av transportemballasje. For å hindre at slik plastavfall oppstår bør det sees på andre transportløsninger som kapellbiler eller ombrukbar emballasje.

Slik det er i dag vektlegger bransjen sorteringsgrad, til tross for at dette ikke direkte påvirker avfallsreduksjon for et prosjekt. Gjennom litteraturstudiet kommer det frem at det ikke er noen krav fra anerkjente miljøsertifiseringer som BREEAM, om å registrere avfallsstatistikk hos produsent for et prosjekt. Ettersom bransjen har et økende behov for avfallsreduksjon, er det naturlig at miljøsertifiseringene vektlegger dette behovet i tillegg til sorteringsgrad. Dersom det ikke oppstår noe avfall, vil det heller ikke være behov for noe sorteringsgrad.

I dag prosjekteres leilighetsbygg for at bygget skal rives etter bygningens levetid. Dette aktualiserer teorien som kommer frem i litteraturstudie om at bransjen har et økende behov for å implementere en mer sirkulær økonomisk modell. Prefabrikasjon kan være et skritt på veien for å oppnå materiallagring i bygg, ettersom bygningskomponenter kan prosjekteres for demontering og brukes etter byggets levetid. Det må legges til rette for dette under prosjektering og montering, særlig med tanke på å arkivere detaljerte tegninger som viser elementskjøter og festeanordninger. For at produkter skal kunne forbli i materialsyklusen lengst mulig, er det viktig at disse designes for en lang levetid. I tillegg må brukte materialer kunne gjenvinnes for å bli et nytt produkt, noe som vil være gunstig for en sirkulær økonomisk modell.

For å redusere generert avfall fra byggebransjen, vil flere av delmålene fra FNs bærekraftsmål være sentrale. Initiativet til avfallsfrie byggeplasser, samt flere store aktørers valg om å forplikte seg til disse målene, bidrar til optimisme. For å oppnå klimamålene i Parisavtalen, vil offentlige krav være høyst nødvendige for å kunne endre dagens lineær økonomiske struktur for byggenæringen.

For at bygging av yttervegger skal imøtekomme bransjens økende behov for avfallsreduksjon kan prefabrikasjon være et steg i riktig retning. Litteraturstudien og empirien fra intervjuarbeidet indikerer at viktige verktøy i arbeidet med prefabrikasjon er BIM. Disse verktøyene gjør det mulig å produsere mer presise elementer slik at feilmarginen blir mindre og fabrikkene kan utvikle mer kompliserte elementer. I tillegg kreves en god prosjektering. Precut av forskjellige materialer som er spesialtilpasset hvert prosjekt kan også være et tiltak for å redusere avfallet som oppstår fra yttervegger. Ettersom denne oppgaven har illustrert at prefabrikkerte elementer genererer mindre avfall enn plassbygde vegger, vil dette være et tiltak for hvordan produksjon av yttervegger kan imøtekomme bransjens økende behov for avfallsreduksjon.



## 7 Videre arbeid

Vi har i denne oppgaven rettet oppmerksomhet mot hvordan man kan redusere avfall fra yttervegger for leilighetsprosjekter ved bruk av prefabrikkerte yttervegger. Til tross for at vi har gjort litteraturstudier, avfallsberegninger og intervjuer, vil det være flere ting å undersøke videre rundt temaet avfallsreduksjon og materialutnyttelse.

Denne oppgaven har blant annet forsøkt å vise hvor mye avfall plassbygde yttervegger genererer. Et forslag til videre arbeid er å ytterligere undersøke hva som faktisk kastes i containere på byggeplass. Slik det er i dag finnes det ikke oversikt over hva som blir kastet i containere, annet enn at entreprenører for en oversikt over hvor mye materiale av eksempelvis trevirke, gips og metall som er levert til renovasjonsselskapet. Et videre studie kan derfor være å finne ut mer nøyaktig hvor dette avfallet kommer fra.

I oppgaven har vi pekt på andre transportmetoder og gjenbrukbar transportbeskyttelse. Et forslag til videre arbeid kan derfor være å ytterligere undersøke nye transportmetoder, og se på emballaseløsninger som ikke genererer avfall på byggeplass.

Vi har sett på teorier om å prosjektere for demontering i denne oppgaven. En utfordring som trekkes frem er å få løsnet festeanordningene til veggelementene ved demontering. Et forslag til videre arbeid kan være å se på festemetoder for prefabrikkerte ytterveggselementer, som lar seg demontere på en enklere måte.

Et gjentakende begrep i oppgaven er avfallsregnskap. I kapittel 2.2 som omhandler BREEAM, kommer det frem at ved føring av avfallsregnskap vil man opptjene noen BREEAM-poeng for prosjektet. Avfallsregnskapet for prosjektet tar ikke med avfall som oppstår hos produsent. Det kan dermed gi et feil bilde av hvilken grad prosjektet har redusert mengden avfall. Forslag til videre arbeid kan være å ytterligere undersøke hvordan kravene for BREEAM-poengene under avfallskategorien kan endres. Det ville også være en mulighet å se videre på hvordan et mer detaljert avfallsregnskap kan gi et reelt bilde av generert avfall for prosjekter. Her vil man også kunne undersøke hvordan et nytt politisk regelverk og krav fra byggherrer kan ha innvirkning på hvordan man kan få ført mer detaljerte avfallsregnskap for prosjekter.

# Litteraturliste

- 3XN architects (2019) *Building a Circular Future*. Tilgjengelig fra: [https://issuu.com/3xnarchitects/docs/building\\_a\\_circular\\_future\\_3\\_2](https://issuu.com/3xnarchitects/docs/building_a_circular_future_3_2) (Hentet: 22.03.2021).
- Academic Work (u.å.) *3 intervjuteknikker*. Tilgjengelig fra: <https://www.academicwork.no/insights/arbeidsgivere/3-intervjuteknikker> (Hentet: 24.02 2021).
- Andersen, G. (2020) *Kvalitative intervjuundersøkelser*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subject:5e750140-7d01-4b52-88ec-1daa007eeab3/topic:a317f589-7995-43aa-8b68-92182c0b23c6/topic:35efa357-acc7-4828-b241-cad5467d1dc6/resource:201ce19e-7011-49a6-b415-91fd42d5dfe9?filters=urn:filter:470720f9-6b03-40cb-ab58-e3e130803578> (Hentet: 24.02 2021).
- Avfallsfrie Byggeplasser (2021) *Avfallsfrie Byggeplasser*. Tilgjengelig fra: <https://avfallsfriebyggeplasser.no/> (Hentet: 02.05.2021 2021).
- Byggalliansen (2019a) *BREEAM-NOR 2016 for nybygg*. Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2019/06/SD-5075NOR-BREEAM-NOR-2016-Nybygg-Versjon-1.2.pdf>.
- Byggalliansen (2019b) *Strategi 2019-2021 Grønn byggallianse*. Byggalliansen. Tilgjengelig fra: [https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2019/05/GB\\_strategi\\_utskrift.pdf](https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2019/05/GB_strategi_utskrift.pdf).
- Byggeindustrien (2021) *Her bygger AF og Høegh demonterbare kontorer i tre*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1461469> (Hentet: 01.04.2021 2021).
- Byggenæringens Landsforening (2020) *Materialbruk i bygg og anlegg*. Tilgjengelig fra: <https://www.bnl.no/politikk/politiske-saker/materialbruk/> (Hentet: 23.02 2020).
- Byggindustrien (2013) *SSB-statistikken om produktivitet er ikke verdt noe*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/105072> (Hentet: 19.02 2021).
- Byggmaker (u.å.) *Gipsplate Std 13mmx120x240cm*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggmakker.no/trelast-og-byggevare/plater/gipspl-std-125mmx120x240cm/> (Hentet: 06.05. 2021).
- Crowther, P. (2002) *DESIGN FOR BUILDABILITY AND THE DECONSTRUCTION CONSEQUENCES*. Tilgjengelig fra: <https://eprints.qut.edu.au/2885/1/Crowther-TG39-2002.PDF> (Hentet: 30.04.2021).
- Dahlum, S. (2021) *Validitet*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/validitet> (Hentet: 12.04 2021).
- Edwardsen, K. I. og Ramstad, T. Ø. (2018) *Trehus*. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Europakommisjonen (2015) *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*.
- FN sambandet (2018) *Parisavtalen*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen> (Hentet: 03.03 2021).
- FN sambandet (2021) *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> (Hentet: 30 2021).
- Free3D (2019) *Apartment Building 02 3D Model*. Tilgjengelig fra: <https://free3d.com/3d-model/apartment-building-02-9775.html>.
- Gausdal Landhandleri (u.å.). Tilgjengelig fra: <https://www.gaus.no/produkter/trelast/konstruksjonsvirke/lekter-og-sloyfer/40807778-lekt-gran-11x36> (Hentet: 06.05. 2021).
- Glava (2020) *Glava Dampsperre (FDV)*. Tilgjengelig fra: <http://media.glava.no/mediabank/store/7416/ProdDok-1269-1.pdf>.
- Grong, L. K. (2013) *BIM i produksjon*, Institutt for bygg, anlegg og transport.

- Grønmo, S. (2020a) *Kvalitativ metode*. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/kvalitativ\\_metode](https://snl.no/kvalitativ_metode) (Hentet: 17.03 2021).
- Grønmo, S. (2020b) *Kvantitativ metode*. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/kvantitativ\\_metode](https://snl.no/kvantitativ_metode) (Hentet: 17.03 2021).
- Grønn Byggallianse (2020) *Byggenæringen blant de viktigste sektorene for grønn, sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/article/1427811> (Hentet: 25.02 2021).
- Hunton (u.å.) *Boliger bygd i perioden 1955-1970*. Tilgjengelig fra: <https://www.hunton.no/radgivning/for-private/etterisolering/> (Hentet: 30.04 2021).
- Høgberget, M. (2015) 31 av 50 boliger solgt – nå begynner byggingen, *Glåmdalen*. Tilgjengelig fra: <https://www.glomdalen.no/bolig-og-eiendom/okonomi-og-naringsliv/bygg-og-anlegg/31-av-50-boliger-solgt-na-begynner-byggingen/s/5-19-79886>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2019) *Global Warming of 1.5°C*. Tilgjengelig fra: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15\\_Full\\_Report\\_Low\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_Low_Res.pdf) (Hentet: 10.03.2021).
- Jayasena, H. S. og Weddikkara, C. (2013) ASSESSING THE BIM MATURITY IN A BIM INFANT INDUSTRY, i University of Moratuwa (red.): *Socio-Economic Sustainability in Construction*.
- Liaparken (u.å.) *Bærekraftige grønne hjem*. Tilgjengelig fra: <https://liaparken.no/miljo.html> (Hentet: 02.03 2021).
- Løkenåsen Panorama (u.å.) *Velkommen til Løkenåsen Panorama*. Tilgjengelig fra: <http://lokenasenpanorama.no/>.
- Løvenskiold Terrasse (u.å.) *Flotte leiligheter sentralt*. Tilgjengelig fra: <http://lovenskiold-terrasse.no/>.
- Miljøverndepartementet (2013) *Fra avfall til ressurs*. (Avfallsstrategi). Tilgjengelig fra: [https://www.regjeringen.no/contentassets/27128ced39e74b0ba1213a09522de084/t-1531\\_web.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/27128ced39e74b0ba1213a09522de084/t-1531_web.pdf) (Hentet: 23.04.2021).
- Moen, J. R. (2017) Avfallsfrie byggeplasser.
- Mordue, S. (2019) *Explaining the levels of BIM*. Tilgjengelig fra: <https://www.bimplus.co.uk/analysis/explaining-levels-bim/> (Hentet: 25.03 2021).
- Multiconsult (2009) *Levetider i praksis*. Tilgjengelig fra: [https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/levetider\\_i\\_praksis.pdf](https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/levetider_i_praksis.pdf) (Hentet: 15.04.2021).
- Nordby, A. S. (2009) *Salvageability of building materials*. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/231092> (Hentet: 18.03.2021).
- Nordby, A. S. og Wærner, E. R. (2017) *Hvordan planlegge for mindre avfall*. (En veileder for å redusere avfallsgenerering i byggprosjekter). Tilgjengelig fra: [https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/07/NGBC\\_veileder\\_Hvordan-planlegge-for-mindre-avfall.pdf](https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/07/NGBC_veileder_Hvordan-planlegge-for-mindre-avfall.pdf).
- NTI (2019) *Avfallsfrie Byggeplasser, Et felles mål mot en bedre bygget verden*. Tilgjengelig fra: [https://www.nti.biz/no/radgivning/avfallsfrie-byggeplasser/?location=1010826&keyword=&device=c&gclid=EA1aIQobChMIoMixg6z96wIViqmyCh1\\_XwuvEAAyASAAEgLvjfd\\_BwE](https://www.nti.biz/no/radgivning/avfallsfrie-byggeplasser/?location=1010826&keyword=&device=c&gclid=EA1aIQobChMIoMixg6z96wIViqmyCh1_XwuvEAAyASAAEgLvjfd_BwE) (Hentet: 02.03 2021).
- Optimera (2020) *Sirkulær økonomi - hva betyr det for deg og byggeplassen din?* Tilgjengelig fra: <https://www.optimera.no/nyheter/nyhetsarkiv/sirkular-okonomi-hva-er-det/> (Hentet: 26.02 2021).
- Postholm (2010) *Kvalitativ metode*. Universitetsforlaget.

- Regjeringen (2020a) *Handlingsplan for sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2020/jan/veikart-for-sirkular-okonomi-2019/id2691183/> (Hentet: 23.04.2021).
- Regjeringen (2020b) *Hva kan byggebransjen gjøre for å redusere klimautslippene?* Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/hva-kan-byggebransjen-gjore-for-a-redusere-klimautslippene/id2692924/> (Hentet: 11.03 2021).
- Rockwool (2021) Produktinformasjon. Tilgjengelig fra: <https://www.rockwool.no/siteassets/o2-rockwool/dokumentasjon-og-sertifikater/prislister/produktoversikt/byggisolasjon-produktoversikt-rockwool.pdf?f=20200918022009>.
- SINTEF Byggforsk (2013) *532.003 Totrinnstetning mot slagregn på fasader. Luftede kledninger og fuger*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/470/totrinnstetning\\_mot\\_slagregn\\_paa\\_fasader\\_luftede\\_kledninger\\_og\\_fuger](https://www.byggforsk.no/dokument/470/totrinnstetning_mot_slagregn_paa_fasader_luftede_kledninger_og_fuger) (Hentet: 04.02 2021).
- SINTEF Byggforsk (2014) *523.251 Bindingsverk av tre i småhus. Dimensjonering og utførelse*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/358/bindingsverk\\_av\\_tre\\_i\\_smaahus\\_dimensjonering\\_og\\_utfoerelse](https://www.byggforsk.no/dokument/358/bindingsverk_av_tre_i_smaahus_dimensjonering_og_utfoerelse) (Hentet: 03.02. 2021).
- SINTEF Byggforsk (2020) *523.255 Yttervegger av bindingsverk. Varmeisolering og tetting*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/361/yttervegger\\_av\\_bindingsverk\\_varmeisolering\\_og\\_tetting](https://www.byggforsk.no/dokument/361/yttervegger_av_bindingsverk_varmeisolering_og_tetting) (Hentet: 03.02. 2021).
- Skanska (UÅ) *Byggeplassen digitaliseres*. Tilgjengelig fra: <https://relasjon.skanska.no/byggeplassen-digitaliseres/>.
- Skogesal, O. (2019) *Statistikk over BA-avfall*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2019/02/NHP-Statistikk-BA-avfall-2019.01.23.pdf> (Hentet: 21.04.2021).
- SSB (2017) *Produktivitetsberegninger for næringer*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/statistikker/nr/tilleggsinformasjon/produktivitetsendringer-for-naringer> (Hentet: 19.02 2021).
- SSB (2021) *Færre igangsettingstillatelser til nye boliger*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/faerre-igangsettingstillatelser-til-nye-boliger> (Hentet: 22.03 2021).
- Statistisk sentralbyrå (2019) *Avfall fra byggeaktivitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/09247/> (Hentet: 01.05 2021).
- Statsministerens kontor (2018) *Politisk plattform, Jeløya-plattformen*  
Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/politisk-plattform/id2585544/#k13> (Hentet: 08.03.2021).
- Store norske leksikon (2018) *Avfallshierarki*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/avfallshierarki> (Hentet: 01.05 2021).
- Svartdal, F. (2020) *Reliabilitet*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/reliabilitet> (Hentet: 12.04 2021).
- Tangsveen, F. (2012) *Veileder for håndtering av avfall som inneholder gips*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/fm-nordland/dokument-fmno/miljo-og-klima-dokumenter/avfall-og-gjenvinning/veiledere/veileder-for-handtering-av-gipsavfall---langversjon.pdf> (Hentet: 04.05.2021).

- Tekna (2018) *Effektivisering innen bygg og anlegg*. Tilgjengelig fra: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/effektivisering-innen-bygg-og-anlegg/>.
- Tenka (2019) *7 gode grunner til å bruke tre som byggemateriale*. Tilgjengelig fra: <https://www.tekna.no/kurs/innhold/7-gode-grunner-til-a-bruke-tre-som-byggemateriale/> (Hentet: 03.02. 2021).
- United Nations Environment Programme (2020) *2020 GLOBAL STATUS REPORT FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION*. Tilgjengelig fra: [https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR\\_FULL%20REPORT.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf) (Hentet: 10.03.2021).
- Verdenskommisjonen for miljø og utvikling (1987) *Vår felles fremtid*. Tiden norsk forlag.
- World green building council (2019) *The Net Zero Carbon Buildings Commitment*. Tilgjengelig fra: <https://www.worldgbc.org/resources-further-guidance> (Hentet: 10.03.2021).
- XL-Bygg (u.å.) *GRAN 48X198 K-VIRKE C24*. Tilgjengelig fra: <https://www.xleidsvoll.no/produkter/trelast-og-byggevarer/trelast/konstruksjonsvirke/k-virke-furu-gran/gran-48x198-k-virke-c24-1> (Hentet: 06.05. 2021).

# Vedlegg

Vedlegg 1a – Intervjuguide Entreprenør

Vedlegg 1b – Intervjuguide Produsent

Vedlegg 2 – Datagrunnlag fra Ø.M. Fjeld sine prosjekter

Vedlegg 3 – Beregninger

Vedlegg 4 – Utvidet innholdsfortegnelse

## Vedlegg 1a – Intervjuguide Entreprenør

Denne intervjuguiden er utviklet i forbindelse med bacheloroppgaven for å samle inn kvalitativ informasjonen i oppgaven om prefabrikkerte ytterveggselementer. Innhentet informasjon fra intervjuene vil bli brukt under resultatdelen i oppgaven som skal leveres innen 20. mai 2021.

Intervjuobjektet vil ha full anonymitet og eventuelle sensitive og personlige opplysninger vil ikke bli brukt i oppgaven. Vi ønsker å kunne ta notater under intervjuene for å kvalitetssikre informasjonen i ettertid og sørge for at detaljene fra intervjuene kommer med i resultatene. Notatene vil bli destruert når oppgaven er levert.

<i>Generelt</i>
1. Hva er din stilling, tidligere stilling, eventuell utdanning og hvor mange års erfaring fra byggebransjen har du?
2. Hva er ditt generelle inntrykk av prefabrikkerte ytterveggselementer?
3. Hva mener du er de største fordelene ved bruk av prefabrikasjon?
4. Hva mener du er de største ulempene ved bruk av prefabrikasjon?
5. Merker du noen kvalitetsforskjeller mellom prefab og plassbygde yttervegger?
6. Hva er de mest vanligste reklamasjonsårsakene?
<i>Forhold på byggeplass</i>
7. Skaper prefab noen logistikkproblemer på byggeplassen?
8. Har dere opplevd at tårnkran/mobilkran ikke har vært tilgjengelig når elementene skal monteres? Hvordan løste dere i så fall dette?
9. Har du noen forslag til hva som kan gjøres for å effektivisere tidsbruken på byggeplass?
10. Bruker dere mye tid på dialog med produsent for å forsikre dere om at veggene blir som de skal?
11. Er det noen virkemidler du mener ville effektivisert dialogen med produsentene?
<i>Resurseffektivitet</i>
12. Hvilken type fraksjon mener du er det største avfallet forbundet med plassbygde vegger?
13. Hvor mye svinn regner dere med under produksjonen av plassbygde vegger?
14. Genererer prefabrikkerte ytterveggselementer noe avfall på byggeplass i forbindelse med montering? Plast? Støttebjelker? Noe annet?
15. Hvilken ferdighetsgrad av prefabrikkerte yttervegger foretrekker dere? Åpne? Lukkede?
16. Er det noe forskjell i mengden/type avfall ved vegger med forskjellige ferdighetsgrader? I så fall hva?
17. Teori om materiallagring i bygning, som vil si at bygget kan lett tas fra hverandre og brukes andre steder i senere tid, i stedet for riving og hente nye ressurser. Tror du det er mulig med de veggelementene som leveres i dag? Hvilke tiltak kan dere gjøre for å muliggjøre fremtidig gjenbruk og hvilke tiltak kan gjøres for de elementene som allerede er montert?
18. Hvis dere i fremtiden hadde fått krav om å bygge yttervegger uten at det blir generert avfall, hvordan ser du for deg at dere skulle klart å oppnå dette?
<i>Tilleggsspørsmål</i>
19. Ønsker du å tilføye noe som ikke har kommet frem i intervjuet?
20. Har du noen kommentar eller tilbakemelding til intervjuet?

## Vedlegg 1b – Intervjuguide Produsent

Denne intervjuguiden er utviklet i forbindelse med bacheloroppgaven for å samle inn kvalitativ informasjonen i oppgaven om prefabrikkerte ytterveggselementer. Innhentet informasjon fra intervjuene vil bli brukt under resultatdelen i oppgaven som skal leveres innen 20. mai 2021.

Intervjuobjektet vil ha full anonymitet og eventuelle sensitive og personlige opplysninger vil ikke bli brukt i oppgaven. Vi ønsker å kunne ta notater under intervjuene for å kvalitetssikre informasjonen i ettertid og sørge for at detaljene fra intervjuene kommer med i resultatene. Notatene vil bli destruert når oppgaven er levert.

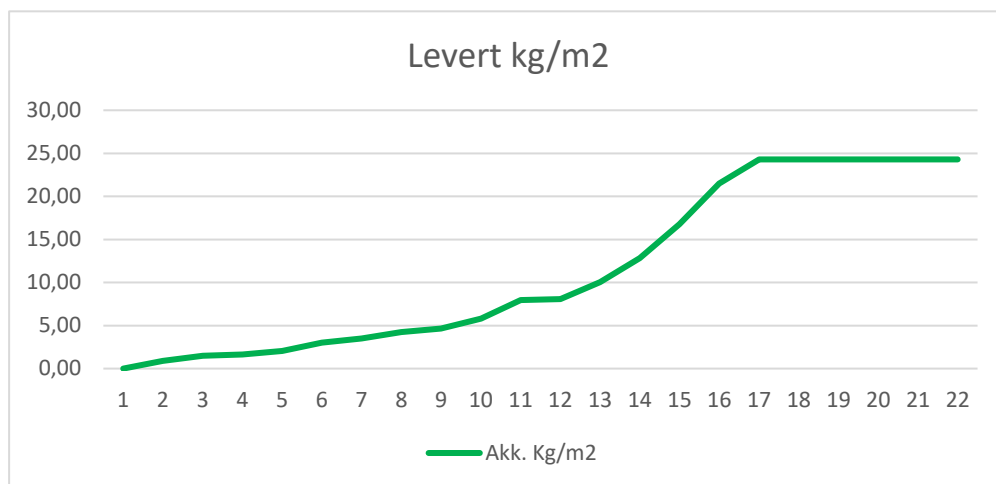
<i>Generelt</i>
1. Hva er din stilling, tidligere stilling, eventuell utdanning og hvor mange års erfaring fra byggebransjen har du?
2. Hva mener du er de største fordelene ved bruk av prefabrikasjon?
3. Hva mener du er de største ulempene ved bruk av prefabrikasjon?
4. Hva er de mest vanligste reklamasjonsårsakene?
5. Er det ofte avstivende plater som hjelper til med avstivningen av veggen med tanke på transport og løft? Evt andre årsaker?
6. Hva er de største utfordringene mtp fukt? Og hvordan løses dette?
<i>Forhold på byggeplass</i>
7. Hvordan blir elementene lagret på byggeplassen før montering? Stiller dere evt krav til lagringen?
8. Har dere opplevd at tårnkran/mobilkran ikke har vært tilgjengelig når elementene skal monteres? Hvordan løste dere i så fall dette?
9. Har du noen forslag til hva som kan gjøres for å effektivisere tidsbruken på byggeplass
<i>Resurseffektivitet</i>
10. Hvilken type fraksjon mener dere er det største avfallet forbundet med prefabrikkerte ytterveggselementer? Både med tanke på byggeplass og på produksjon av elementer på fabrikk.
11. Hvor mye svinn regner dere med under produksjonen?
12. Hva gjør dere med eventuell kapp?
13. Hvilke tiltak gjør dere for å minimere avfall på fabrikk?
14. Er det noe forskjell i mengden/type avfall ved vegger med forskjellige ferdighetsgrader? I så fall hva?
15. Teori om materiallagring i bygning, som vil si at bygget kan lett tas fra hverandre og brukes andre steder i senere tid, i stedet for riving og hente nye ressurser. Tror du det er mulig med de veggelementene som leveres i dag? Hvilke tiltak kan dere gjøre for å muliggjøre fremtidig gjenbruk og hvilke tiltak kan gjøres for de elementene dere allerede har levert?
16. Oppstår det noe avfall i forbindelse med montering? I så fall hva?
17. Hvis dere i fremtiden hadde fått krav om å produsere ytterveggselementer uten at det blir generert avfall, hvordan ser du for deg at dere skulle klart å oppnå dette?
<i>Tilleggsspørsmål</i>
18. Ønsker du å tilføye noe som ikke har kommet frem i intervjuet?
19. Har du noen kommentar eller tilbakemelding til intervjuet?



## Vedlegg 2 – Datagrunnlag fra Ø.M. Fjeld sine prosjekter

### Løvenskiold Terrasse

Antall etasjer	4	stk
Etasjehøyde	3	m
L	17	m
B	24	m
H	17	m
Antall blokker	3	stk



<b>Levert avfall (kg)</b>	21180
<b>Akk. Levert avfall (kg)</b>	182910
<b>Levert: kg/m<sup>2</sup></b>	2,81
<b>Akk. Kg/m<sup>2</sup></b>	24,29

Areal prosjekt: 7530 m<sup>2</sup>

## Dr Jules Park

Antall etasjer	4	stk
Etasjehøyde	2,5	m
L	23	m
B	12	m
H	13	m
Antall blokker	2	stk

Antall etasjer	5	stk
Etasjehøyde	2,5	m
L	23	m
B	12	m
H	16	m
Antall blokker	2	stk

Akk. foreg. År.		Totalt i prosjekt		Kg / m <sup>2</sup>
Tonn	Sort. %	Tonn	Sort. %	
123,70	84,70	199,38	78,05	25,23

Areal prosjekt: 4491 m<sup>2</sup>

## Løkenåsen Panorama

Antall etasjer	5	stk
Etasjehøyde	2,5	m
L	28	m
B	16	m
H	16	m
Antall blokker	1	stk

Totalt		202009			202001 - 202009			
Fraksjon	Fraksjon navn	Omberegnet tonnasje	Antall Tømminger	% av totalen	Omberegnet tonnasje	Antall Tømminger Akk	Snitt pr. tømming	% av totalen
1149	Blandet bearbeidet trevirke	2,440	2	44%	22,780	19	1,199	32%
1299	Blandet papir,papp, kartong	0,740	2	13%	3,130	10	0,313	4%
1457	Kompleks			0%	1,900	1	1,900	3%
1613	Tegl og takstein			0%	15,640	5	3,128	22%
1615	Gips			0%	17,460	8	2,183	25%
1617	Mineralull			0%	0,805	4	0,201	1%
1732	Ekspandert og ekstrudert plast	1,080	1	20%	1,080	1	1,080	2%
1799	Blandet plast, blandede fraksj	0,380	1	7%	2,040	8	0,255	3%
7051	Maling, lim og lakk			0%	0,583	1	0,583	1%
9912	Blandet næringsavfall til sort	0,860	1	16%	5,545	9	0,616	8%
<b>Sum:</b>		<b>5,500</b>	<b>7</b>	<b>100%</b>	<b>70,963</b>	<b>66</b>	<b>1,075</b>	<b>100%</b>

Areal prosjekt: 2600

## Vedlegg 3 – Beregninger

Oversikt bygg		
Lengder		
YV pr etasje	=2*C5+2*C6	m
YV pr bygg	=G4*C3	m
YV totalt	=G5*C8	m

Bindingsverk (Tre)		
Vekt	4,448	kg/m
Totale lengder		
Sviller	=C5*2	m
Stenderverk	=(1+C5/C14)*(C4-2*48/10000)	m
Sum	=SUMMER(C29:C30)	m
<b>Vekter</b>		
Bindingsverk	=C31*C26	kg
Svinn	=C34*C16	kg

Dampsperre		
Vekt	180	g/m <sup>2</sup>
Areal som skal dekkes	=O29	m <sup>2</sup>
<b>Vekter</b>		
Plast	=C40*C38/1000	kg
Svinn	=C43*C19	kg

Sløyfer (Tre)		
Vekt	0,4	kg/m
Lengder		
Sløyfer	=(1+C4/0,6)*C5	m
<b>Vekter</b>		
Sløyfer	=G29*G26	kg
Svinn	=G34*C16	kg

Gips		
Vekt	9,2	kg/m <sup>2</sup>
Areal vegg	=C5*C4	m <sup>2</sup>
<b>Vekter</b>		
Gips	=K29*K26	kg
Svinn	=K34*C17	kg

Isolasjon		
Vekt	2,83	kg/m <sup>2</sup>
Areal vegg	=K29	m <sup>2</sup>
Areal som skal isoleres	=O29-C31*C12/1000	m <sup>2</sup>
<b>Vekter</b>		
Isolasjon	=O30*O26	kg
Svinn	=O34*C18	kg

Oversikt svinn								
Svinn en vegg	Svinn pr m		Svinn pr etasje		Svinn pr bygg		Svinn totalt	
Bindingsverk	=S20/\$C\$5	kg	=R6*\$G\$4	kg	=T6*\$C\$3	kg	=V6*\$C\$8	kg
Sløyfer	=S21/\$C\$5	kg	=R7*\$G\$4	kg	=T7*\$C\$3	kg	=V7*\$C\$8	kg
Gips	=S22/\$C\$5	kg	=R8*\$G\$4	kg	=T8*\$C\$3	kg	=V8*\$C\$8	kg
Isolasjon	=S23/\$C\$5	kg	=R9*\$G\$4	kg	=T9*\$C\$3	kg	=V9*\$C\$8	kg
Dampsperre	=S24/\$C\$5	kg	=R10*\$G\$4	kg	=T10*\$C\$3	kg	=V10*\$C\$8	kg
sum	=SUMMER(R6:R10)	kg	=SUMMER(T6:T10)	kg	=SUMMER(V6:V10)	kg	=SUMMER(X6:X10)	kg

Sammenligning av avfall						
	Løvenskiold		Løkenåsen		Dr Jules Park	
Total avfall produsert	=Løvenskiold!AQ6	kg	=AQ6	kg	=Dr Jules park!AJ8	kg
Avfall fra yttervegger produsert på byggeplass	9594,5	kg	3633	kg	13087,9	kg
Avfall dersom ytterveggene hadde vært prefabrikkerte	=Løvenskiold!X11	kg	=X11	kg	=Dr Jules park!X11	kg
Differanse	=A17-A18	kg	=AK7-AK8	kg	=AM7-AM8	kg

## Vedlegg 4 – Utvidet Innholdsfortegnelse

Forord .....	iii
Abstract .....	iv
Innholdsfortegnelse.....	v
Figurliste.....	viii
Tabelliste .....	ix
Begreper og forkortelser.....	x
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
Bærekraftig utvikling .....	2
FNs bærekraftsmål .....	3
1.1 Formål.....	4
Oppgavens potensielle betydning.....	4
1.2 Problemstilling.....	4
1.3 Avgrensninger .....	5
2 Teori .....	6
2.1 Avfallssituasjonen .....	6
Avfall og klima.....	6
Miljøutfordringer.....	6
Største fraksjonene på byggeplass.....	7
2.2 Suksessfaktorer knyttet til avfallsreduksjon .....	9
Avfallspyramiden .....	9
Sirkulær økonomi.....	10
BREEAM .....	11
2.3 Ny tankegang ved prosjektering .....	12
Historiske eksempler på demontering fra Norge.....	12
<i>Design for disassembly</i> – Prosjektere for demontering.....	13
Pilotprosjekter .....	15
Avfallsfrie byggeplasser.....	16
2.4 Yttervegger .....	17
Bindingsverk av tre .....	17

Tradisjonelle plassbygde yttervegger i tre .....	19
Prefabrikkerte ytterveggselementer i tre .....	20
2.5 Digitalisering av byggeplass.....	21
Produktivitet .....	21
BIM .....	22
3 Metode.....	24
3.1 Fremgangsmåte for valg av metode.....	24
3.2 Kvalitative og kvantitative metoder .....	25
3.3 Valgte metoder .....	25
3.3.1 Litteraturstudie .....	26
3.3.2 Intervjuer .....	26
3.3.3 Beregninger .....	28
3.4 Oppgavens reliabilitet og validitet.....	32
Reliabilitet .....	32
Validitet.....	33
Mulige feilkilder.....	34
Oppsummering av oppgavens reliabilitet og validitet.....	35
4 Resultater.....	37
4.1 Intervjuer .....	37
Fordeler og ulemper ved prefabrikkerte ytterveggselementer .....	37
Ytterveggenes kvalitet.....	38
Effektivisering av arbeid .....	39
Avfall på byggeplass .....	39
Avfall hos produsent .....	40
4.2 Avfallsberegninger .....	43
Løvenskiold Terrasse (Kongsvinger) .....	43
Dr Juells Park (Kongsvinger).....	44
Løkenåsen Panorama (Fetsund) .....	46
Generert avfall hos produsent .....	48
5 Diskusjon og analyse.....	50
5.1 Intervjuer .....	50
Fordeler og ulemper ved prefabrikkerte ytterveggselementer .....	50
Ytterveggenes kvalitet.....	51

Effektivisering av arbeid .....	52
Avfall på byggeplass .....	52
Avfall hos produsent .....	53
5.2 Avfallsberegninger .....	55
5.3 Bærekraftig byggebransje.....	58
FNs bærekraftsmål .....	58
BREEAM .....	59
Sirkulær økonomi.....	60
BIM .....	61
6 Konklusjon .....	62
7 Videre arbeid .....	64
Vedlegg .....	69