

Inga Bordal

# Klimagassbesparelser knyttet til ombruk av ulike bæresystemer

Masteroppgave i Energi og miljø

Veileder: Edgar Hertwich

Juni 2023



Inga Bordal

# **Klimagassbesparelser knyttet til ombruk av ulike bæresystemer**

Masteroppgave i Energi og miljø  
Veileder: Edgar Hertwich  
Juni 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for energi- og prosessteknikk



Kunnskap for en bedre verden



# Sammendrag

I Parisavtalen, vedtatt i 2015, ble det fastsatt et mål om å begrense økningen i den globale gjennomsnittstemperaturen til 2 °C, helst 1,5 °C, over førindustrielt nivå. På bakgrunn av dette har EU blant annet et mål om å være klimanøytrale innen 2050. Globalt står byggenæringen for 37% av CO<sub>2</sub>-utslippene. I Norge er det samme tallet 15%. Reduksjon av klimagassutslipp i denne bransjen vil derfor være et viktig bidrag for å nå målet fra Parisavtalen.

Ombruk av byggematerialer er et svært aktuelt tema, og noe det fokuseres mer og mer på. I denne oppgaven studeres seks ulike bæresystemer bestående av forskjellige kombinasjoner av tre, stål og betong. Det ses på klimapåvirkningen og ombruksmulighetene til de ulike bæresystemene. Det er også fokusert på ulike allokeringmetoder ved ombruk. Forskningsspørsmålene er knyttet til hvilke klimagassbesparelser som kan oppnås ved ombruk av ulike bæresystemer, hvilke materialer som egner seg best til ombruk og hva som må til for å tilrettelegge for ombruk av bæresystemer.

Resultatene viser store, men varierende, klimagassbesparelser ved ombruk. Uavhengig av om materialene ombrukes eller ikke er det bæresystemene bestående av tre som har de laveste klimagassutslippene. Det er stål som har det største reduksjonspotensiale, noe som skyldes store produksjonsutslipp. Klimagassutslippene er fordelt ved bruk av to ulike allokeringmetoder. Metodene som er brukt er “Cut-off” og “End of life”. “Cut-off”-metoden fordeler produksjonsutslipp til det første bygget og utslipp knyttet til slutfasen til det siste bygget. Ved “End of life”-metoden fordeles begge disse til det siste bygget.

Det er tydelig at ombruk av bæresystemer vil bli mer utbredt i fremtiden. Det jobbes for øyeblikket med nye løsninger for hvordan ombruk skal fungere bedre i praksis. Det fokuseres blant annet på design for demontering. Her planlegges det for ombruk i designfasen, slik at bygget lett kan demonteres. Dette vil kunne gi store klimagassbesparelser i fremtiden, men det er samtidig viktig å redusere utslippene nå. Det er flere faktorer som gjør ombruk utfordrende, spesielt trekkes økonomi frem. Ombruk krever at det tenkes på en annen måte, og per i dag er ikke markedet tilpasset dette, noe som fører til store kostnader. For å gjøre ombruk enklere kreves det en endring i bransjen.

# Abstract

In 2015, the Paris Agreement was adopted. It involves an aim to limit the increase of the global average temperature to 2 °C, preferably 1.5 °C, above pre-industrial levels. Based on this, the EU has a goal of being climate neutral by 2050. At a global level, the construction industry accounts for 37% of the CO<sub>2</sub>-emissions. The Norwegian construction sector accounts for 15% of the national emissions. Therefore, a reduction of greenhouse gas emissions from this sector will be an important contribution to achieve the aim of the Paris Agreement.

Reuse of building materials is a current topic, and the focus around this is increasing. This study looks at the reuse of six different structural systems consisting of different combinations of wood, steel, and concrete. Greenhouse gas emissions and possibilities of reusing the different structural systems are being studied. Different allocation methods associated with reuse has also been taken into account. The research questions are linked to greenhouse gas savings associated with the reuse of different structural systems, which materials that are best suited for re-use, and changes that are necessary to facilitate the reuse of structural systems.

The results show a large, but varied, reduction of greenhouse gases when reusing different materials. The alternatives consisting of elements of wood has the lowest climate impact, independent of reuse or not. The largest reduction potential is associated with steel, which is caused by the large production emissions. The greenhouse gas emissions are distributed using the two allocation methods; “Cut-off” and “End of life”. The “Cut-off” method allocates production emissions to the first building and emissions related to disposal to the last building. With the “End of life” method, both are distributed to the last building.

Reuse will probably become more widespread in the future. Actors are currently working to achieve innovative solutions to make reuse better in practice. There is a focus on design for disassembly. This involves planning for reuse in the design phase, which makes the disassembly of the building as easily as possible. This could result in large greenhouse gas savings in the future, but it is also important to take action to reduce emissions immediately. There are several factors that make reuse difficult, particularly economics. Reuse requires thinking in a different way. The market is not adapted to this today, which leads to large costs. A change is needed to make reuse easier.

# Forord

Denne oppgaven er skrevet våren 2023 som en avslutning på det 5-årige studiet Energi og miljø ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Oppgaven er levert til Fakultet for ingeniørvitenskap (IV) og Institutt for Energi- og prosessteknikk (EPT). Oppgaven går under hovedprofilen Energi- og miljøanalyse og har en størrelse på 30 studiepoeng. Oppgaven er skrevet i samarbeid med Asplan Viak, hvor veileder har vært Oddbjørn Dahlstrøm Andvik.

Jeg vil gjerne takke Edgar Hertwich ved NTNU og Oddbjørn Dahlstrøm Andvik i Asplan Viak for samarbeidet. En takk rettes også til alle som har bidratt med sin kunnskap og gitt meg gode svar på alle henvendelser. I tillegg ønsker jeg å takke Jan Sandstad Næss for god hjelp i innspurten.

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Trondheim, juni 2023

Inga Bordal

# Innhold

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrunn . . . . .	1
1.2	Formål . . . . .	2
1.2.1	Forskningsspørsmål . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Litteratur</b>	<b>3</b>
2.1	Miljøpåvirkningen av ulike materialer . . . . .	3
2.2	Muligheter for ombruk av ulike materialer . . . . .	4
2.2.1	Betong . . . . .	4
2.2.2	Tre . . . . .	6
2.2.3	Stål . . . . .	7
2.2.4	Oppsummering av ombruksmulighetene for de tre materialene . . . . .	7
2.3	Allokering av miljøpåvirkning ved ombruk . . . . .	8
2.4	Ombruk av bæresystemer . . . . .	9
2.5	Design for demontering . . . . .	11
2.6	Barrierer . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Metode</b>	<b>15</b>
3.1	Datagrunnlag . . . . .	15
3.2	Samtaler . . . . .	17
3.3	Klimagassberegninger . . . . .	17
3.3.1	Bæresystemene uten ombruk . . . . .	19
3.3.2	Bæresystemene med ombruk . . . . .	19
<b>4</b>	<b>Samtaler</b>	<b>21</b>
4.1	Stål . . . . .	21
4.2	Tre . . . . .	22
4.3	Betong . . . . .	24
<b>5</b>	<b>Resultater</b>	<b>25</b>
5.1	Bæresystemenes klimagassutslipp uten hensyn til ombruk . . . . .	25
5.2	Bæresystemenes klimagassutslipp med hensyn til ombruk . . . . .	27
5.2.1	Cut-off . . . . .	27
5.2.2	End of life . . . . .	29
5.2.3	Sammenligning av allokeringsmetodene . . . . .	31
<b>6</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>33</b>
6.1	Diskusjon av resultatene . . . . .	33
6.2	Usikkerheter . . . . .	35
6.3	Valg av allokeringsmetode . . . . .	36
6.4	Barrierer for ombruk . . . . .	37
6.5	Redusere klimagassutslipp nå . . . . .	39
6.6	Svar på forskningsspørsmålene . . . . .	40
6.7	Videre arbeid . . . . .	42
<b>7</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>43</b>
	<b>Referanser</b>	<b>44</b>
<b>A</b>	<b>Utslippsfaktorer</b>	<b>I</b>



## Figurer

3.1	Ulike alternativer for bæresystemer, utarbeidet av Asplan Viak. . . . .	15
5.1	Klimagassutslippene til bæresystemene uten hensyn til ombruk, delt mellom hvilke elementer utslippene er knyttet til. Utslippene er oppgitt i tonn CO <sub>2</sub> -ekv. . . . .	25
5.2	Klimagassutslippene til bæresystemene uten hensyn til ombruk, delt mellom hvilke faser av livsløpet utslippene er knyttet til. Utslippene er oppgitt i tonn CO <sub>2</sub> -ekv. . . . .	26
5.3	Klimagassutslippene ved bruk av Cut-off tilnærming for de seks alternativene. De er vist for det første, de midterste og det siste bygget i materialenes livsløp. Utslippene uten hensyn til ombruk er også vist. Utslippene er vist i tonn CO <sub>2</sub> -ekv og fordelt på de ulike elementene. . . . .	28
5.4	Klimagassutslippene ved bruk av Cut-off tilnærming for de seks alternativene. De er vist for det første, de midterste og det siste bygget i materialenes livsløp. Utslippene uten hensyn til ombruk er også vist. Utslippene er vist i tonn CO <sub>2</sub> -ekv og fordelt på de ulike fasene av livsløpet. . . . .	28
5.5	Klimagassutslippene ved bruk av End of life tilnærming for de seks alternativene. De er vist for det første, de midterste og det siste bygget i materialenes livsløp. Utslippene uten hensyn til ombruk er også vist. Utslippene er vist i tonn CO <sub>2</sub> -ekv og fordelt på de ulike elementene. . . . .	30
5.6	Klimagassutslippene ved bruk av End of life tilnærming for de seks alternativene. De er vist for det første, de midterste og det siste bygget i materialenes livsløp. Utslippene uten hensyn til ombruk er også vist. Utslippene er vist i tonn CO <sub>2</sub> -ekv og fordelt på de ulike fasene av livsløpet. . . . .	30
5.7	Klimagassutslippene i tonn CO <sub>2</sub> -ekv for første og siste bygg for hvert de seks alternativene vist ved både Cut-off og End of life allokering. Utslippene er fordelt på de ulike elementene. . . . .	31
5.8	Klimagassutslippene i tonn CO <sub>2</sub> -ekv for første og siste bygg for hvert de seks alternativene vist ved både Cut-off og End of life allokering. Utslippene er fordelt på de ulike fasene i livsløpet. . . . .	32

## Tabeller

3.1	Sammenstilling av materialer i bæresystemene, mottatt fra Asplan Viak. .	16
3.2	Tabellen viser de ulike fasene gjennom livsløpet til et bygg, informasjonen er hentet fra NS 3720:2018 (Standard Norge 2018). . . . .	17
3.3	Utslippsfaktorer knyttet til produksjon (A1-A3) for de ulike materialene. Det er vist faktorer fra ulike EPDer og et gjennomsnitt for hvert materiale.	18
3.4	Transportavstander for de ulike materialene fra fabrikk til byggeplass, oppgitt i km. . . . .	19
5.1	Klimagassutslipp i tonn CO <sub>2</sub> -ekv for produksjon alene og samlet for livsløpet.	25
5.2	Klimagassutslipp med ombruk ved bruk av Cut-off som allokering metode.	27
5.3	Klimagassutslipp med ombruk ved bruk av End of life som allokering metode.	29
A.1	Utslippsfaktorer for de ulike materialene, det er presentert ulike EPDer og funnet et gjennomsnitt av disse for hvert materiale. Det er gjennomsnittet som er brukt i beregningene. . . . .	I

# 1 Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn

I 2015 ble Parisavtalen vedtatt. Her ble det satt et mål om å begrense økningen i den globale gjennomsnittstemperaturen til maksimalt 2°C, helst 1,5°C, over førindustrielt nivå. Globalt står byggenæringen for 37% av CO<sub>2</sub>-utslippene, hvor omtrent 24% av dette skyldes produksjon av byggevarer (GlobalABC 2022). I Norge står byggenæringen for rundt 15% av de nasjonale klimagassutslippene, også her er 24% fra produksjon (Asplan Viak 2019). For å nå 1,5-gradersmålet må klimagassutslippene nå toppen før 2025, og utslippene må reduseres med 43% innen 2030 (UNFCCC u.å.). På bakgrunn av dette har Norge som mål å redusere sine klimagassutslipp med 50-55% innen 2030, sammenlignet med nivået i 1990 (Klima- og miljødepartementet 2021). I tillegg til dette har EU satt seg som mål å være klimanøytrale, altså netto null utslipp, innen 2050 (European Commission u.å.).

Overgang fra lineær til sirkulær økonomi kan være svært viktig for å nå målene fra Parisavtalen (Serrano mfl. 2021). En sirkulær økonomi baserer seg på deling, leie, ombruk, reparasjon, oppussing og gjenvinning (European Parliament 2023). Formålet er at færrest mulig ressurser skal gå tapt. En studie viser at dersom byggenæringen i Norden reduserer sin bruk av nye ressurser med 20% vil de årlige utslippene reduseres med omtrent 10 millioner tonn (Høiby og Sand 2018).

I 2021 la den norske regjeringen frem en nasjonal strategi for en grønn, sirkulær økonomi (Regjeringen 2021). Her trekkes blant annet viktigheten av tiltak i byggenæringen frem. Det legges vekt på fokus på vedlikehold og økt ombruk av eksisterende bygg og arealer er viktig for å redusere ressursbruken, utslippene og avfallet fra næringen. I tillegg må fokuset på materialeffektivitet og ombruk av materialer øke. For å sørge for en høyere ombruksgrad legges det vekt på viktigheten av at byggevarer designes med tanke på ombruk og at det tas hensyn til demontering når byggene bygges. Dette kalles “Design for demontering”, og er en viktig strategi for å spare råvarer (Webster 2007), samt en lovende strategi med tanke på å nå klimamålene (Lausselet mfl. 2023). I regjeringens strategi påpekes det også hvilke muligheter som finnes i kartlegging av ressurser i eksisterende bygg og oppskalering av marked for brukte byggevarer, samt digitale løsninger for modeller og informasjonsflyt. Samtidig legges det ikke skjul på at det også er utfordringer knyttet til ombruk, her nevnes blant annet EUs krav til dokumentasjon av byggevarer, logistikk, og svake insentiver for å drive videresalg av overskuddsmaterialer med tanke på prisnivåer.

## 1.2 Formål

Det er tydelig at det kreves en omstilling i bygge- og anleggsbransjen for å nå målene fra Parisavtalen og redusere klimagassutslippene. Ombruk av byggematerialer vil være en viktig del av dette, og kan ha mye å si for bransjens klimapåvirkning. I oppgaven er det valgt å ha fokus på byggenes bæresystemer, som i følge flere studier utgjør en stor del av den totale klimapåvirkningen til et bygg (Hoxha og Fivet 2018; Brütting, De Wolf og Fivet 2019). Oppgavens formål er derfor å vurdere mulighetene for, og klimaeffekten av, ombruk av bæresystemer. Dette for å undersøke hvilke valg som bør tas med tanke på bæresystemer i fremtidens bygg for å redusere klimapåvirkningen. Det er et mål om å finne ut hvilke muligheter som finnes når det kommer til ombruk av bæresystemer, samt hva som lønner seg i både et kortsiktig og et langsiktig perspektiv. For å øke kunnskapen rundt dette er det ønskelig å finne ut hvilke materialer som er mest hensiktsmessig å bygge med, samt hvilke metoder og strategier som er fordelaktige.

### 1.2.1 Forskningsspørsmål

Med bakgrunn i oppgavens formål er det utformet tre forskningsspørsmål. Disse er knyttet til klimapåvirkningen av ulike alternativer for bæresystemer med tanke på ombruk. I tillegg er det fokus på allokering av klimapåvirkning i slike tilfeller. Oppgavens forskningsspørsmål er:

1. Hvilke klimagassbesparelser er knyttet til ombruk av bæresystemer bestående av ulike materialer?
2. Hvilke materialer, brukt i bæresystemer, egner seg best for ombruk?
3. Hva må til for å gjøre ombruk av bæresystemer enklere og mer utbredt?

## 2 Litteratur

For å få et innblikk i hvordan praksisen rundt ombruk av bæresystemer er i dag og hvilke muligheter som finnes er det i dette kapittelet presentert noen funn fra ulike studier.

### 2.1 Miljøpåvirkningen av ulike materialer

I en studie sammenlignes en trekonstruksjon og en konstruksjon bestående av stålmert betong (Gerilla, Teknomo og Hokao 2007). Konstruksjonene vurderes her både med tanke på energibruk og utslipp. Beregningene gjort i studien viste at konstruksjonen med stålmert betong har høyere miljøpåvirkning enn trekonstruksjonen. Det er også kommet frem til at det meste av miljøpåvirkning til byggkonstruksjoner er i form av globalt oppvarmingspotensial (GWP) forårsaket av høye karbonutslipp. CO<sub>2</sub>-utslippene er lavere for trekonstruksjonen enn stål/betong konstruksjonen i alle livssyklusstadiene.

To ulike kontorbygg, der det ene har et bæresystem av stål og det andre av betong, sammenlignes i en annen studie ved bruk av livsløpsvurdering (LCA) (Guggemos og Horvath 2005). Her vurderes energibruken og miljøeffektene knyttet til byggefasen av disse to byggene i lys av byggenes levetid. Konklusjonen fra beregningene er at betongkonstruksjonen har større energibruk og størst utslipp av blant annet CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> og SO<sub>2</sub>. Det trekkes blant annet frem at noe av grunnen til dette er at det kreves en større masse betong enn stål og at blant annet utslippene fra transport da blir større. Resultatene viser at stålkonstruksjonen har høyere utslipp av flyktige organiske forbindelser, som VOC, og tungmetaller. Dette begrunnes blant annet med bruk av maling og sveising. Totalt sett viser resultatene at stålkonstruksjonen har lavere utslipp av de fleste stoffene knyttet til konstruksjonsfasen, men om hele livssyklusen tas i betraktning er resultatene tilnærmet like for de to konstruksjonene.

En studie som ble gjennomført for å undersøke hvor bærekraftig betong er viser at en betongbjelke krever mindre energi og har lavere miljøpåvirkning enn en stålbjelke (Struble og Godfrey 2004). Det ble produsert en enkel bjelke i armert betong og en I-bjelke i stål med samme lengde og lik momentkapasitet. Begrunnelsen for konklusjonen er hovedsakelig den høye energibruken som kreves for å produsere stålbjelken. Samtidig viste resultatene at det måtte brukes over dobbelt så mange kilo materiale i produksjon av betongbjelken sammenlignet med stålbjelken, noe som også har blitt påpekt i annen litteratur. I påvirkningskategoriene som er sett på i denne studien har stålbjelken lavere verdier i

kategoriene “Ressursbruk”, “GWP” og “Avfall”. Betongbjelken har de laveste verdiene i kategoriene “Vannforurensning”, “Luftforurensing” og “Energi”. Det legges vekt på at det er vanskelig å sammenligne miljøpåvirkning. Studiens tittel var “Hvor bærekraftig er betong?”, noe det konkluderes med at er vanskelig å svare på, da dette må veies mot økonomiske kostnader og sosiale faktorer.

I et kapittel i boken “Eco-efficient Construction and Building Materials” blir to konstruksjoner i henholdsvis tre og betong sammenlignet ved bruk av LCA (Guardigli 2014). Studiens resultater viser at trekonstruksjonen overordnet har lavere miljøpåvirkning enn betongkonstruksjonen. I studien trekkes flere poeng frem, blant annet at et bygg i betong vill ha en lengre levetid enn et bygg i tre, og at betongavfall kan resirkuleres og ombrukes i lang tid. Det legges vekt på holdbarheten til betong og at betongkonstruksjoner har større sjanse for å stå imot naturkatastrofer som for eksempel orkaner. Tre derimot er utsatt for blant annet råte, mugg og insekter, i tillegg til at det er utsatt for brann. Trebygninger krever dermed kontinuerlige utskiftninger gjennom levetiden. Det trekkes også frem at betong ofte er produsert mer lokalt enn produkter av tre og stål. En annen faktor som bemerkes i sammenligningen er at betongkonstruksjoner krever færre andre produkter, samtidig som det som regel lages etter behov, og dermed medfører mindre avfall.

Det enighet blant studiene om at tre har lavere miljøpåvirkning enn stål og betong. Hva som er best av stål og betong i et miljøperspektiv er det derimot mer usikkerheter rundt. Det trekkes frem at det kreves større mengder betong enn stål, noe som vil føre til høyere utslipp knyttet til transport. Samtidig nevnes det at betong ofte produseres mer lokalt og at transportavstanden da vil være kortere. Andre ting som bemerkes er at stål er svært energikrevende å produsere, og at stål og betong omtales som mer holdbare enn tre.

## **2.2 Muligheter for ombruk av ulike materialer**

I denne delen presenteres ulik litteratur knyttet til muligheter for ombruk av materialene som det fokuseres på i oppgaven; betong, tre og stål.

### **2.2.1 Betong**

Sørensen mfl. trekker frem i en rapport at ombruk av betong hovedsakelig er aktuelt for prefabrikkerte betongelementer, da ombruk krever at det er mulig å demontere materialene (2014). I rapporten refereres det til et forskningsprosjekt gjennomført av Statsbygg allerede i 2002 i forbindelse med riving i prosjektet Pilestredet Park. Dette viste at de-

montering av prefabrikkerte betongelementer er mulig. Det trekkes også frem at det er enklere å ombruke elementer med lav volumvekt og ikke for stort volum, grunnet at disse elementene er mer håndterbare. I tillegg omtales mulighetene for å ombruke hele bygninger i betong. Her trekkes prosjektet med Studentsiloen i Oslo frem, hvor en kornsilo er rehabilitert og omgjort til studentboliger. Siloen var bygget i plasstøpt betong, og hele konstruksjonen ble ombrukt i rehabiliteringsprosjektet. I rapporten trekkes det også frem noen utfordringer ved ombruk av betong. Disse er blant annet knyttet til demontering, samt krav til kvalitet og egenskaper. Tidsbruk og kostnader nevnes også. Ombruk vil som oftest medføre økt tidsbruk, og dermed være kostbart. Grunnet kostnadene har det vært mer utbredt at betong rives effektivt, før det evt. brukes igjen som masse i forbindelse med veibygging eller liknende. Det nevnes at mer bevisst prosjektering vil være en løsning for å redusere tidsbruk og kostnader. I tillegg legges det vekt på at betong er assosiert med høye CO<sub>2</sub>-utslipp, og at ombruk av betong vil ha en høy klimagevinst.

De store utslippene knyttet til betongproduksjon og ønsket om å ombruke betong er også noe som det legges vekt på i en veileder publisert av Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF) (Leland 2008). Her trekkes det også frem at betong som knuses for å brukes igjen til en viss grad vil rekarbonisere, altså ta opp CO<sub>2</sub> som har blitt sluppet ut under produksjon. Dersom betongen knuses ned til 1-8 mm størrelse vil 60-80% av produksjonsutslippene bli tatt opp igjen. Om betongen knuses er den egnet for bruk som tilslag i ny betong i konstruksjoner med moderat spennvidde.

En studie av den globale sementsyklusen i 2014 viste at kun 1% av rivingsavfallet ble resirkulert, resten ble deponert eller brukt som utfylling/tilslag i veier (Cao mfl. 2020). Dette viser et stort forbedringspotensial. I et prosjekt ledet av Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi ved UiT i Narvik i samarbeid med flere andre aktører, kalt CIRCULUS, jobbes det mot økt gjenvinning og lavere miljøfotavtrykk for bærekonstruksjoner (Eidum 2019). Arbeidet handler hovedsakelig om gjenvinning og gjenbruk av betong, hvor bakgrunnen er et krav fra EU om at minst 70% av ikke-farlig konstruksjons- og rivningsavfall skal resirkuleres. Prosjektets mål er å oppnå en gjenvinningsgrad for betong på 75%, en verdi som var på 21% i Norge da prosjektet startet i 2019. Generelt sett jobbes det i prosjektet med å løfte betong høyere opp i avfallspyramiden.

For å tilrettelegge for økt ombruk ble det i 2022 utgitt en standard med tittelen "Hulldekker av betong til ombruk" (NS 3682) (Standard Norge 2022). Her beskrives krav og retningslinjer for ombruk av hulldekker. Det stilles krav til kartlegging der det blant annet

skal innhentes tilgjengelig dokumentasjon og kartlegges helse- og miljøskadelige stoffer i betongen. Det trekkes også frem at det før igangsettelse skal foreligge en plan over hvilke hulldekker som er tiltenkt ombruk. I tillegg skal det bli foretatt en tilstandsvurdering med tanke på brukbarhet, bæreevne og bestandighet.

### 2.2.2 Tre

Trevirke utgjør ca 30-40% av samlet avfall ved riving og nybygging (Sørnes mfl. 2014). Ombruk av tre forutsetter at rivingen skjer i kontrollerte former slik at trevirket ikke pådrar seg skader eller brudd. I tillegg må alle spikere, stifter og skruer fjernes, noe som kan være svært tidkrevende. For å unngå problemer knyttet til dette trekkes det frem av Sørensen mfl. at det er mulig å ombruke hele moduler. Disse er ofte lettere å ombruke og fleksible med tanke på sammensetning. Det nevnes også at det kan argumenteres med at verdien av energigjenvinning av tre konkurrerer med ombruksverdien, da biodrivstoff kan erstatte fossilt brensel. Samtidig er det ønskelig å bevare trevirket i byggemassen så lenge som mulig for å holde på bundet karbon i materialet.

En aktør som jobber med å tilrettelegge for ombruk og etablere en sirkulær verdikjede for tre er SirkTRE (Holm 2021). SirkTRE har startet et prosjekt der målet er å bidra til at omtrent alt brukt tre resirkuleres og brukes i nye produkter og byggeprosjekter innen 2030. Oppnåelse av målet vil gi et utslippskutt på en halv million tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter innen 2024 og to millioner tonn årlig innen 2030. I 2030 vil dette tilsvare en reduksjon på omkring fire prosent av nasjonale utslipp relatert til 1990-nivå. Prosjektet har også fokus på utfordringer assosiert med denne utviklingen. Spesielt legges det vekt på overgangen fra treverket er revet til det benyttes i et nytt prosjekt, og at det mangler en link mellom aktørene som er involvert i forskjellige deler av syklusen. I prosjektet er det også fokus på å få sirkulære treprodukter inn i forbildeprosjekter og sette fokus på erfaringsoverføring og kommunikasjon, noe FutureBuilt er involvert i og vil ha ansvaret for.

I en artikkel publisert av “Norsk institutt for bioøkonomi” (NIBIO) beskrives forskningsprosjektet “Ommat og Ommat” (Dalen 2019). Prosjektet er drevet av NIBIO som har som mål å finne nye metoder for å redusere mengden av treavfall. Mengden trevirke som kastes øker stadig, og mye av avfallet går til forbrenning og energiproduksjon, selvom mye hadde vært mulig å ombruke flere ganger. Det påpekes også i artikkelen at årsaken til økte mengder treavfall er at bruken av tre øker. Det legges vekt på at det er behov for endringer knyttet til etterspørsel og forbruk, og at det da stilles noen krav til forbrukerne. I tillegg



nevnes det at for å kunne ombruke treavfallet er det viktig med informasjon om mengden og kvaliteten på de ulike typene treavfall. Det er ønskelig å bruke trevirket flere ganger i ulike produkter, noe som kalles kaskadebruk, før det brennes til energigjenvinning.

### **2.2.3 Stål**

I en rapport fra Sintef beskrives metall som et robust materiale, noe som ofte gjør det mulig å ombruke (Sørnes mfl. 2014). Spesielt stål trekkes fram som et metall som er egnet for ombruk. Det legges også vekt på at metaller er veldig energikrevende å produsere, og at ombruk vil ha en stor miljøgevinst. Det at klimagevinsten ved ombruk av stål er stor bekreftes også av Norsk Stål (Norsk Stål u.å.).

For å redusere avfall og miljøpåvirkning knyttet til resirkulering vil det være fordelaktig å ombruke stålkonstruksjoner uten å smelte de om (Pongiglione og Calderini 2014). Dette påpekes i en studie som diskuterer gjennomførbarhet og miljøbesparelser knyttet til ombruk av stål. Studien tar for seg en jernbanestasjon i Italia der elementer fra en gammel industribygning ble tatt i bruk. Gjennom studien av jernbanestasjonen ble det vist at utformingen av en ny struktur laget av ombrukte elementer vil kreve noen nye elementer, som i noen tilfeller måtte overdimensjoneres for å garantere for sikkerheten. Konstruksjonen med ombruksstål ble sammenlignet med et tilsvarende alternativ med nye elementer, noe som viste en 30%-reduksjon av nytt stål, energibruk og CO<sub>2</sub>-utslipp.

### **2.2.4 Oppsummering av ombruksmulighetene for de tre materialene**

Samlet viser litteraturen som er gjennomgått at ombruk av både betong, tre og stål er fullt mulig og noe det jobbes med å legge til rette for. For alle materialene er det flere utfordringer knyttet til å gjøre ombruk mer tilgjengelig, det trekkes spesielt frem tid og kostnader. For betong trekkes det frem at dette er et massivt og stabilt materiale og at det er gode muligheter knyttet til ombruk av betongelementer og hele bæresystemer i betong, det nevnes også at det fra før av er vanlig å ombruke betong, men at dette har blitt gjort ved å rive byggene og bruke de mindre betongdelene til andre formål. Med tanke på tre trekkes det frem at elementene lett kan bli skadet av for eksempel skruer, og at det kreves en nøyaktig og kontrollert demonteringsfase for å ikke skade elementene. Stål er et materiale som egner seg veldig godt for ombruk da det er svert solid og holdbart, og grunnet den energikrevende produksjonen gir ombruk en stor klimagevinst.

## 2.3 Allokering av miljøpåvirkning ved ombruk

Allokering av miljøpåvirkningen ved ombruk er et viktig tema. Det er ulike metoder og teorier knyttet til hvordan miljøpåvirkningen skal fordeles mest rettferdig når materialene brukes flere ganger. I artikkelen “Comparison of environmental assessment methods when reusing building components: A case study” diskuteres ulike allokeringemetoder og hva som skiller disse fra hverandre (De Wolf, Hoxha og Fivet 2020). En av de mest brukte allokeringemetodene er avgrensing, på engelsk kalt “Cut-off”. Denne metoden baserer seg på å fordele utslippene til stadiene der de oppstår. Miljøpåvirkningene som er knyttet til produksjon av materialene (A1-A3) tildeles den første syklusen, påvirkningene som er knyttet til slutfasen (C1-C4) tildeles den siste syklusen. Syklusene imellom vil da kun være ansvarlige for påvirkningen som er direkte knyttet til dem.

En annen mulighet er å fordele både påvirkning knyttet til produksjon og avhending til den siste syklusen. Denne metoden kalles “End of life”. Formålet her er å oppfordre til design for demontering, slik at det blir lettere å ombruke materialene i ettertid.

Det er også mulig å fordele påvirkningen av produksjon og avhending likt på alle syklusene. Denne metoden kalles “fordelingsmetoden”, på engelsk “Distributed allocation method”. Fordelingen gi incentiver for å både ombruke materialer og designe for at de kan ombrukes i fremtiden. Metoden krever kunnskap om eksakt antall brukssykluser, noe som er vanskelig å forutsi. Den er derfor tilknyttet en del usikkerhet.

Det finnes også andre allokeringemetoder. I “EC EF” metoden fordeles påvirkningene knyttet til produksjon og avhending likt mellom den første og siste syklusen, i tillegg til at påvirkningen knyttet til ombruk (Modul D) fordeles likt mellom syklusen før og etter. I “The degressive method” fordeles påvirkningen knyttet til produksjon og avhending likt mellom alle syklusene, som i “fordelingsmetoden”, men påvirkningen knyttet til ombruk fordeles som i “EC EF” metoden. “SIA 2032” er en mer komplisert metode hvor utslippene fordeles med en funksjon som tar utgangspunkt i forventet levetid for hver komponent.

I artikkelen vurderes disse ulike allokeringemetodene. A4-A5 og B1-B5 vil alltid ha de samme verdiene for hver syklus uavhengig av allokeringemetode. A1-A3, C1-C4 og D for hver syklus vil derimot variere mye mellom de ulike metodene. Resultatene fra analysen i artikkelen viser at “SIA 2032” metoden gir lavest utslipp knyttet til den siste livssyklusen og “End of life”-metoden er mest fordelaktig for den første syklusen.

Allacker mfl. diskuterer også ulike metoder å allokere utslipp på (2014). De har undersøkt flere ulike likninger for dette. Flere av metodene nevnt ovenfor blir studert, og likningene deles i hovedsak inn i tre kategorier. Disse skiller seg fra hverandre ved at majoriteten av utslippene tildeles det første bygget, det siste bygget, eller fordeles likt på alle. Artikkelen konkluderer med at det er utfordringer knyttet til fordeling av utslipp ved ombruk. Dette utdypes med at selv om det finnes noen generelle regler definert for LCA (i ISO 14044:2006), finnes det flere ulike tilnærminger. Når de finnes så mange ulike tilnærminger og metoder er det ikke konsekvent hva som blir benyttet, og resultatene blir ulike. Gjennom artikkelen fokuseres det på utslippene i forbindelse med produksjon og avhending, og behovet for likninger som fordeler dette mellom syklusene.

## 2.4 Ombruk av bæresystemer

Bæresystemer er en stor bidragsyter når det kommer til miljøpåvirkning fra bygninger og infrastruktur, noe som betyr at ombruk av disse komponentene vil kunne gi en god miljøeffekt. I en artikkel med tittel “The reuse of load-bearing components” diskuteres ombruk av bæresystemer (Brütting, De Wolf og Fivet 2019). Her legges vekt på at det er et stort potensial for besparelser knyttet til ombruk av materialer, energi og resurser. I tillegg trekkes det frem at det er en del teknologiske utfordringer rundt ombruksprosessen. I artikkelen studeres noen case-prosjekter. Blant annet sees det på en takkonstruksjon laget av ombrukte elementer. Resultatene viser en betydelig reduksjon av energibruk og karbonutslipp sammenlignet med et alternativ med resirkulert stål. Det legges også vekt på at flere bygninger bør designes for demontering i fremtiden, slik at tilgjengeligheten av ombrukbare materialer øker.

I en studie som tar for seg et case-prosjekt i Sveits er det undersøkt hvilke fordeler som er assosiert med ombruk av bæresystemer ved bruk av LCA (Hoxha og Fivet 2018). Beregningene som er gjort i forbindelse med dette prosjektet viser at produksjon av bæresystemene står for 38% av total GWP. Dekkene står for 65% av miljøpåvirkningen knyttet til bæresystemene, og bør derfor prioriteres med tanke på ombruk. Artikkelen konkluderer med at ombruk av uskadde bærekomponenter vil redusere GWPen med rundt 40% over tre sykluser. I denne studien legges det også vekt på ulike måter å separere utslippene knyttet til produksjon, bruk og slutfase, og at hvilken metode som benyttes har mye å si for insentivene for å velge å benytte ombrukte materialer eller designe for fremtidig ombruk. Allokeringsmetodene som blir diskutert er “Cut-off”, “End of Life” og “PAS-2050”.

Ved bruk av “Cut-off”-metoden vil ikke produsenten bli belønnet for å tilrettelegge for at komponentene kan bli ombrukt i fremtiden. Samtidig er det veldig gunstig for aktører som velger å benytte ombrukte materialer. “End of life”-metoden gjør det veldig gunstig å designe for ombruk og legge til rette for at komponentene og materialene. Samtidig vil det ikke være like attraktivt for andre aktører å ta i bruk materialene, da de vil stå ansvarlig for alle utslipp knyttet til produksjon og avhending dersom de er siste aktør i rekken. I den siste metoden fordeles utslippene likt mellom alle syklusene. Her blir alle aktørene belønnet på samme måte, men metoden er forbundet med en del usikkerhet, grunnet antall brukssykluser er ukjent frem til siste syklus. I artikkelen konkluderes det med at “Cut-off”-metoden anses for å være den mest pålitelige, da fordelingen av utslippene ikke avhenger av hva som vil skje med materialet i fremtiden.

I en artikkel skrevet av Bertin mfl. (2022) trekkes det frem at interessen for ombruk av bæresystemer i betong hovedsakelig kommer av at det brukes mye, samt har store miljøpåvirkninger. Artikkelen tar for seg miljømessige effekter av ombrukbare bærekonstruksjoner av betong og sammenligner dette med et tradisjonelt design med nye materialer. Det trekkes frem at størrelsen på de miljømessige fordelene avhenger av hvordan materialenes kvalitet påvirkes og hvor store mengder av materialene som går tapt underveis. Artikkelens mål er å evaluere den miljømessige effekten ved ombruk av bæresystemer av betong. Evalueringen gjøres ved bruk av LCA. Fire ombrukbare betonggrammer med ulike koblingsprinsipper er brukt som testelementer. Gjennom studien er betongens bæreevne og styrke testet. Allokering av miljøpåvirkningene diskuteres også i forbindelse med denne studien. Det trekkes frem at det tidligere har blitt brukt en “Cut-off” tilnærming. Resultatene i denne studien viser at de fleste påvirkningene kommer fra den første brukssyklusen. Samtidig legges det vekt på at dersom det er ulike eiere i den første og den neste syklusen så vil den første måtte påta seg belastningen som design for ombruk fører med seg, som kan være høyere enn for tradisjonelle konstruksjoner. Sett i lys av dette vil det være mer rettferdig å fordele utslippene likt mellom syklusene. Det nevnes også at eieren som velger å ombruke materialer tar en større risiko knyttet til materialenes egenskaper og kvalitet og vil ha ekstra kostnader knyttet til kontrollering av materialene og bør belønnes for dette med en miljøbonus.

Et prosjekt der deler av bærekonstruksjonen er bygget ved bruk av ombrukselementer er Oslo storbylegevakt. Her er hulldekker fra regjeringskvartalet tatt i bruk. Prosjektet har en omfattende miljøstrategi som blant annet inkluderer 100% materialgjenvinning og 20%

reduksjon av klimagassutslipp (Skanska 2022). Tidlig i prosjektet ble det gjennomført ombrukskartlegging av byggene som allerede sto på tomten og skulle rives. Gjennom kartleggingen ble det fastslått at det var ekstremt lite ombrukspotensiale. Det ble isteden forsøkt å finne materialer som egnet seg for ombruk fra andre eiendommer. Det ble inngått avtale om å ombruke 27 hulldekker fra regjeringskvartalet som ble tiltenkt etasjeskiller, tak og vegger, i tillegg til noe granittstein. Tall fra Skanska viser at de ombrukte hulldekkene har ca. 90% lavere klimagassutslipp enn det nye hulldekker til dette prosjektet ville hatt.

For å tilrettelegge for ombruk av bæresystemer kan det gjøres grep i designfasen. Dette er noe som diskuteres i en artikkel med tittelen “Design of Load-Bearing Systems for Open-Ended Downstream Reuse” (Fivet 2019). Det legges vekt på at grunnen for riving og demontering i dag hovedsakelig er endring av byggets/områdets funksjon, og ikke materialenes kvalitet, noe som tilsier at materialene er i en slik stand at de kan ombrukes senere. Det presenterer ulike designgrep som er viktige for å sikre muligheter for ombruk. Dette handler om at sammensetningen må være holdbar, allsidig, modulær, reversibel og tilpasningsdyktig. Gjennom case-studier er det kommet frem til at disse funksjonene ikke garanterer for mulig ombruk. Det diskuteres også muligheter og utfordringer knyttet til design av bæresystemer som gir flere bruksmuligheter i fremtiden og et betydelig antall forskjellige sammensetninger. I artikkelen konkluderes det med at den beste gjeldene praksisen for å designe gjenbrukbare bæresystemer ikke er tilfredsstillende. Det uttrykkes at det bør designes for ombruk innen et større bruksområde, noe som vil gi flere muligheter.

## 2.5 Design for demontering

Design for demontering (DfD) er aktuelt med tanke på å tilrettelegge for fremtidig ombruk. Dette diskuteres i artikkelen “Design for Reuse practices in the building sector” (Bertin mfl. 2022). Bakgrunnen for artikkelen er at betong er et materiale som brukes mye i bærende elementer og som er assosiert med en høy miljøpåvirkning. Grunnet dette er ønsket om å ombruke bæreelementer i betong stort. Utfordringene knyttet til ombruk av disse trekkes også frem. Det legges vekt på at de er vanskelig å demontere, spesielt med tanke på koblingene og overgangene mellom ulike elementer. I artikkelen undersøkes miljøpåvirkningene knyttet til ombruk av portalrammer av betong sammenlignet med nye materialer, basert på DfD. Gjennom beregningen er det kommet frem til en betydelig reduksjon i alle miljøkategoriene etter den første syklusen, ved bruk av “Cut-off” som allokeringmetode. Betong er et svært holdbart materiale, noe som er viktig for at om-

bruk i flere sykluser skal være mulig. Det er avgjørende at materialet har kvaliteter som gir det lang levetid og gjør det mulig å bruke flere ganger uten at egenskapene svekkes. Samtidig er det viktig at det tas hensyn til funksjonell nedgradering og materielle tap når miljøeffekten vurderes. Også her legges det vekt på de ulike mulighetene for allokering av miljøbelastningene mellom de ulike syklusene. Artikkelen tar for seg viktigheten av å designe for ombruk, da betong kan være vanskelig å demontere om det ikke er tilrettelagt for dette i startfasen. Det påpekes også her at design for ombruk vil gi en høyere miljøbelastning knyttet til produksjon enn tradisjonelt design, og en fordeling der den første syklusen ender med alle produksjonsutslippene vil derfor ikke fremstå rettferdig. I tillegg vil design for ombruk gi økte kostnader. Det nevnes også at aktøren som velger å ta i bruk ombrukte materialer tar en risiko, og derfor bør belønnes for dette i form av en lavere miljøpåvirkning.

Design for demontering og ombruk diskuteres i flere studier. En studie som tar utgangspunkt i betongbygninger viser at det er et potensiale knyttet til miljøbesparelser for prefabrikkerte betongelementer (Salama 2017). Bakgrunnen for studien er at mange betongbygg rives selv om betongelementene som oftest har mange år igjen av sin levetid. Ved at byggene rives istedenfor å demonteres blir betongelementene ødelagt, og ikke mulig å ombruke direkte lenger. Grunnet miljøeffektene som oppnås ved ombruk av materialer bør det tilrettelegges bedre for for demontering. Studien har gjennomgått ulike aspekter ved DfD og teorier rundt hvordan betongkonstruksjoner kan forbedres med tanke på dette. Gjennom studien er det kommet frem til at DfD stiller ulike krav med tanke på å gjøre prosessen økonomisk, miljømessig og sosialt gunstig. Byggene som studeres i denne studien er langt unna å tilfredsstille krav knyttet til DfD for plastøpte konstruksjoner. Konklusjonen fra studien er at det mangler en kobling mellom utviklingen av betongteknologier og betongens slutfase, men at DfD vil gjøre det mulig å skape en sirkulær livssyklusmodell for prefabrikkerte betongsystemer og betongelementer. Det legges vekt på potensialet til prefabrikkerte elementer og systemer, og at disse kan utvikles til å i fremtiden ha større transformasjonskapasitet, noe som gjør ombruk lettere og svært fordelaktig.

Klimaeffekten av tilrettelegging for demontering og ombruk av materialer eller bygningsdeler er uklar, konkluderes det med i en annen studie (Lausselet mfl. 2023). Her diskuteres også ulike former for allokering av klimagassutslipp ved DfD. Grunnet at det ikke er klare retningslinjer for hvordan klimagassberegninger vurderes i slike tilfeller er det vanskelig å konkludere med hvordan utslippene skal fordeles. Det trekkes også frem at det i dag

ikke finnes insentiver for å designe med tanke på demontering og ombruk ved nybygg. Kunnskap rundt DfD i dag er begrenset, noe som kan stå i veien for fremtidige klima- og ressursbesparelser. For å gjøre DfD mer utbredt bør det jobbes for en bedre og felles forståelse av hvordan dette fungerer i praksis. Økt kunnskap vil også kunne bidra til å se dette i et større perspektiv, også sammen med andre utslippsreducerende tiltak.

## 2.6 Barrierer

Som nevnt i flere av artiklene som er omtalt tidligere er det en del utfordringer og barrierer knyttet til ombruk av bæresystemer. Noen av disse har vært tid, kostnader og kunnskap. Her presenteres flere artikler som går dypere inn på dette temaet.

I en artikkel med tittelen “Barriers, success factors, and perspectives for the reuse of construction products in Norway” blir det trukket frem flere barrierer ved ombruk (Knoth, Fufa og Seilskjær 2022). Her trekkes blant annet logistikk, lagring og kunnskap frem som de største utfordringene. Det nevnes også at det er en del utfordringer knyttet at det ikke er samsvar mellom når materialene er tilgjengelige for ombruk og når det er behov for dem i andre prosjekter. Det legges vekt på at kommunikasjon og samarbeid mellom aktører langs hele verdikjeden, endring av lovverk, samt økonomiske insentiver som oppfordrer til ombruk vil kunne bidra til å gjøre ombruk i Norge enklere å gjennomføre.

I rapporten “Klimavennlige byggematerialer” utgitt av Enova (Fuglseth mfl. 2020) presenteres flere barrierer. Her deles det inn i ulike typer barrierer, blant annet regulatoriske, økonomiske og kunnskapsmessige. Det skilles også mellom de ulike delene av verdikjeden. Barrierene som trekkes frem som de viktigste er mangel på økonomiske drivkrefter, manglende informasjon om tilgjengelige ombrukskomponenter, samt at regelverket ikke er tilpasset omsetning og bruk av brukte bygningskomponenter.

En artikkel som omhandler ombruk av konstruksjonselementer av stål i Belgia trekker frem at det er flere utfordringer knyttet til dette (Anastasiades mfl. 2021). Blant barrierene som omtales som de viktigste er tid, kostnader og etterspørsel, som alle er kjente utfordringer knyttet til ombruk av byggematerialer. Etterspørsel ble pekt på som den mest avgjørende barrieren. En annen artikkel diskuterer dette med særlig vekt på byggesektoren i Storbritannia (Tingley, Cooper og Cullen 2017). De fem viktigste barrierene som ble funnet i denne studien var kostnad, tilgjengelighet/lagring, ingen kundeetterspørsel, sporbarhet og gap i forsyningskjede/manglende integrasjon.

Økonomi trekkes frem som en viktig barriere av mange. Dette blir også omtalt som en av de viktigste barrierene i en rapport utgitt av Sintef (2021). Grunnen til dette er hovedsakelig at demontering er dyrere og mer tidkrevende enn riving. I tillegg er det utgifter knyttet til frakt, lagring, kvalitetstesting og sertifisering. I rapporten er flere informanter fra bransjen intervjuet. Informantene var enig om at det er billigere å rive og kjøpe nytt enn å demontere og ombruke. Dette kommer av billige materialer og dyr arbeidskraft, samt at det er nok ressurser tilgjengelig. Noe annet som trekkes frem som et hinder er at tidspunktene for når materialene blir tilgjengelige ofte ikke samsvarer med når de trengs i et annet prosjekt, noe som også ble trukket frem av Knoth, Fufa og Seilskjær, som omtal tidligere. Dette kan føre til høye lagringskostnader. En annen barriere som trekkes frem er at markedet er umodent. Med dette menes det at det er mye usikkerhet og mangel på kunnskap. I tillegg er det mangel på løsninger for utveksling av brukte materialer, som gjør det vanskelig å finne materialer som er tilgjengelig. Dette omtales også i en artikkel med tittelen “Barriers and opportunities to reuse of building materials in the Norwegian construction sector” (Nordby 2019). Her pekes det blant annet på at det er viktig at det etableres eksterne aktører for ombruk. Grunnen til dette er at ombruk ikke bare bør være knyttet til enkelte aktører og prosjekter, men heller tilgjengelig for flere. Det trekkes også frem at det bør fokuseres på å utforme et regelverk som fremmer ombruk.

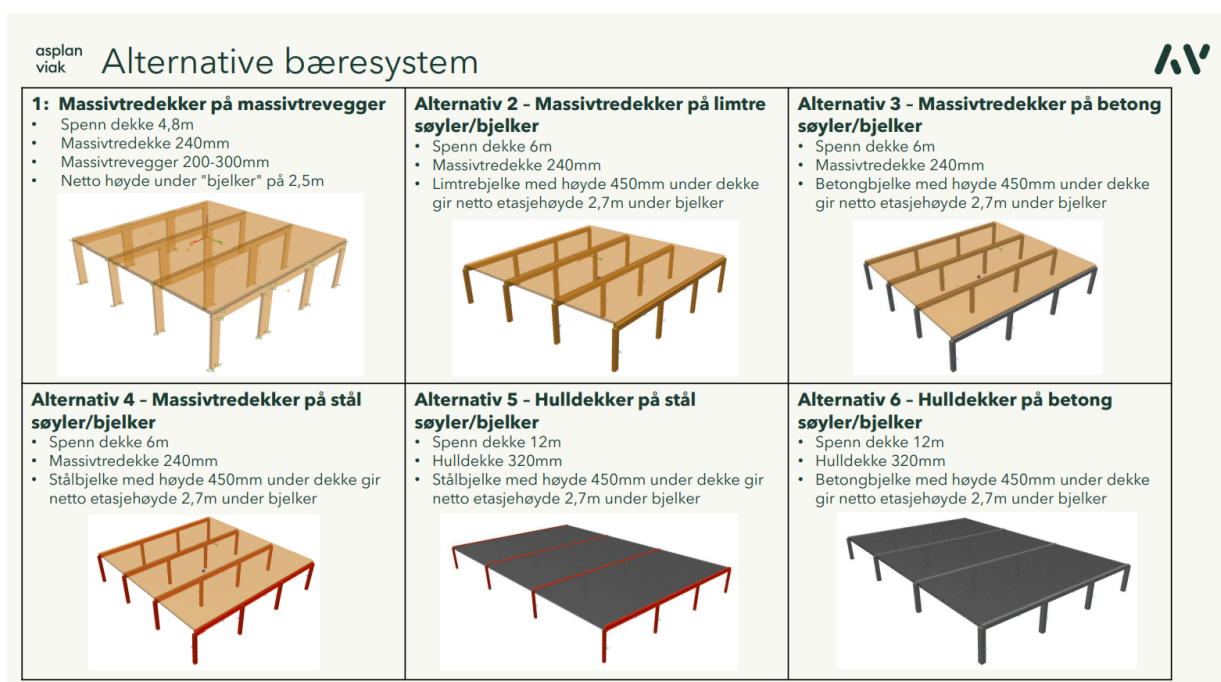


### 3 Metode

Oppgavens metode er delt mellom kvantitativ og kvalitativ. Kvantitative metoder baserer seg på innsamling og analyse av data i form av tall eller andre mengdetermer, mens kvalitative metoder samler inn og analyserer data uttrykt i form av tekst (Grønmo 2023b; Grønmo 2023a). Begge har styrker og svakheter. Ved bruk av kvantitative metoder kan fokuset på testing bli for stort og andre aspekter kan bli overskygget. Kvalitative metoder har blant annet en svakhet i at resultatene kan være vanskelig å generalisere til andre situasjoner. For å unngå svakhetene og utnytte styrkene best mulig er det fordelaktig å kombinere kvantitative og kvalitative metoder (Sovacool, Axsen og Sorrell 2018). I oppgaven er litteratursøk og samtaler brukt som kvalitativ metode og klimagassberegninger som kvalitativ. Litteratursøk og samtaler er gjort for å undersøke hva som har blitt gjort tidligere og for å innhente informasjon om bransjen. Klimagassberegningene er gjennomført for å vurdere klimapåvirkningen av ulike bæresystemer og effekten av ombruk.

#### 3.1 Datagrunnlag

Oppgaven fokuserer på seks ulike bæresystemer og deres klimapåvirkning. Det ses på strukturer bestående av dekker og bærende vegger eller søyler og bjelker. Et bæresystems funksjon er å overføre laster som påføres bygget trygt til bakken (Britannica 2020). De seks alternativene er prosjektert av Asplan Viak, og vises i Figur 3.1.



Figur 3.1: Ulike alternativer for bæresystemer, utarbeidet av Asplan Viak.

Bæresystemene er sammensatt av tre, stål og betong. Fire alternativ består av massivtredekker, mens to består av hulldekker. Det som skiller alternativ med hulldekker er at det ene har søyler og bjelker av stål, mens det andre av betong. Systemene med massivtredekker er i tillegg prosjektert med massivtrevegger og søyler og bjelker av limtre. Byggingeniør i Asplan Viak har beregnet materialmengdene som er nødvending for et tenkt bygg på 10 etasjer for de ulike bæresystemene. Disse er vist i Tabell 3.1. Her vises mengder for dekker, og søyler og bjelker eller vegger, i tillegg til andre elementer som kreves ved de ulike bæresystemene. Disse mengdene ligger til grunn for de videre beregningene. Grunnet at materialene har ulike egenskaper vil mengdene variere mellom alternativene.

**Tabell 3.1:** Sammensetning av materialer i bæresystemene, mottatt fra Asplan Viak.

Alternativ	Materialer	Mengder	Enhet
1: Massivtredekker på massivtrevegger	Massivtre, dekker	3760	m3
	Massivtre, vegger	1204	m3
	Gips, brannsikring	9629	m2
2: Massivtredekker på søyler/bjelker av limtre	Massivtre, dekker	3760	m3
	Limtre, bjelker	619	m3
	Limtre, søyler	314	m3
	Gips, brannsikring	8408	m2
3: Massivtredekker på søyler/bjelker av betong	Massivtre, dekker	3760	m3
	Betong B35, bjelke	627	m3
	Betong B35, søyle	256	m3
	B500NC, armering	105909	kg
4: Massivtredekker på søyler/bjelker av stål	Massivtre, dekker	3760	m3
	HE450A, bjelke	365563	kg
	HUP250*12,5, søyle	191973	kg
	Conlit, brannisolering	7271	m2
5: Hulldekker på søyler/bjelker av stål	Hulldekke, HD 320	15667	m2
	Betong B35, påstøpt/avretting	783	m3
	B500NC, påstøpt/avretting	62668	kg
	HE450A, bjelke	243709	kg
	HUP350*12,5, søyle	132647	kg
	Conlit, brannisolering	4930	m2
6: Hulldekker på søyler/bjelker av betong	Hulldekke, HD320	15667	m2
	Betong B35 påstøpt/avretting	783	m3
	B500NC, påstøpt/avretting	62668	kg
	Betong B35, bjelke	313	m3
	Betong B35, søyle	261	m3
	B500NC, armering	68935	kg

## 3.2 Samtaler

For å innhente mer informasjon om de ulike materialene utover det som ble presentert i kapittel 2 ble det gjennomført samtaler med aktører i bransjen. Formålet med samtalene var hovedsakelig å undersøke mer rundt ombruksmulighetene knyttet til materialene og hva som er forventet levetid for ulike materialer. Det ble også snakket om barrierer som sinker utviklingen innenfor ombruk og hvordan det jobbes med å tilgjengeliggjøre ombruk.

## 3.3 Klimagassberegninger

For å vurdere klimapåvirkningen av de ulike bæresystemene er det gjennomført klimagassberegninger. Beregningene er gjort både for å finne produksjonsutslipp knyttet til hvert bæresystem og samlet for livsløpet. Det er også gjennomført beregninger med tanke på ombruk og ulike allokeringemetoder. Klimagassutslippene assosiert med materialene er delt inn etter hvor utslippene oppstår. Fordelingen er vist i tabell 3.2. Det er fasene som inngår i bygningens livsløp som er brukt i beregningene.

**Tabell 3.2:** Tabellen viser de ulike fasene gjennom livsløpet til et bygg, informasjonen er hentet fra NS 3720:2018 (Standard Norge 2018).

Om bygningens livsløp														Utover livsløpet			
Produktstadiet			Gjennomføringsstadiet		Bruksstadiet								Livsløpets sluttstadiet				Konsekvenser utover systemgrensen
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	C1	C2	C3	C4	D
Råvarer	Transport	Produksjon	Transport	Anlegg-, bygge- og monteringsarbeid	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskifting	Ombygging	Energibruk i drift	Vannforbruk i drift	Transport i drift	Riving	Transport	Avfallsbehandling	Avhending	Gjenvinning og ombruk av materialer, eksport av egenprodusert energi

For hvert av materialene er det brukt ulike miljødeklarasjoner (EPDer) for å finne utslippsfaktorene. I en EPD presenteres kvantifisert miljøinformasjon om livsløpet til et produkt (Standard Norge 2010). Formålet med dette er å gjøre det mulig å sammenligne produkter i et miljøperspektiv. I oppgaven er det funnet et gjennomsnitt av ulike EPDer for hvert produkt for å få et mer generelt resultat. Utslippsfaktorene for produksjon (A1-A3) er presentert i Tabell 3.3, mens en fullstendig oversikt over alle fasene finnes i Vedlegg A. For produktene bestående av tre er det skilt på fossilt og biogent karbon. Det biogene

karbonet er det som er tatt opp av, og lagret i treet. Det er ingen klare retningslinjer rundt hvordan dette tas hensyn til når det er snakk om ombruk (Lausselet mfl. 2023). Foreløpig er det ikke vanlig praksis å inkludere dette i klimagassberegninger, og det er derfor valgt å se bort i fra dette i oppgaven, og kun ta hensyn til de fossile karbonet.

**Tabell 3.3:** Utslippsfaktorer knyttet til produksjon (A1-A3) for de ulike materialene. Det er vist faktorer fra ulike EPDer og et gjennomsnitt for hvert materiale.

Materiale	A1-A3		A1-A3 - gjennomsnitt		Enhet	EPD
	Biogent	Fossilt	Biogent	Fossilt		
Massivtre	-704	34	-759,25	95,33	kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>3</sup>	Södra 2020
	-938	117			kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>3</sup>	Uab Jurés Medis 2021
	-708	140			kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>3</sup>	Cross Timber Systems Ltd. 2017
	-687	90,3			kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>3</sup>	Splitkon AS 2020
Limtre	-718	45,6	-721,33	52,63	kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>3</sup>	Holmen Wood Products AB 2019
	-758	33			kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>3</sup>	Holmen Wood Products AB 2021
	-688	79,3			kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>3</sup>	Moelven Limtre AS 2018
Gips	2,51		2,41		kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>2</sup>	Norgips Norge AS 2020a
	2,31			kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>2</sup>	Norgips Norge AS 2020b	
Betong B35	282,5		270,14		kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Sylteosen Betong AS 2020
	338,1			kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	AS Vågsøy Ferdigbetong 2023	
	198,0			kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Blanderiet AS 2021	
	262,0			kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	DKFB AS 2023	
B500NC	0,724		0,671		kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Vik Ørsta AS 2020
	0,618			kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Vik Ørsta AS 2021	
HE450A, bjelke	1,19		1,08		kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Tibnor 2021b
	1,04			kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Skanska AS Stålfabrikken 2022	
	1,02			kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Stena Stål AB 2021	
HUP, søyle	2,49		2,67		kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Norsk Stål AS 2020a
	2,82			kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Norsk Stål AS 2020b	
	2,7			kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Tibnor 2021a	
Hulldekke	38		43,57		kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Overhalla Betongbygg AS 2021
	45,5			kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Spenncon AS 2021	
	47,2			kg CO <sub>2</sub> -ekv/kg	Element NOR AS 2020	
Conlit	6,18		4,88		kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>2</sup>	AS Rockwool 2013
	3,58			kg CO <sub>2</sub> -ekv/m <sup>2</sup>	Rockwool Nordics 2023	

For å regne på utslipp i forbindelse med transport er det tatt utgangspunkt transportdistanser oppgitt i Enova-rapporten “Klimavennlige byggematerialer” (Fuglseth mfl. 2020). Transportdistansene for de ulike materialene er oppgitt i Tabell 3.4.

Distansene som er oppgitt i Tabell 3.4 er avstandene som materialene fraktes fra fabrikk til byggeplass. Når materialene ombrukes vil distansen være en annen. For å gjøre ombruk tilgjengelig er det ønskelig å ombruke materialer lokalt og finne potensielle materialer i nærheten av byggeprosjektene. Samtidig er det mulig at materialene må transporters i

forbindelse med testing og lagring. I beregningene i oppgaven er det valgt å bruke en fast transportavstand for materialene som ombrukes som er antatt å være 100 km.

Det er antatt at transporten skjer med lastebil, med en utslippsfaktor på 0,17 kg CO<sub>2</sub>-ekv/tkm, også hentet fra rapporten “Klimavennlige byggematerialer” (Fuglseth mfl. 2020).

**Tabell 3.4:** Transportavstander for de ulike materialene fra fabrikk til byggeplass, oppgitt i km.

Materiale	Transportavstander [km]
Massivtre	500
Limtre	500
Gips	500
Betong B35	50
B500NC	2000
HE450A, stålbejelke	2000
HUP, stålsøyle	2000
Hulldekke, HD320	200
Conlit, 30mm	5000

Klimagassberegningene er gjennomført ved bruk av mengdene som er presentert i tabell 3.1 i kombinasjon med utslippsfaktorene. Det er både regnet på produksjonsutslipp og samlede utslipp for livsløpet. Utslippsfaktorene for produksjonsutslipp er presentert i Tabell 3.3 mens fullstendig oversikt over utslippsfaktorene finnes i Vedlegg A.

### 3.3.1 Bæresystemene uten ombruk

Klimagassberegningene for bæresystemene uten ombruk er gjort for å få et referansepunkt for utslippene knyttet til byggene. Utslippene er først regnet ut for hvert element i alternativene før de er summert for å finne totale utslipp for hvert av alternativene. Beregningene er gjennomført for både produksjonsutslipp og samlet for alle de inkluderte fasene.

### 3.3.2 Bæresystemene med ombruk

Klimaeffekten av bæresystemene ved ombruk er beregnet ved bruk av de samme mengdene og utslippsfaktorene som over. For å fordele utslippene mellom byggene som materialene brukes i er ulike allokeringmetoder brukt.

I kapittel 2.3 er flere ulike allokeringmetoder beskrevet. Det vises at allokeringmetoder vil kunne påvirke hvilke valg som tas med tanke på ombruk. I oppgaven er det valgt å ta utgangspunkt i to ulike allokeringmetoder, som også er beskrevet i detalj tidligere.

Disse metodene er “Cut-off”, “End of life”. Grunnlaget for valget er at disse, i følge litteraturen presentert i kapittel 2.3 er noen av de mest utbredte metodene og at de ikke krever kunnskap om eksakt levetid for materialene. Ved bruk av disse metodene fordeles utslippene uavhengig av antall ganger materialene brukes.

Ved bruk av “Cut-off”-metoden fordeles alle produksjonsutslippene (A1-A3) til det først bygget og utslippene knyttet til slutfasen (C1-C4) til det siste bygget. Resterende utslipp fordeles til hvert enkelt bygg. I “End of life”-metoden blir utslipp knyttet til både produksjon (A1-A3) og slutfase (C1-C4) fordelt til det siste bygget, og andre utslipp er fordelt til der de oppstår.

Siden levetiden til materialene ikke er kjent er det regnet på utslippene knyttet til det første bygget materialene benyttes i, de byggene som hverken er først eller sist i kjeden, samt det siste bygget materialene er en del av. Det er antatt at alle dekker, vegger, søyler og bjelker ombrukes, men at betong og armering som brukes til avretting, samt brannisolering, byttes ut i hvert bygg. Det er også antatt at det siste bygget vil være det samme for alle materialene.

Klimagassberegningene for byggene med ombruk er også sammenlignet med resultatene uten ombruk for å finne potensiell besparelse.

## 4 Samtaler

Samtalene som ble gjennomført med aktørene i bransjen er presentert her.

### 4.1 Stål

For å innhente flere detaljer om ombruk av stål, samt ståls klimapåvirkning, ble det gjennomført en samtale med Ingvald Aase i Norsk Stål 21. april 2023. Hovedpunktene som kom frem i samtalen var at stål er veldig godt egnet for ombruk, men at det er en del barrierer i prosessen, spesielt knyttet til økte kostnader i forbindelse med demontering istedenfor riving. Grunnen til at stål er egnet for ombruk er materialets kvaliteter og bruksområde. I tillegg er det i utgangspunktet enkelt å gjennomføre tester for å sjekke om materialet er mulig å bruke igjen. Stålets hardhet kan enkelt testes ved bruk av lett håndterbare redskaper, men problemene oppstår dersom verdiene ikke er innenfor ønsket spekter. Da må produktene sendes til ytterligere målinger, noe som fort kan bli veldig dyrt. Det konkluderes med at økonomi er den største utfordringen, men at potensialet for ombruk av søyler og bjelker av stål er stort. Slitasjen på bjelker av stål som brukes i bygg er som regel minimal, da belastningen på hvert element ofte er veldig liten. Aase trekker frem at stålbjelker som brukes i bygg kan brukes i veldig lang tid om det behandles rett og holdes i et såpass lite belastende bruksområde som bygninger. Når det kommer til hulprofiler er ombruk noe mer utfordrende. Det trekkes frem at ombruk av disse sannsynligvis vil kreve en mer omfattende undersøkelse av elementene, noe som vil være mer tidkrevende og føre til økte kostnader. Dette kommer av at hulprofiler er skjørere enn bjelker og en liten skade i form av f.eks. en bulk vil ha mye å si for søylens knekkmotstand. Det vil derfor være viktig at materialet behandles varsomt ved demontering. Det legges allikevel vekt på at det er fullt mulig å ombruke hulprofiler også. Et alternativ for å gjøre ombruk av hulprofiler lettere er å lage de tykkere slik at de ikke er like sårbare. Dette vil ikke være særlig lett å få gjennomført, da det vil føre til både økte kostnader og økte CO<sub>2</sub>-utslipp for byggherren. Kostnadene vil kunne bli kompensert for ved videresalg ved byggets endte levetid, men Aase bemerker at bygget da med stor sannsynlighet har en annen eier, som vil tjene på videresalget. Han legger også vekt på at det er naturlig å anta at det i fremtiden kommer mer spesialverktøy som gjør det mulig å demontere på en enklere og mer skånsom måte, som vil gi gode muligheter for ombruk av hulprofiler med original tykkelse.

## 4.2 Tre

For informasjon om mulighetene for ombruk av tre ble det gjennomført flere samtaler. En av disse var med daglig leder i TreFokus, Aasmund Bunkholt. TreFokus er et informasjonsselskap som jobber med å dekke behovet for riktig og god informasjon om tre hos profesjonelle aktører og forbrukere (TreFokus u.å.). I samtalen, som fant sted den 3. mai 2023, ble flere muligheter og utfordringer rundt ombruk av tre adressert. Bunkholt var optimistisk med tanke på ombruk av tre i fremtiden og trakk frem at nye standarder vil gjøre det lettere å få oversikt over produktenes kvaliteter. Han trakk også frem at det er et skille mellom hva materialene skal brukes til. Noen bruksområder stiller høye krav til materialenes kvalitet, mens andre har lavere krav. Skal treet ombrukes i bæresystemer vil det stilles høye krav til kvalitet og egenskaper. Det vil da være behov for testing av materialene, noe som kan gjøres på flere ulike måter. Dette kan gjøres ved håndholdte redskaper, maskinelt eller visuelt, noe som blir mer og mer utbredt. Han trekker samtidig frem at bæreevnen til tre er relativt stødig og at denne vil ha en marginal reduksjon. Dette vil si at bæresystemer av tre med stor sannsynlighet vil kunne ombrukes i lang tid, så lenge prosesser knyttet til montering og demontering foregår på en forsvarlig måte. Bunkholt trekker frem at massivtrebygg er lett å skru fra hverandre med minimale skader, og elementene vil fint kunne brukes om igjen. Med tanke på søyler og bjelker i limtre trekkes det frem at dersom de har skader i endene er en mulig løsning, som også brukes i dag, å kappe endene. Da vil skadene forsvinne og elementene fremstå som nye, bare litt kortere. Det er tydelig at ombrukspotensialet er stort, men økonomiske barrierer er et stort hinder per dags dato. De økonomiske aspektene er noe som trekkes frem av mange, og det er tydelig at dette er en stor barriere når det kommer til ombruk.

Oslo tre er et konsulentfirma med spesialisering innen trekonstruksjoner og fokus på sunn og varig arkitektur i tre (Oslo tre u.å.). Det ble gjennomført en samtale med Jørgen Tycho, arkitekt i Oslo tre, 8. mai 2023 med mål om å undersøke ombruksmulighetene til tre, da særlig massivtre, ytterligere. Tycho startet med å bekrefte at tre har et stort ombrukspotensial. Han la vekt på at hvordan materialene festes sammen under montering er viktig for å minimere skader og gjøre ombruk så enkelt som mulig. I den forbindelse arbeider Oslo tre med å bytte ut skruer med “tre mot tre”-forbindelser. Skruer kan bli ødelagt under demonteringen, og f.eks. brette inne i treet, noe som vil kunne være et hinder i ombruksprosessen. Det er derfor et ønske om å finne et bedre alternativ. I tillegg er “tre mot tre” en svært effektiv festemetode, som også gjør det enkelt å demontere. Det vil



også kunne føre til store miljømessige og økonomiske besparelser, ved at tre ertsatter stål. Tycho var optimistisk med tanke på å skulle ombruke bæresystemer i tre, men la vekt på at dersom f.eks. et massivtredekke som er blitt brukt i et bygg skal brukes som dekke i et annet bygg kreves god dokumentasjon. Et godt verktøy for å tilfredsstille disse kravene er BIM-modeller, som gjør at informasjon om alle elementene i et bygg er lett tilgjengelig. Oslo tre jobber mye med design for demontering og Tycho trakk frem et prosjekt der “tre mot tre”-forbindelser har blitt brukt; kontorbygget HasleTre. Hele konstruksjonen er av tre og prosjektet er designet for demontering og ombruk. I startfasen av dette prosjektet var det noen utfordringer knyttet til å overtale de involverte partene til å bli med på noe helt nytt. Det var også en del kostnader knyttet til planleggingsfasen og prosessene rundt, men til gjengjeld er tre et relativt billig materiale sammenlignet med f.eks. stål. Når prosjektets byggefase begynte så man stor effekt av byggemetoden, særlig knyttet til tidsbesparelse.

Totalt sett er Tycho svært positiv med tanke på tre som ombruksmateriale og legger vekt på at så lenge det holdes tørt og ikke brenner vil det kunne vare i lang tid.

For informasjon om ombruk av tre ble det også gjennomført en samtale med Audun Øvrum i Norsk Treteknisk Institutt (Treteknisk), datert den 9. mai 2023. Treteknisk er et bransjeforskningsinstitutt for treindustrien i Norge som innehar mye kompetanse knyttet til blant annet tres egenskaper (Norsk Treteknisk Institutt u.å.). Øvrum deltar blant annet i arbeidet med å lage standarder for brukte byggematerialer i tre. I samtalen med Øvrum nevnte han dette arbeidet, og hvordan standarder tilrettelegger for mer ombruk i fremtiden. Han var også tydelig på at begrensningen når det kommer til ombruk av tre ikke er treet i seg selv, men festemetodene som har blitt brukt. Dette var som beskrevet ovenfor noe som også kom tydelig frem i samtalen med Tycho i Oslo tre. Øvrum trakk også, i likhet med Tycho, frem at så lenge materialet holdes tørt vil det kunne eksistere i lang tid, og viste i denne sammenheng til at det er funnet fint brukbare trematerialer fra 1800-tallet med de samme kvalitetene som jomfruelig tre. Dette viser at treet sine egenskaper ikke står i veien for en lang levetid, men det er avhengig av riktig håndtering. Øvrum trekker også frem at elementer av både limtre og massivtre vil være svært egnet for ombruk grunnet solide egenskaper. I samtalen ble det også nevnt at tre i bygg som rives i dag ikke er særlig godt egnet for ombruk. Grunnen til dette er at de ikke er bygget med tanke på demontering og ombruk, og da består av andre materialer i festene. Å ombruke materialer fra disse byggene vil være en svært kostbar og ressurskrevende prosess.

### 4.3 Betong

For innhenting av informasjon om betong ble det gjennomført en samtale med John-Erik Reiersen som er daglig leder i Betong Norge. Betong Norge er en bransje- og arbeidsgiverforening for betongelementprodusenter og montasjeentreprenører som har fokus på å bidra til en moderne betongindustri som vil være en del av løsningen når fremtidens Norge bygges (Betong Norge u.å.). Hulldekker er et av bygningselementene som har kommet lengst når det kommer til ombruk. Reiersen trekker blant annet frem prosjektet Oslo Storbylegevakt som er omtalt kapittel 2.4, hvor hulldekker fra regjeringskvartalet er tatt i bruk. Dette var et ressurskrevende prosjekt, spesielt grunnet at hulldekkene tidligere hadde vært i et regjeringsbygg, noe som innebærer at det var ekstra tykke lag med påstøpt betong som måtte fjernes. I likhet med Øvrum fra Treteknisk trakk Reiersen frem utfordringer med festemetoder i monteringen. For å gjøre det lettere å ombruke hulldekker er man avhengig å bruke andre festemetoder enn lim og støpte forbindelser. Han la også vekt på at hulldekker er veldig tilrettelagt for ombruk grunnet at elementene er såpass store og at det er en lik standard for alle hulldekker. Søylar og bjelker av betong er også fint mulig å ombruke, men man er da avhengig av lik etasjehøyde og størrelse for at elementene skal passe inn. Betongelementer vil ikke ha nevneverdig kvalitetsreduksjon ved bruk i bæresystemer, og vil fint kunne anvendes i flere bygg senere. Selv om kunnskap og erfaring tilsier at hulldekkenes standard vil være god nok for ombruk kreves det, i likhet med for stål og tre, testing av elementene. Testing av hulldekker innebærer noe svinn, i og med at elementene testes ved at deler av noen (f.eks. hvert tiende hulldekke) kuttet av og testes. I eksisterende bygg har avrettingsmasse blitt brukt over hulldekkene. Dette er noe som i noen tilfeller må pigges av, altså fjernes, for at hulldekkene skal kunne brukes på nytt. Når hulldekker skal brukes i nye bygg kreves ny avretting, men Reiersen bemerker at avrettingsmasse ikke er en gunstig løsning og nå gradvis blir erstattet av andre og mer demonteringsvennlige løsninger. Generelt er han optimistisk med tanke på ombruk av hulldekker og andre betongelementer i fremtiden. Han trekker blant annet frem at betongleverandører har begynt med depotløsninger for gamle hulldekker for å gjøre ombruk mer tilgjengelig.

## 5 Resultater

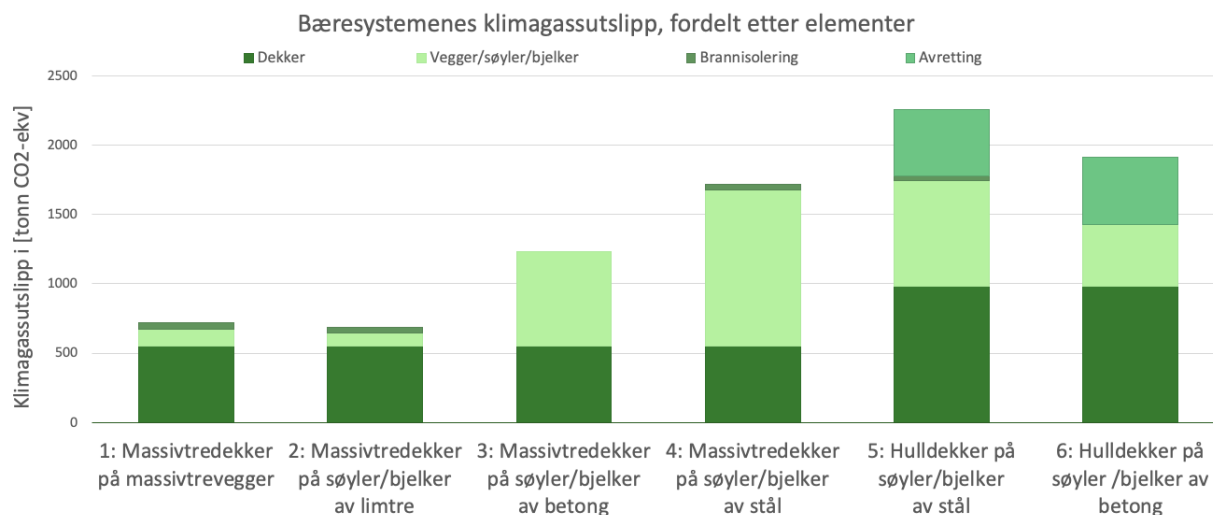
### 5.1 Bæresystemenes klimagassutslipp uten hensyn til ombruk

Først ble det gjennomført beregninger for å finne klimapåvirkningen av de seks ulike bæresystemene uten hensyn til ombruk. Tabell 5.1 viser resultatene, både produksjonsutslippene separat og samlet for livsløpet med fasene A1-A3, A4-A5 og C1-C4.

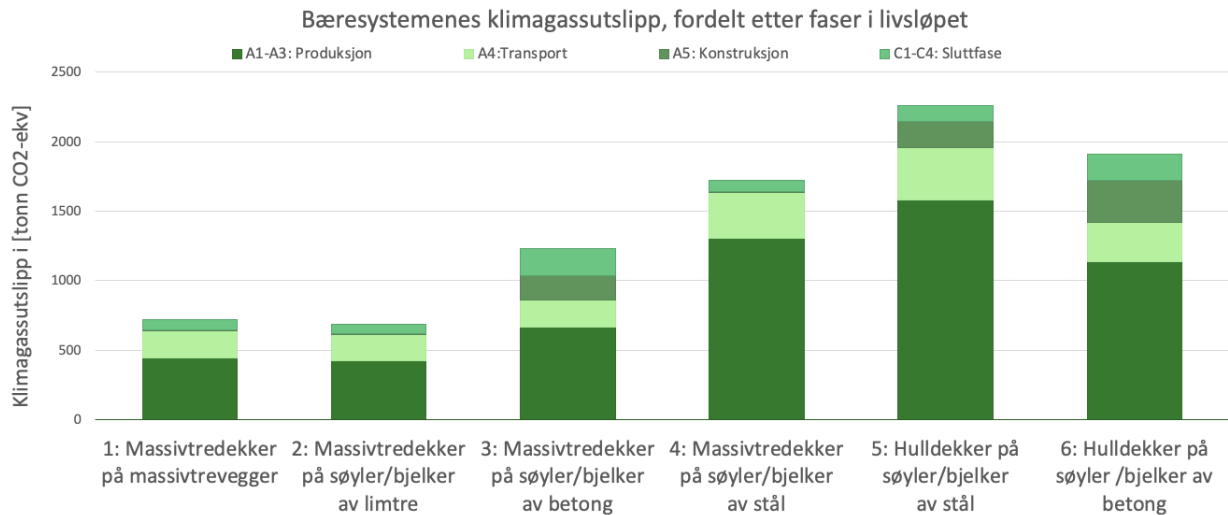
**Tabell 5.1:** Klimagassutslipp i tonn CO<sub>2</sub>-ekv for produksjon alene og samlet for livsløpet.

Alternativ	Klimagassutslipp [tonn CO <sub>2</sub> -ekv]	
	A1-A3	Samlet
1: Massivtredekker på massivtrevegger	445	720
2: Massivtredekker på søyler/bjelker av limtre	428	688
3: Massivtredekker på søyler/bjelker av betong	668	1235
4: Massivtredekker på søyler/bjelker av stål	1303	1720
5: Hulldekker på søyler/bjelker av stål	1579	2261
6: Hulldekker på søyler/bjelker av betong	1138	1912

Resultatene er også visualisert i Figur 5.1 og Figur 5.2. Begge figurene viser klimagassutslippene til hvert av de seks alternativene, men er delt inn på ulike måter. I Figur 5.1 deles utslippene inn etter hvilket element de hører til, separert mellom dekker, vegger/søyler/bjelker, brannisolering og avretting. I Figur 5.2 er utslippene derimot separert etter hvilken fase i livsløpet de tilhører, delt mellom A1-A3, A4, A5 og C1-C4.



**Figur 5.1:** Klimagassutslippene til bæresystemene uten hensyn til ombruk, delt mellom hvilke elementer utslippene er knyttet til. Utslippene er oppgitt i tonn CO<sub>2</sub>-ekv.



**Figur 5.2:** Klimagassutslippene til bæresystemene uten hensyn til ombruk, delt mellom hvilke faser av livsløpet utslippene er knyttet til. Utslippene er oppgitt i tonn CO<sub>2</sub>-ekv.

Resultatene viser at alternativ 1 (massivtredekker på massivtrevegger) og 2 (massivtredekker på søyler/bjelker av limtre) har de laveste utslippene, mens alternativ 5 (hulldekker på søyler/bjelker av stål) har de høyeste utslippene. Fra Figur 5.1 kommer det tydelig frem at massivtrevegger og søyler/bjelker av limtre har betydelig lavere klimapåvirkning enn søyler/bjelker av stål eller betong. Det vises også at søyler/bjelker av stål og betong har høyere klimapåvirkning i alternativene med massivtredekker enn i alternativene med hulldekker. Dette kommer av at det kreves større mengder av disse materialene i massivtrealternativene enn i alternativene med hulldekker. Det vises også tydelig at avretting utgjør en stor del av utslippene til alternativene med hulldekker.

Figur 5.2 viser at den største andelen av klimagassutslippene fra alle alternativene kommer fra produksjon, dette kommer også frem i tabell 5.1. I tillegg viser figuren at fordelingen av utslipp mellom fasene er ganske lik for alle de seks alternativene. Det er tydelig at de største produksjonsutslippene er knyttet til stål. I tillegg vises det at utslippene knyttet til konstruksjon og slutfase er størst for betong. Transportutslippene er størst for alternativene med søyler og bjelker av stål, noe som er som forventet, da stål er blant materialene med lengst transportavstand. I tillegg vises det at transportutslippene knyttet til alternativet med hulldekker og søyler/bjelker av betong er høyere enn for alternativene med bare tre. Betong og hulldekker har transportavstander på 50km og 200km, mens massivtre og limtre transporteres 500km. Det vises da at betong er såpass mye tyngre enn tre at transportutslippene blir høyere selv om avstanden er betydelig kortere.

## 5.2 Bæresystemenes klimagassutslipp med hensyn til ombruk

Under er klimagassberegningene ved ombruk presentert ved bruk av allokeringsmetodene “Cut-off” og “End of life”. Det er beregnet utslipp for det første bygget materiale benyttes i, hvert av byggene som er mellom det første og det siste, samt det siste bygget.

### 5.2.1 Cut-off

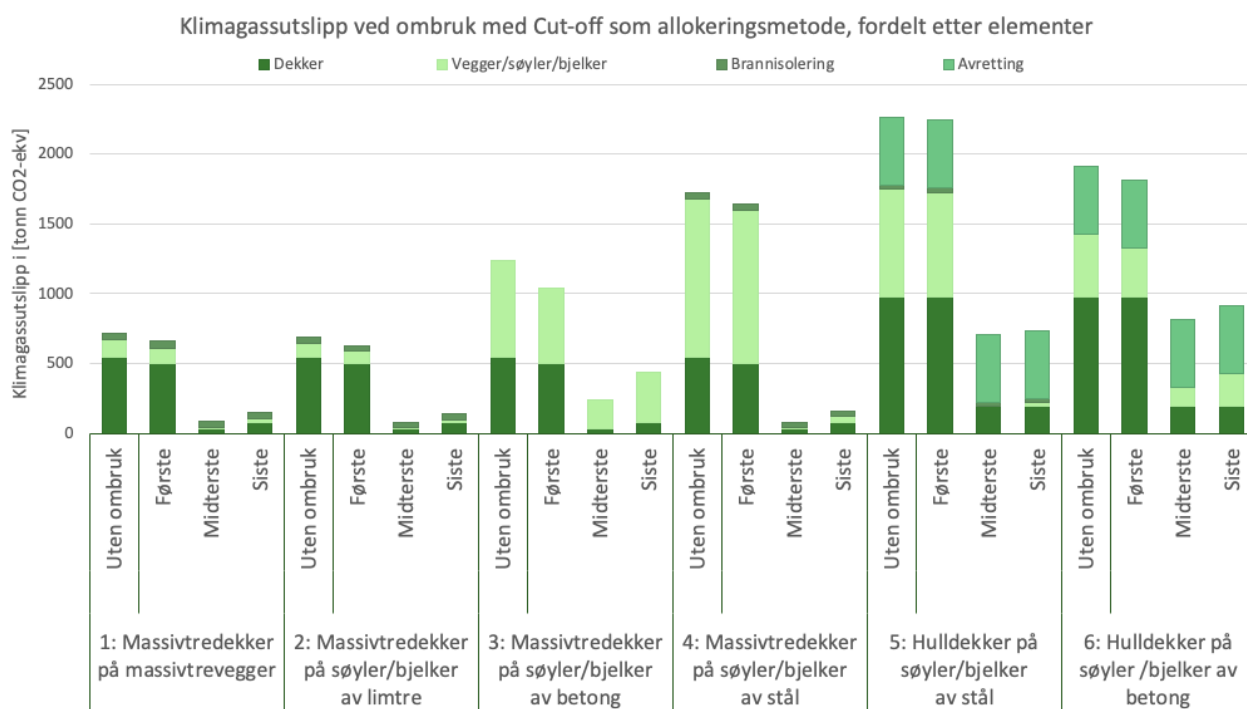
Klimagassutslippene ved ombruk ved bruk av “Cut-off” metoden er presentert i Tabell 5.2. Utslippene vises i tonn CO<sub>2</sub>-ekv og andel av et tilsvarende nytt bæresystem.

**Tabell 5.2:** Klimagassutslipp med ombruk ved bruk av Cut-off som allokeringsmetode.

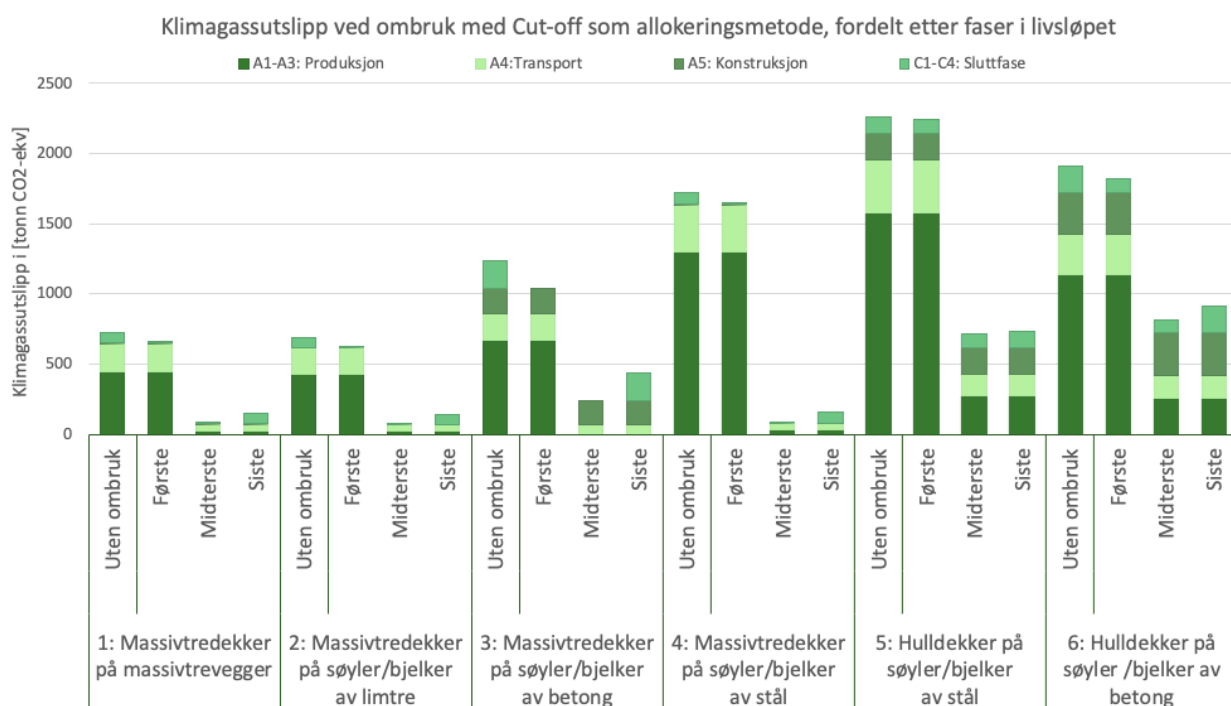
Alternativ	Bæresystemenes klimagassutslipp for de ulike byggene					
	Første bygg		Midterste bygg		Siste bygg	
	Tonn CO <sub>2</sub> -ekv	Sammenlignet med uten ombruk	Tonn CO <sub>2</sub> -ekv	Sammenlignet med uten ombruk	Tonn CO <sub>2</sub> -ekv	Sammenlignet med uten ombruk
1: Massivtredekker på massivtrevegger	658	91%	88	12%	150	21%
2: Massivtredekker på søyler/bjelker av limtre	629	91%	80	12%	139	20%
3: Massivtredekker på søyler/bjelker av betong	1038	84%	241	20%	438	35%
4: Massivtredekker på søyler/bjelker av stål	1639	95%	80	5%	160	9%
5: Hulldekker på søyler/bjelker av stål	2240	99%	712	31%	733	32%
6: Hulldekker på søyler/bjelker av betong	1816	95%	815	43%	911	48%

Resultatene viser at ved bruk av “Cut-off” metoden vil alternativ 5 (hulldekker på søyler/bjelker av stål) ha de høyeste klimagassutslippene for det første bygget, mens alternativ 6 (hulldekker på søyler/bjelker av betong) vil ha høyest utslipp for resten av byggene i kjeden. Alternativ 2 (massivtredekker på søyler/bjelker av limtre) vil ha de laveste utslippene i alle byggene i kjeden. Alternativ 4 (massivtredekker på søyler/bjelker av stål) har det største reduksjonspotensiale for byggene som bruker ombruksmaterialer. Alternativet med det laveste reduksjonspotensiale er alternativ 6 (hulldekker på søyler/bjelker av betong).

Resultatene er også visualisert i Figur 5.3 og Figur 5.4. I figurene er det for hvert av de seks alternativene vist utslippene knyttet til et nytt bygg uten ombruk, samt for de ulike byggene materialene benyttes i ved ombruk. Figur 5.3 viser utslippene fordelt etter hvilke elementer de kommer fra, mens i Figur 5.4 vises de fordelt på fasene i livsløpet.



**Figur 5.3:** Klimagassutslippene ved bruk av Cut-off tilnærming for de seks alternativene. De er vist for det første, de midterste og det siste bygget i materialenes livsløp. Utslippene uten hensyn til ombruk er også vist. Utslippene er vist i tonn CO<sub>2</sub>-ekv og fordelt på de ulike elementene.



**Figur 5.4:** Klimagassutslippene ved bruk av Cut-off tilnærming for de seks alternativene. De er vist for det første, de midterste og det siste bygget i materialenes livsløp. Utslippene uten hensyn til ombruk er også vist. Utslippene er vist i tonn CO<sub>2</sub>-ekv og fordelt på de ulike fasene av livsløpet.

Fra Figur 5.3 kommer det blant annet tydelig frem at det er stål som har de høyeste utslippene av alternativene for søyler/bjelker for det første bygget, til gjengjeld har det også det største reduksjonspotensialet. Det vises også tydelig at avretting utgjør en stor andel av klimagassutslippene fra alternativene med hulldekker for byggene som tar i bruk ombrukte materialer. Dette betyr at dersom det tas i bruk andre alternativer for avretting vil utslippene kunne reduseres betraktelig. Figur 5.4 viser tydelig at høye produksjonsutslipp fører til at det første bygget kjeden (som tilegnes produksjonsutslippene ved Cut-off tilnærmingen) får nesten like høye utslipp som et tilsvarende nytt bygg. I tillegg vises det at transportutslippene i de fleste alternativene er betydelig lavere ved ombruk enn for nye materialer, noe som også gir det første bygget høyere utslipp enn resten. Det vises også at utslippene knyttet til slutfasen i alle alternativene er svært lave sammenlignet med totalen, noe som også bidrar til at det første bygget får tilnærmet like utslipp som ved uten ombruk.

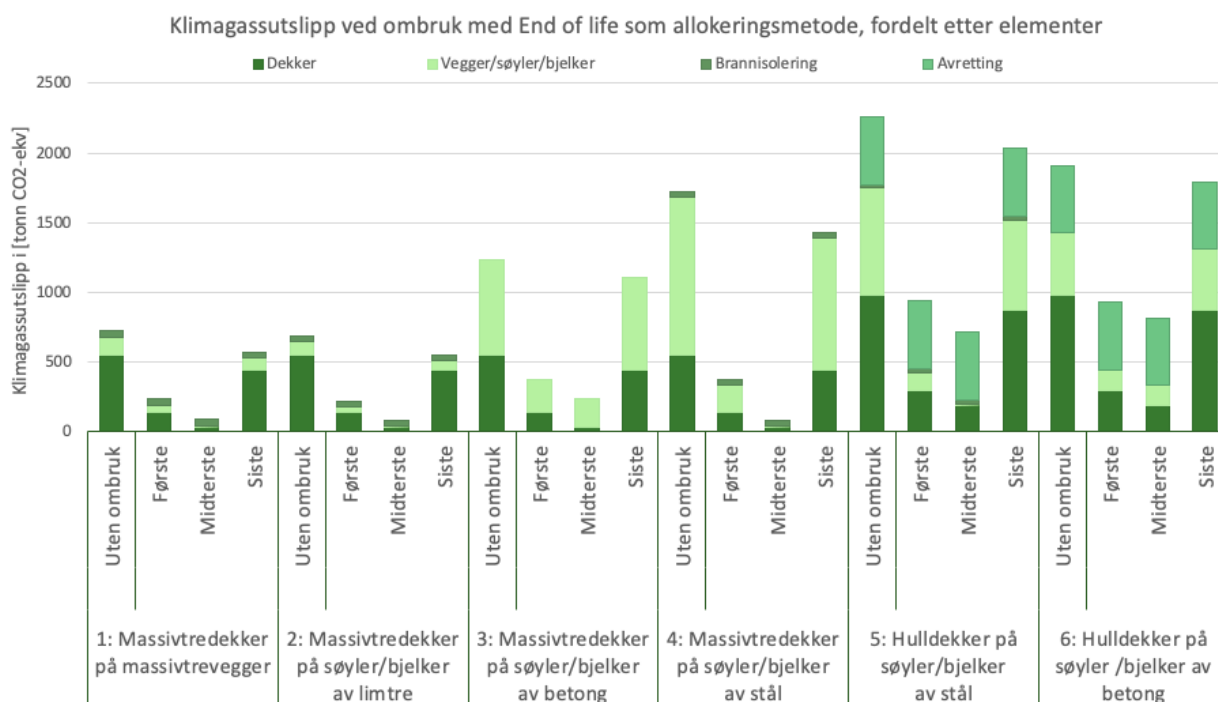
## 5.2.2 End of life

Klimagassutslippene ved ombruk ved bruk av “End of life”-metoden er presentert i tabell 5.3. Her vises både utslippene i tonn CO<sub>2</sub>-ekv og andel av et tilsvarende nytt bygg uten hensyn til ombruk.

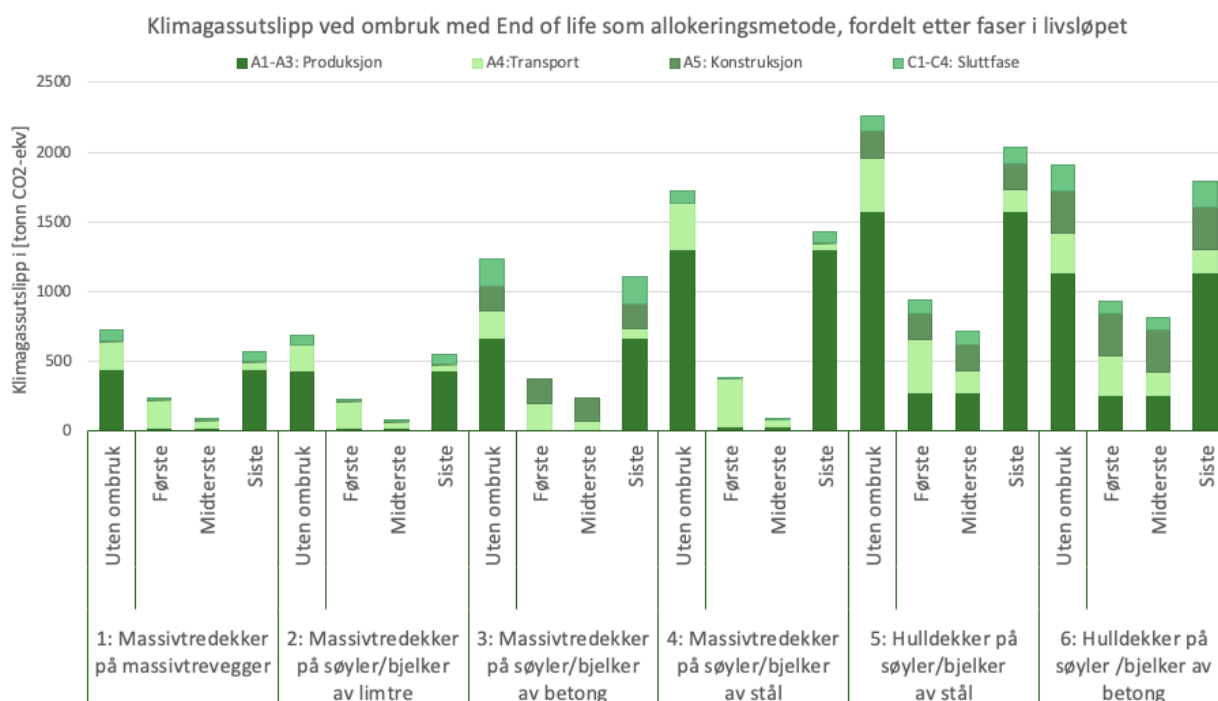
**Tabell 5.3:** Klimagassutslipp med ombruk ved bruk av End of life som allokeringmetode.

Alternativ	Bæresystemenes klimagassutslipp for de ulike byggene					
	Første bygg		Midterste bygg		Siste bygg	
	Tonn CO <sub>2</sub> -ekv	Sammenlignet med uten ombruk	Tonn CO <sub>2</sub> -ekv	Sammenlignet med uten ombruk	Tonn CO <sub>2</sub> -ekv	Sammenlignet med uten ombruk
1: Massivtredekker på massivtrevegger	236	33%	88	12%	572	79%
2: Massivtredekker på søyler/bjelker av limtre	221	32%	80	12%	547	79%
3: Massivtredekker på søyler/bjelker av betong	370	30%	241	20%	1106	90%
4: Massivtredekker på søyler/bjelker av stål	372	22%	80	5%	1427	83%
5: Hulldekker på søyler/bjelker av stål	939	42%	712	31%	2034	90%
6: Hulldekker på søyler/bjelker av betong	932	49%	815	43%	1795	94%

Resultatene er også vist i Figur 5.5 og Figur 5.6. Figurene har samme oppbygning som figurene presentert under “Cut-off” tilnærmingen.



**Figur 5.5:** Klimagassutslippene ved bruk av End of life tilnærming for de seks alternativene. De er vist for det første, de midterste og det siste bygget i materialenes livsløp. Utslippene uten hensyn til ombruk er også vist. Utslippene er vist i tonn CO<sub>2</sub>-ekv og fordelt på de ulike elementene.



**Figur 5.6:** Klimagassutslippene ved bruk av End of life tilnærming for de seks alternativene. De er vist for det første, de midterste og det siste bygget i materialenes livsløp. Utslippene uten hensyn til ombruk er også vist. Utslippene er vist i tonn CO<sub>2</sub>-ekv og fordelt på de ulike fasene av livsløpet.

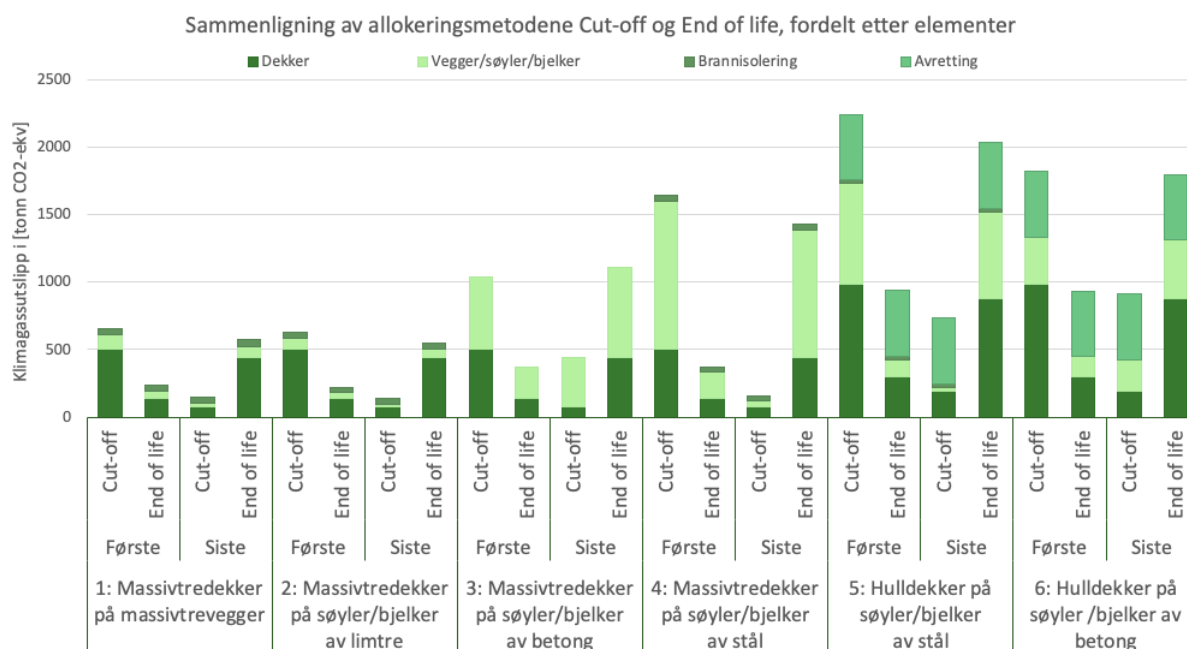


Resultatene viser at ved bruk av “End of life”-metoden vil alternativ 6 (hulldekker på søyler/bjelker av betong) ha de høyeste klimagassutslippene for det første og de midterste byggene, mens alternativ 5 (hulldekker på søyler/bjelker av stål) vil ha høyest utslipp for det siste bygget. Alternativ 2 (massivtredekker på søyler/bjelker av limtre) vil ha de laveste utslippene for alle byggene i kjeden. Alternativ 4 (massivtredekker på søyler/bjelker av stål) har det største reduksjonspotensiale for byggene hvor materialene sendes til ombruk etter byggets levetid. Alternativet med det laveste reduksjonspotensiale er også her alternativ 6 (hulldekker på søyler/bjelker av betong).

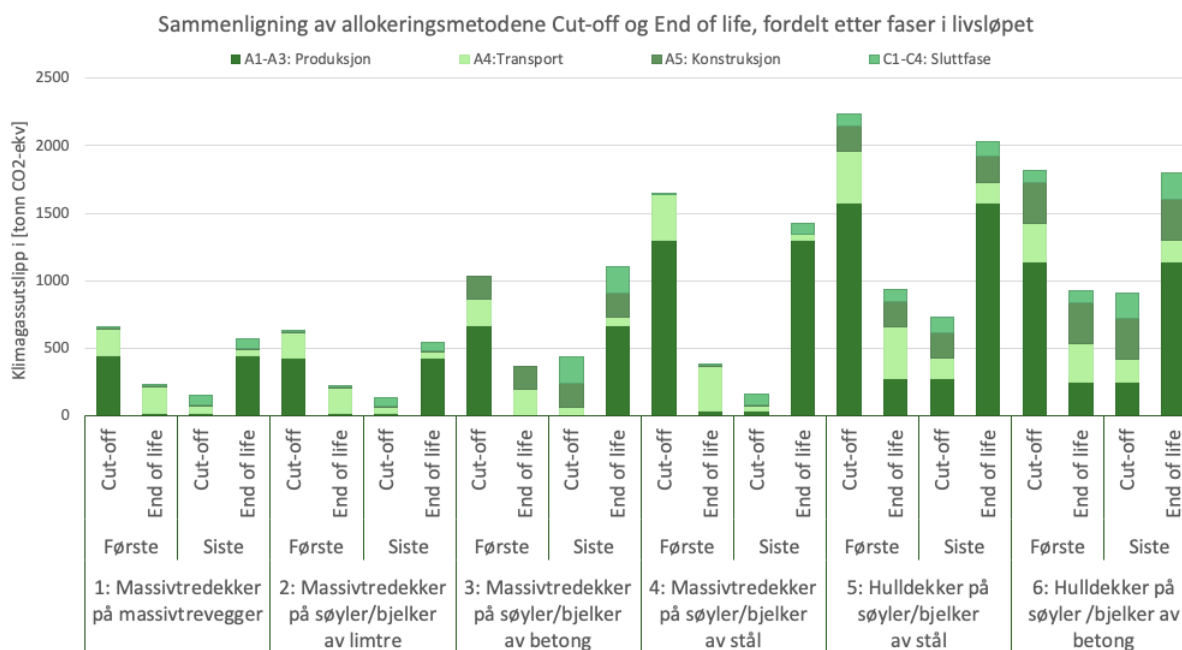
Det vises tydelig fra Figur 5.5 at majoriteten av utslippene fordeles til det siste bygget. I tillegg vises det at avrettingen utgjør en stor andel for alternativene med hulldekker. I Figur 5.6 kommer forskjellen mellom transportutslipp tydelig frem. Det er kun transport som er endres fra det første til de midterste byggene. Spesielt for alternativene med stål vises dette tydelig, da stål har en lang transportdistanse fra fabrikk når det er nytt.

### 5.2.3 Sammenligning av allokeringemetodene

I Figur 5.7 og Figur 5.8 er resultatene for de to allokeringemetodene sammenlignet. Utslippene knyttet til de midterste byggene vil være like uavhengig av allokeringemetode, og det er derfor kun de første og siste byggene som er vist i sammenligningen.



**Figur 5.7:** Klimagassutslippene i tonn CO<sub>2</sub>-ekv for første og siste bygg for hvert de seks alternativene vist ved både Cut-off og End of life allokering. Utslippene er fordelt på de ulike elementene.



**Figur 5.8:** Klimagassutslippene i tonn CO<sub>2</sub>-ekv for første og siste bygg for hvert de seks alternativene vist ved både Cut-off og End of life allokering. Utslippene er fordelt på de ulike fasene i livsløpet.

Sammenligningen viser at utslippene knyttet til det første bygget ved bruk av “Cut-off” tilnærmingen er relativt like utslippene knyttet til det siste bygget ved bruk av “End of life”, men i de fleste tilfellene litt større. Dette viser at differansen mellom transportutslippene ved transport fra fabrikk og transport ved ombruk i de fleste alternativene er større enn utslippene knyttet til slutfasen. Bare i alternativ 3 (massivtredekker på søyler/bjelker av betong) er utslippene knyttet til slutfase større enn utslippene knyttet til den ekstra transportdistansen. Dette kommer også tydelig frem om utslippene fra første bygg ved bruk av “End of life” sammenlignes med siste bygg ved bruk av “Cut-off”.

## 6 Diskusjon

### 6.1 Diskusjon av resultatene

Resultatene fra klimagassberegningene uten ombruk viser lavest utslipp for alternativ 2 (massivtredekker på søyler/bjelker av limtre), og høyest utslipp for alternativ 5 (hulldekker på søyler/bjelker av stål). Det er tydelig at massivtredekker har lavere utslipp enn hulldekker. For søylene og bjelkene er de høyeste utslippene tilknyttet stål, etterfulgt av betong, mens limtre, etterfulgt av massivtrevegger står for de laveste utslippene. Trendene er like både for produksjon separat og samlet for livsløpet, men det er en forskjell om en ser på alternativ 4 (massivtredekker på søyler/bjelker av stål) og alternativ 6 (hulldekker på søyler/bjelker av betong). Alternativ 4 har høyere produksjonsutslipp enn alternativ 6. Om en derimot ser på de samlede utslippene er det alternativ 6 som har de høyeste utslippene av de to. Dette skyldes høye produksjonsutslipp tilknyttet stål. Resultatene av beregningene stemmer også overens med erfaringer fra litteraturen presentert i kapittel 2.1. Her er det kommet frem til at tre har de laveste utslippene av de tre materialene, mens det ikke er helt enighet angående stål og betong. Resultatene av beregningene gjort i denne oppgaven viser at stål har en høyere klimapåvirkning enn betong i dette tilfellet.

Klimagassberegningene med ombruk viser generelt store besparelser, men fordelingen av disse avhenger av allokeringmetode. Ved “Cut-off” vil det første bygget bli ansvarlig for de største utslippene. Dette gjelder for alle bæresystemene og skyldes at majoriteten av utslippene kommer fra produksjon. For resten av byggene varierer reduksjonen mye mellom de ulike alternativene. De største besparelsene er tilknyttet alternativ 4 (massivtredekker på søyler/bjelker av betong). Her vil klimagassutslippene til bæresystemene til de midterste byggene kun utgjøre 5% av et tilsvarende nytt bæresystem. Reduksjonen her er på 1640 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. Dette skyldes hovedsakelig stål sine høye produksjonsutslipp. For det siste bygget utgjør bæresystemets klimagassutslipp 9% sammenlignet med et nytt. Det er alternativ 6 (hulldekker på søyler/bjelker av betong) som har lavest reduksjon for de midterste og det siste bygget. Her utgjør de ombrukte bæresystemene henholdsvis 43% og 48% av et nytt bæresystem. Grunnen til dette kommer frem i Figur 5.3, som viser store utslipp knyttet til avretting, som er ny for hvert bygg. For alternativene med massivtredekker er det også alternativet med søyler/bjelker av betong som lavest reduksjon.

Ved bruk av “End of life”-metoden vil det siste bygget bli tildelt de høyeste utslippene. Resultatene viser at bæresystemene for de siste byggene vil tilsvare mellom 79 og 94% av

tilsvarende nye bæresystemer for de ulike alternativene. Det første og de midterste byggene er kun tildelt utslipp knyttet til A4 og A5 for materialene som ombrukes. Grunnet at det er antatt en kortere transportavstand ved ombruk enn når materialet er nytt er utslippene til det første bygget høyere enn utslippene til de midterste. De midterste byggene tildeles lik klimapåvirkningen uavhengig av hvilken av de to allokeringemetodene som benyttes. For det første bygget er det alternativ 4 (massivtredekker på søyler/bjelker av stål) som har den største klimagassreduksjonen, noe som samsvarer med resultatene fra “Cut-off”-tilnærmingen for det siste bygget. Det er også en likhet med tanke på alternativet som har lavest reduksjon, som er alternativ 6 (hulldekker på søyler/bjelker av betong).

Resultatene samlet for de to allokeringemetodene viser blant annet at stål er den løsningen for bjelker/søyler som har størst potensiale for besparelse. Dette er ikke overraskende. I kapittel 2.1 trekkes det frem at stål er et energikrevende materiale å produsere, noe som vil føre til høye produksjonsutslipp. Grunnet dette vil det være svært fordelaktig å ombruke stål. Byggene som da ikke blir tildelt produksjonsutslippene vil ha en stor reduksjon i klimapåvirkning sammenlignet med bruk av nye materialer uten hensyn til ombruk. For begge allokeringemetodene er det de to alternativene med hulldekker som kommer dårligst ut med tanke på utslippsreduksjon. Som det ble snakket om i samtalen med Reiersen i Betong Norge, omtalt i kapittel 4.3, jobbes det med alternative avrettingsmetoder som vil være bedre tilpasset ombruk. Grunnet dette vil nok besparelsen i klimagassutslipp ved alternativene med hulldekker være høyere enn det som er beregnet i oppgaven.

Alternativ 2 (massivtredekker på søyler/bjelker av limtre) har lavest klimagassutslipp både med og uten ombruk, samt uavhengig av allokeringemetode. De høyeste klimagassutslippene er det alternativ 5 og 6, altså alternativene med hulldekker, som står for. Det er tydelig at avrettingen utgjør en stor andel av dette, men uavhengig av om avrettingen regnes med ved ombruk vil disse alternativene være blant de dårligste, men da på et jevnere nivå med alternativ 3 (massivtredekker på søyler/bjelker av betong) og 4 (massivtredekker på søyler/bjelker av stål). Dersom utslippene knyttet til avretting fjernes ved ombruk vil det variere om det er alternativ 3, 5 eller 6 som kommer dårligst ut, avhengig av allokeringemetode og bygg i rekken. Marginene er små, og uavhengig av avrettingsmetode vil det være noen utslipp knyttet dette. Det er derfor sannsynlig at alternativene med hulldekker uansett vil ha de høyeste utslippene. Det er tydelig fra beregningene at de største utslippene er knyttet til produksjon av materialene, noe som vil si at det er store klimagassbesparelser knyttet til å ombruke materialer og dermed unngå å produsere nye.

## 6.2 Usikkerheter

Utslippsfaktorene som er benyttet er basert på flere innhentede EPDer. Det er funnet et gjennomsnitt blant EPDene som er brukt i beregningene. Det kan være store ulikheter knyttet til utslipp av relativt like produkter, og når det ikke er kjent eksakt hvilket produkt som er benyttet vil det være usikkerheter knyttet til valg av utslippsfaktorer. I tillegg er det som oftest produkter med lav miljøpåvirkning som har EPDer, og gjennomsnittet for produktene på markedet vil sannsynligvis være høyere. I oppgaven er det brukt samme metode med tanke på utslippsfaktorer for alle materialene, og hvordan alternativene stiller seg i forhold til hverandre vil da sannsynligvis være ganske pålitelig uavhengig av dette.

Som nevnt har det blitt gjort en del antagelser med tanke på avrettingen av betong og armering som har blitt brukt. Det er antatt at dette støpes på nytt i hvert bygg, men som nevnt er det ønskelig å ta i bruk andre løsninger for dette. Dette fører til noe usikkerhet knyttet til resultatene for ombruk av hulldekkene, grunnet at det ikke er kjent hvilke metoder som vil brukes i fremtiden. Det er derfor tatt utgangspunkt i at alle bæresystemene bygges på lik måte for hvert av alternativene, med lik sammensetning av materialene.

Det er antatt en generell transportavstand ved ombruk. Denne avstanden vil være veldig individuell for hvert enkelt prosjekt, og det vil kunne være en del variasjoner i utslipp knyttet til denne fasen. Avstanden vil avhenge av blant annet hvor materialene hentes fra, hvor de lagres og hvordan de testes.

Grunnet mangel på kunnskap og informasjon om materialenes levetid er det tatt utgangspunkt i at alle materialene som ombrukes ender sin levetid i det samme bygget. Dette betyr at alle materialene kastes etter det siste bygget og at ingen brukes videre. I praksis er dette svært usannsynlig, da ulike faktorer, som f.eks. skader, vil føre til at materialene byttes ut gradvis mellom byggene og at ikke alle elementene avslutter sin levetid på samme tidspunkt. Grunnet at dette er svært uforutsigbare faktorer er det likevel regnet med at alle materialene avslutter levetiden sin i det samme bygget.

Samtalene som ble gjennomført med aktørene som er omtalt i kapittel 4 viser til stor optimisme med tanke på ombruk av både stål, betong og tre. Alle hadde stor tro på materialet de selv jobber med. Noe av formålet med samtalene var å undersøke om aktørene hadde noen tanker om en makslevetid for materialene, for så å kunne bruke dette i beregningene. Dette ble vanskelig da alle fokuserte på muligheter og ikke begrensninger. I utgangspunk-

tet var det ønskelig å fordele klimagassutslippene også ved bruk av allokeringemetoden “Distributed”, men dette ble vanskelig grunnet mangel på kunnskap om eksakt levetid og dermed mye usikkerhet.

I oppgaven er det ikke tatt hensyn til fundamentering knyttet til byggene. Dette er grunnet at fundamenteringen varierer mye avhengig av underlag. Samtidig vil fundamenteringen også variere avhengig av hvilke materialer bæresystemene består av. Tyngre bygg vil kreve kraftigere fundamentering enn lettere bygg, og utslippene knyttet til fundamentering for bygg med bæresystemer av stål og betong vil ofte være større enn for bygg bestående av tre. Dette er også et viktig element i vurderingen av klimapåvirkningen til bæresystemene, men grunnet store individuelle variasjoner er fundamenteringen ikke inkludert i beregningene her.

### 6.3 Valg av allokeringemetode

De totale klimagassutslippene er de samme uavhengig av allokeringemetode. Det som varierer er hvilket bygg i rekken som står ansvarlig for de. Dette varierer mellom det første og siste bygget. I et helhetlig klimaperspektiv har ikke valg av allokeringemetode noe å si, utslippene vil være de samme uavhengig av hvem som står ansvarlig for dem. Valg av allokeringemetode kan derimot ha mye å si for eierne av byggene og hvilke valg som tas.

Selv om utslippene er de samme uavhengig av allokeringemetode er det tenkelig at valg av metode kan bidra til å oppfordre eierne til å enten bygge med ombrukte materialer eller å sørge for at demontering er mulig og at materialene videreselges. Bruk av “Cut-off”-metoden vil oppfordre til ombruk etter første bygg og bidra til at det er et ønske om å benytte materialer som allerede er brukt før, slik at en slipper unna utslippene knyttet til produksjon, som i de aller fleste tilfellene vil være de største utslippene. Det vil også være insentiver for å designe med tanke på ombruk, slik at noen andre får ansvar for utslippene knyttet til slutfasen. Samtidig er som regel ikke disse utslippene så høye sammenlignet med besparelsen knyttet til å ta i bruk brukte materialer, så for mange vil nok ikke dette være spesielt viktig. Ved bruk av “End of life”-metoden vil det være svært gode insentiver for å designe for demontering og ombruk, slik at materialene kan bli solgt videre etter bruk. Ved videresalg går ansvaret for både produksjonsutslipp og utslipp knyttet til slutfase videre til neste bygg. Samtidig vil det være en høyere terskel for andre aktører å ta i bruk disse materialene, for dersom de ikke brukes på nytt senere sitter disse eierne igjen som ansvarlige for utslippene. Hvilken metode som bør velges

avhenger derfor av hva det er ønskelig å oppfordre til. Er målet å få flere til å ta i bruk ombrukte materialer vil “Cut-off” være mest gunstig, men om det er ønskelig å fokusere på design for ombruk vil “End of life” være å foretrekke.

I kapittel 2.3 er også allokeringsmetoden “Distributed” omtalt. Opprinnelig var det også et ønske om å gjennomføre klimagassberegningene ved bruk av denne allokeringsmetoden, men mangel på kunnskap om materialenes levetid gjorde dette vanskelig. Metoden krever kunnskap om levetiden, og er derfor vanskelig å bruke i praksis. Det vil da ikke være mulig å fastsette utslippene knyttet til et bygg før materialene har endt sin levetid. Samtidig virker kanskje denne metoden som den mest rettferdige, da utslippene her deles likt mellom alle byggene. Ved bruk av denne metoden vil alle byggene få lavere klimagassutslipp ved at materialene brukes så mange ganger som mulig. På denne måten oppfordres hver av eierne til å ta godt vare på materialene, slik at de kan brukes i så mange bygg som mulig, og hvert bygg får lavest mulig utslipp. Det oppfordres derfor både til å ta i bruk brukte materialer og videreselge til andre prosjekter.

Som omtalt i kapittel 2.3 er det ikke faste regler for hvilken allokeringsmetode som anvendes. Dette fører til usikkerheter rundt klimafotavtrykket til bygg og det kan argumenteres for ulike resultater når det kommer til ombruk. Dette er med på å skape en forvirring rundt ombruk i et klimaperspektiv. Samtidig er det vanskelig å lage en regel for hvilken allokeringsmetode som er den riktige og da fastsette hvordan utslippene skal fordeles.

## 6.4 Barrierer for ombruk

I samtalene med aktørene som er omtalt i kapittel 4 kommer det frem at de alle er optimistiske med tanke på ombruk, samtidig trekkes det frem noen utfordringer knyttet til å oppnå en høyere ombruksgrad. Aase i Norsk Stål la blant annet vekt på at den største utfordringen knyttet til ombruk er økonomi, da det er en stor kostnad knyttet til demontering istedenfor riving. Samtidig trakk han frem at det er sannsynlig at det i fremtiden blir mulig å demontere på mer effektive måter enn det er i dag. Bunkholt fra Treindustrien var enig i at økonomi som et stort hinder for ombruk. Tycho fra Oslo tre bekreftet også de økonomiske barrierene, og trakk frem at det i forbindelse med prosjektet HasleTre hadde vært en del økte kostnader. Disse var knyttet til blant annet planleggingsfasen, samtidig ble byggefasen mer effektiv enn tidligere og dermed mindre kostbar. Totalt sett er det tydelig at økonomi er en viktig faktor på flere plan når det kommer til ombruk. Det at det er dyrere å demontere enn å rive og kjøpe nye materialer er et stort problem. På

denne måten er det ikke økonomiske insentiver for å ombruk, noe som fører til at mange ikke velger dette. Økonomi er en stor driver i samfunnet, og uten andre krav vil ofte de billigste alternativene bli valgt. Dette kan bedres på flere måter. En mulighet er økonomiske insentiver som oppfordrer til mer ombruk. Enova har blant annet en støtteordning som har som mål å bidra til tilgjengeliggjøring av ombruksmaterialer og til økt kunnskap om ombruk og ressurseffektivitet i markedet (Enova u.å.). En annen mulighet for å gjøre ombruk mer økonomisk lønnsomt er å fokusere på design for demontering som gjør montering/demontering mer effektivt. Som Tycho nevnte hadde dette økte kostnader i prosjekteringsfasen, men moteringen var enklere og mer effektiv enn ved vanlig byggemetode. Ved å gjøre denne byggemetoden mer vanlig vil prosjekteringen bli mer effektiv, og det vil være økonomiske besparelser knyttet til montering og demontering.

I tillegg til økonomiske insentiver vil også lover og krav kunne ha stor innvirkning på materialvalg. Det er pågående debatter om hvilke ombrukskrav som bør innføres. I en artikkel publisert av E24 kommer det frem at det er ulike meninger om dette blant politikerne (Bergvall 2023). Det er enighet om at ombruk bør bli mer utbredt, men hvordan dette skal gjøres fra er det uenigheter rundt. Det trekkes blant annet frem at markedet er for umodent og at disse kravene derfor må komme fra utbygger selv. Som motargument beskrives dette som en “høna eller egget”-situasjon, og det legges vekt på at bransjen ikke vil modnes om det ikke stilles krav. Dette er en vanskelig problemstilling, men det er tydelig at politiske krav vil kunne ha en stor påvirkning på hvordan bransjen utvikler seg. Om det stilles krav fra politikerne vil det ikke lenger være mulig å velge billigere løsninger med høye utslipp, og den økte kostnaden som omtal ovenfor er lettere å innfinne seg med.

Andre barrierer som særlig ble trukket frem i litteraturen omtalt i kapittel 2.6 var logistikk og tilgjengelighet. Flere har erfart at det er vanskelig å vite hvilke materialer som er tilgjengelige på hvilket tidspunkt, samt at ønskede materialer ikke er tilgjengelige når det er behov for dem. Dette kan føre til økte kostnader i form av f.eks. lagerkostnader. Dette trekkes frem i rapporten fra Sintef omtalt i kapittel 2.6. Her skrives de også blant annet at markedet er umodent. Det er for lite kunnskap, samt mye usikkerhet blant aktører i bransjen. Risikoen ved å ta i bruk ombruksmaterialer er ukjent og erfaringen rundt det å bygge med ombrukte materialer, samt å demontere er liten. Samtidig er det tydelig at det er behov for en omstilling, selv om dette kan være utfordrende for en bransje som tidligere har blitt sett på som ganske konservativ. I en annen artikkel omtalt i kapittel 2.6 ble behovet for eksterne aktører for ombruk omtalt. Med dette menes det at det er behov



for plattformer hvor det er mulig å få en oversikt over tilgjengelige materialer, samt kvitte seg med egne. Dette er noe flere har hatt fokus på de siste årene. Eksempler på dette er Ombygg og Loopfront. Ombygg er et byggevarehus med brukte byggevarer (Ombygg u.å.). Her leveres brukte byggematerialer for så å selges videre. Det er også muligheter for lagring av egne materialer for å så ta de i bruk selv senere. Loopfront er en digital ombruksplattform som blant annet skal gjøre det enklere å få oversikt over materialer som er tilgjengelig for ombruk, samt bidra til bedre samarbeid mellom ulike aktører (Loopfront u.å.). Aktører som disse viser at det er et marked for ombruksmaterialer, samt at det er mulig å finne tilgjengelige materialer. Samtidig avhenger det av at mange tar plattformene i bruk, slik at mengden tilgjengelig materiale øker. For å få til dette er det viktig med drivkrefter som økonomi og politikk, som omtalt ovenfor.

Fra samtalene omtalt i kapittel 4 kommer det også frem noen spesifikke barrierer knyttet til ombruk av bæresystemer. Hovedpunktene som trekkes frem her er festemetoder og andre materialer. Hvordan elementene i bæresystemene er festet sammen har mye å si for hvor lett det er å demontere dem og ombruke materialene. For eksempel er treelementer som regel festet med skruer og spikre, og hulldekker krever avretting. Dette er noe som gjør det mer utfordrende å ombruke materialene. Tycho fra Oslo tre påpekte i samtalen at jo nærmere elementene er sin originale form, og jo mindre bearbeidet de er, jo enklere er det å ombruke dem. Dette er noe av tanken bak konseptet med “tre mot tre”-forbindelser, hvor treelementer festes uten andre materialer, på denne måten vil de være lette å demontere og bruke på nytt. Dette vil føre til mindre skader på materialene. Det er tydelig at det er behov for løsninger som dette. I tillegg påpekes det i kapittel 2.2 at en løsning vil være å ombruke hele moduler heller enn enkelte materialer. På denne måten er det ikke nødvendig å fjerne festene, men heller ombruke alt direkte. Dette vil også kunne være en svært effektiv løsning både med tanke på montering og demontering, samt prosjektering. For at dette skal være gjennomførbart kreves en standardisert byggemåte og bygningsstruktur.

## **6.5 Redusere klimagassutslipp nå**

Som beskrevet i kapittel 1.1 er det et mål om å redusere klimagassutslippene i Norge med 50-55% innen 2030, samt at EU skal bli klimanøytrale innen 2050. For å nå disse målene må det fokuseres på å redusere utslipp så fort som mulig. Innen ombruk fokuseres det mye på hvordan materialene som det bygges med i dag skal være mulig å ombruke i fremtiden, som ved design for demontering. Dette vil redusere utslippene på langsiktig basis, når

byggene skal demonteres og materialene brukes i nye bygg. Byggene som bygges i dag vil demonteres/rives lenge etter 2030 og 2050, og en slik strategi vil derfor ikke bidra til å nå dette målet. I tillegg vil design for demontering kunne føre til høyere utslipp enn det ville vært ved ordinær byggemåte. For at målet skal nås er det derimot viktig å redusere klimagassutslippene nå. Dette innebærer at det heller bør fokuseres på å ta i bruk allerede brukte materialer i byggene som brukes i dag, og redusere behovet for nye materialer så fort som mulig. Ideelt sett bør byggene i dag designes for demontering, samtidig som de bygges med ombrukte materialer. Samtidig er ikke byggene som rives/demonteres i dag tilrettelagt for ombruk, noe som betyr at materialene som er brukt i disse byggene kan være skadet eller av andre årsaker uegnet for ombruk. Et godt alternativ vil være å ombruke den bygningsmassen som allerede eksisterer, og heller bygge om til ønsket bruksområde. Et eksempel på dette er studentsiloen som ble presentert i kapittel 2.2. Her ble hele konstruksjonen bevart, mens bruksområdet ble gjort om fra en kornsilo til studentboliger. På denne måten er det ikke nødvendig å separere elementene fra hverandre, og unødvendige skader knyttet til demontering unngås.

## 6.6 Svar på forskningsspørsmålene

I kapittel 1.2.1 ble oppgavens forskningsspørsmål presentert. Her følger en oppsummering av funnene.

Hvilke klimagassbesparelser er knyttet til ombruk av bæresystemer bestående av ulike materialer?

Ombruk av bæresystemer vil kunne bidra med store klimagassbesparelser. Hvor store besparelsene er avhenger derimot av mange ulike faktorer. Blant annet har det mye å si hvordan klimagassutslippene allokteres ved ombruk. I oppgaven er beregningene gjennomført med to ulike tilnærminger “Cut-off” og “End of life”. Disse metodene har mye å si for den første og den siste syklusen, da utslippene knyttet til produksjon og slutfase fordeles ulikt mellom disse. Utslippene knyttet til de midterste byggene er like for begge de to allokeringemetodene. Her regnes det kun inn utslipp knyttet til byggefasen i tillegg til hele livsløpet til elementer som må brukes nytt i hvert bygg. Beregningene viser at bæresystemene til disse byggene utgjør mellom 5% og 43% av et tilsvarende nytt bæresystem. Det vises at massivtredekker med søyler/bjelker av stål har det største potensialet knyttet til klimagassreduksjon og hulldekker med søyler/bjelker av betong det laveste. Generelt sett viser resultatene at uavhengig av ombruk eller ikke vil bæresystemene med

massivtredekker ha lavere utslipp enn bæresystemene med hulldekker.

### Hvilke materialer, brukt i bæresystemer, egner seg best for ombruk?

Informasjonen innenhet gjennom arbeidet med oppgaven viser at både stål, tre og betong er svært egnet for ombruk, så lenge materialene håndteres på riktig måte. Både stål og betong er utslippstunge materialer som med stor fordel bør ombrukes, sett i et klimaperspektiv. Tre er et skjørere materiale, og vil lettere kunne bli skadet ved for eksempel riving. Samtidig legger alle som ble snakket med innenfor treindustrien stor vekt på at tre er et materiale velegnet for ombruk, så lenge det behandles på riktig måte. I tillegg trekkes viktigheten av riktige festemåter frem, for å sikre enkel demontering uten skader. Gode festemåter trekkes også frem som avgjørende med tanke på betong. Det er tydelig at det fortsatt er en del usikkerheter knyttet til ombruk av ulike materialer, og at det per dags dato prøves ut nye løsninger for å få materialene til å kunne brukes så lenge som mulig. Mange av metodene og materialene som benyttes i dag er såpass nye at det er vanskelig å vite hvor lenge de vil holde. Men ut ifra det som er kjent på nåværende tidspunkt vil det være fullt mulig å ombruke både stål, betong og tre i lang, lang tid.

### Hva må til for å gjøre ombruk av bæresystemer enklere og mer utbredt?

Det er tydelig at ombruk av byggematerialer er viktig med tanke på klimapåvirkningen i fremtiden. Som nevnt ovenfor er aktørene optimistiske med tanke på ombruk av både stål, betong og tre i fremtiden, men legger vekt på at byggemetodene må endres og at det må rettes et nytt fokus. Spesielt trekkes det frem at festene mellom materialene må endres for å gjøre demonteringen lettere og tilrettelegge for videre ombruk. For å oppnå dette har det blitt mer fokus på design for ombruk. Generelt handler dette om bevisstgjøring og langsiktig planlegging. Ved å designe for demontering vil materialene lett kunne tas fra hverandre uten betydelige skader og da fint kunne brukes på nytt. Problemet med mange allerede eksisterende bygg er at de er vanskelige å demontere, siden de ikke er bygd med tanke på dette. Demontering av slike bygg blir raskt en svært kostbar prosess, da det tar lang tid og krever en del kunnskap. I tillegg er som regel ikke all nødvendig informasjon om materialene tilgjengelig og omfattende testing er nødvendig. Økonomi trekkes frem som en svært avgjørende barriere når det kommer til ombruk. Mangel på økonomiske insentiver gjør at ombruk ofte blir valgt bort, da det er billigere å kjøpe nye materialer. Økonomisk støtte og nasjonale krav vil i stor grad kunne bidra til økt ombruk.

## 6.7 Videre arbeid

Det er tydelig at byggenæringen er i en omstillingsfase med tanke på en overgang fra lineær til sirkulær økonomi. Fokuset på ombruk øker og flere aktører tar del i omstillingen. Samtidig bærer situasjonen preg av mangel på kunnskap og manglende insentiver for ombruk. For å utdype det som er gjort i oppgaven ville det vært ønskelig å innhente mer informasjon rundt ombruksmulighetene til materialene. Det kunne vært nyttig å snakke med flere aktører i bransjen for å samle mer informasjon rundt materialenes potensielle levetider, samt ombruksmuligheter. Ved mer kunnskap og informasjon om dette vil det kanskje være mulig å fordele utslippene med andre allokeringmetoder, noe som hadde vært interessant å se. I tillegg kunne det vært nyttig å utvide studien med flere materialer og elementer for å se et større bilde. I oppgaven er det kun sett på klimagassutslipp. Ved videre arbeid kunne det vært interessant å også se på andre miljøfaktorer.

## 7 Konklusjon

I oppgaven er det studert seks ulike bæresystemer bestående av ulike kombinasjoner av materialene stål, betong og tre. Stål er et robust materiale som er godt egnet for ombruk. I tillegg er det svært energikrevende å produsere, noe som gjør ombruk svært fordelaktig i et klimaperspektiv. Betong er et massivt materiale som i stor grad er mulig å ombruke, også med god lønnsomhet. Tre er et noe skjørere materiale og kan lettere bli skadet i forbindelse med for eksempel demontering, men riktig håndtering vil gi også tre gode ombruksmuligheter. Informasjonen som er bearbeidet i oppgaven viser at både stål, betong og tre egner seg godt for ombruk, men at lønnsomt ombruk er avhengig av tilrettelegging og andre faktorer.

Klimagassberegningene gjort i oppgaven viser at alternativene med massivtredekker på massivtrevegger eller søyler/bjelker av limtre er alternativene som klart har lavest klimapåvirkning. Alternativet med den høyeste klimapåvirkningen er alternativet som består av hulldekker på søyler/bjelker av stål. Resultatene er som forventet sammenlignet med andre studier. Når det kommer til beregninger med tanke på ombruk er det flere usikkerheter som har innvirkninger på resultatene. For det første er det ikke en fasit på hvordan klimagassutslippene skal fordeles ved ombruk. Bør utslippene fordeles likt mellom alle bygg, tildeles bygget der de oppstår, eller fordeles på andre måter? Beregningene i oppgaven er gjort med metodene “Cut-off” og “End of life”. Resultatene viser at klimagassutslippene til bæresystemene for de midterste byggene i materialenes levetid utgjør mellom 5% og 43% av et tilsvarende nytt bæresystem. Den største besparelsen er knyttet til massivtredekker på søyler/bjelker av stål, mens den laveste besparelsen er knyttet til hulldekker på søyler/bjelker av betong. Resultatene viser stor klimagevinst ved ombruk av stål, grunnet høye produksjonsutslipp. Produksjonsutslippene utgjør majoriteten av utslippene, og hvor disse fordeles kan ha mye å si for hvilke valg som tas med tanke på ombruk.

For å nå klimamålene er det nødvendig med endringer i byggebransjen. Det vil være viktig å øke ombruksgraden og bidra til en sirkulær økonomi. Per dags dato er det flere hindre i utviklingen, og økonomi trekkes fremsom et av de viktigste. Det å demontere bygg, kartlegge potensiale, lagre og teste er kostbart, og vil som regel være dyrere enn å kjøpe nye materialer. Det er behov for løsninger som gjør dette lettere, noe som det også jobbes med. Flere aktører er på banen innen feltet og det er tydelig at fokuset på ombruk øker. Gjennom arbeidet er det sett at det er gode ombruksmuligheter for bæresystemer av ulike materialer, og mye tyder på at dette vil vises i stor grad i fremtiden.

# Referanser

- Allacker, K. mfl. (jul. 2014). «Allocation solutions for secondary material production and end of life recovery: Proposals for product policy initiatives». en. I: *Resources, Conservation and Recycling* 88, s. 1–12. ISSN: 0921-3449. DOI: 10.1016/j.resconrec.2014.03.016. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344914000834> (sjekket 07.02.2023).
- Anastasiades, K. mfl. (17. des. 2021). «Barriers for the circular reuse of steel in the Belgian construction sector: an industry-wide perspective». I: URL: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/epdf/10.1680/jmapl.21.00044> (sjekket 16.02.2023).
- AS Rockwool (25. okt. 2013). *Environmental Product Declaration, Rockwool isolering*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/136602-1539341644/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD-00131E\\_rev1\\_ROCKWOOL-isolering.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/136602-1539341644/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD-00131E_rev1_ROCKWOOL-isolering.pdf) (sjekket 08.03.2023).
- AS Vågsøy Ferdigbetong (20. feb. 2023). *Environmental Product Declaration, B35 M40 AUV*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1330805-1676900455/EPDer/Byggevarer/Ferdig\%20betong/NEPD-4222-3442\\_B35-M40-AUV\%281\%29.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1330805-1676900455/EPDer/Byggevarer/Ferdig\%20betong/NEPD-4222-3442_B35-M40-AUV\%281\%29.pdf) (sjekket 09.03.2023).
- Asplan Viak (14. mai 2019). *Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp*. URL: [https://www.bnl.no/sites/eassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp\\_bae\\_2019.pdf](https://www.bnl.no/sites/eassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf) (sjekket 22.11.2022).
- Bergvall, A. S. L. (23. mar. 2023). «Høyre vil ha krav til ombruk i alle nye bygg. -Regjeringen setter foten på bremsen for den grønne omstillingen». I: *E24*. URL: <https://e24.no/energi-og-klima/i/08abq1/hoeyre-vil-ha-krav-til-ombruk-i-alle-nye-bygg-regjeringen-setter-foten-paa-bremsen-for-den-groenne-omstillingen> (sjekket 21.05.2023).
- Bertin, I. mfl. (mai 2022). «Environmental impacts of Design for Reuse practices in the building sector». en. I: *Journal of Cleaner Production* 349, s. 131228. ISSN: 0959-6526. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.131228. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622008599> (sjekket 31.01.2023).
- Betong Norge (u.å.). *Om Betong Norge - Betongelementforening*. URL: <https://www.betong.no/om-oss/> (sjekket 10.05.2023).
- Blanderiet AS (26. mar. 2021). *Environmental Product Declaration, Betong B35 Lavkarbon A*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317934-1616755489/EPDer/Byggevarer/Ferdig\%20betong/NEPD-2749-1446\\_Betong-B35-Lavkarbon-A.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317934-1616755489/EPDer/Byggevarer/Ferdig\%20betong/NEPD-2749-1446_Betong-B35-Lavkarbon-A.pdf) (sjekket 09.03.2023).
- Britannica (2020). *Structural system*. URL: <https://www.britannica.com/technology/structural-system> (sjekket 04.06.2023).
- Brütting, J., C. De Wolf og C. Fivet (jan. 2019). «The reuse of load-bearing components». en. I: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 225.1. Publisher: IOP Publishing, s. 012025. ISSN: 1755-1315. DOI: 10.1088/1755-1315/225/1/012025. URL: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012025> (sjekket 25.01.2023).
- Cao, Z. mfl. (jul. 2020). «The sponge effect and carbon emission mitigation potentials of the global cement cycle». en. I: *Nature Communications* 11.1. Number: 1 Publisher: Nature Publishing Group, s. 3777. ISSN: 2041-1723. DOI: 10.1038/s41467-020-17583-w. URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-17583-w> (sjekket 07.06.2023).

- Cross Timber Systems Ltd. (14. mar. 2017). *Environmental Product Declaration, Cross laminated timber panels*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/137187-1489474635/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1269-410\\_Cross-laminated-timber-panels.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/137187-1489474635/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1269-410_Cross-laminated-timber-panels.pdf) (sjekket 07.03.2023).
- Dalen, L. S. (25. nov. 2019). *Ommat og ommat - samarbeid for økt ombruk og gjenvinning av treavfall*. URL: <https://www.nibio.no/nyheter/ommat-og-ommat-samarbeid-for-okt-ombruk-og-gjenvinning-av-treavfall> (sjekket 20.02.2023).
- De Wolf, C., E. Hoxha og C. Fivet (okt. 2020). «Comparison of environmental assessment methods when reusing building components: A case study». en. I: *Sustainable Cities and Society* 61, s. 102322. ISSN: 2210-6707. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102322. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670720305436> (sjekket 06.02.2023).
- DKFB AS (17. feb. 2023). *Environmental Product Declaration, Betong B35 M45 sl180 Dmax 22 Lavkarbon KL.B*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1330763-1676640302/EPDer/Byggevarer/Ferdig\%20betong/NEPD-4209-3432\\_B35-M45-sl180-Dmax-22--Lavkarbo-KL-B.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1330763-1676640302/EPDer/Byggevarer/Ferdig\%20betong/NEPD-4209-3432_B35-M45-sl180-Dmax-22--Lavkarbo-KL-B.pdf) (sjekket 09.03.2023).
- Eidum, E.V. (10. apr. 2019). *Får 14 mill. til forskning på gjenvinning av betong*. URL: [https://uit.no/nyheter/artikkel?p\\_document\\_id=625603&p\\_dim=265634](https://uit.no/nyheter/artikkel?p_document_id=625603&p_dim=265634) (sjekket 22.02.2023).
- Element NOR AS (18. mar. 2020). *Environmental Product Declaration, Hulldekke B45M40*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1312841-1584538169/EPDer/Byggevarer/Betongvarer/NEPD-2098-946\\_Hulldekke-B45M40\%281\%29.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1312841-1584538169/EPDer/Byggevarer/Betongvarer/NEPD-2098-946_Hulldekke-B45M40\%281\%29.pdf) (sjekket 10.03.2023).
- Enova (u.å.). *Prosjektering for ombruk*. URL: <https://www.enova.no/bedrift/bygg-og-eiendom/prosjektering-for-ombruk/> (sjekket 21.05.2023).
- European Commission (u.å.). *2050 long-term strategy*. URL: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en) (sjekket 06.06.2023).
- European Parliament (24. mai 2023). *Circular economy: definition, importance and benefits*. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201ST005603/circular-economy-definition-importance-and-benefits> (sjekket 01.06.2022).
- Fivet, C. (jan. 2019). «Design of Load-Bearing Systems for Open-Ended Downstream Reuse». en. I: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 225.1. Publisher: IOP Publishing, s. 012031. ISSN: 1755-1315. DOI: 10.1088/1755-1315/225/1/012031. URL: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012031> (sjekket 25.01.2023).
- Fuglseth, M. mfl. (16. okt. 2020). *Klimavennlige byggematerialer, Potensial for utslippskutt og barrierer mot bruk*.
- Gerilla, G. P., K. Teknomo og K. Hokao (jul. 2007). «An environmental assessment of wood and steel reinforced concrete housing construction». en. I: *Building and Environment* 42.7, s. 2778–2784. ISSN: 0360-1323. DOI: 10.1016/j.buildenv.2006.07.021. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306002010> (sjekket 28.02.2023).
- GlobalABC (2022). *2022 Global Status Report for Buildings and Construction*.
- Grønmo, S. (jan. 2023a). *kvalitativ metode*. no. URL: [https://snl.no/kvalitativ\\_metode](https://snl.no/kvalitativ_metode) (sjekket 01.06.2023).
- (jan. 2023b). *kvantitativ metode*. no. URL: [https://snl.no/kvantitativ\\_metode](https://snl.no/kvantitativ_metode) (sjekket 01.06.2023).

- Guardigli, L. (jan. 2014). «17 - Comparing the environmental impact of reinforced concrete and wooden structures». en. I: *Eco-efficient Construction and Building Materials*. Red. av F. Pacheco-Torgal mfl. Woodhead Publishing, s. 407–433. ISBN: 978-0-85709-767-5. DOI: 10.1533/9780857097729.3.407. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857097675500170> (sjekket 28.02.2023).
- Guggemos, A. A. og A. Horvath (jun. 2005). «Comparison of Environmental Effects of Steel- and Concrete-Framed Buildings». EN. I: *Journal of Infrastructure Systems* 11.2. Publisher: American Society of Civil Engineers, s. 93–101. ISSN: 1076-0342. DOI: 10.1061/(ASCE)1076-0342(2005)11:2(93). URL: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%291076-0342%282005%2911%3A2%2893%29> (sjekket 31.01.2023).
- Holm, L. (1. nov. 2021). *sirkTre: Kjempeprosjekt for ombruk av trevirke*. URL: <https://www.fremtiden-sbygg.no/sirktre-kjempeprosjekt-for-ombruk-av-trevirke/> (sjekket 20.02.2023).
- Holmen Wood Products AB (13. mar. 2019). *Environmental Product Declaration, KL-tre*. URL: [https://www.holmen.com/globalassets/travaror/certifikat-och-markning/nepd-345-236-no\\_kl-tre.pdf](https://www.holmen.com/globalassets/travaror/certifikat-och-markning/nepd-345-236-no_kl-tre.pdf) (sjekket 07.03.2023).
- (26. apr. 2021). *Environmental Product Declaration, Limtre*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1318352-1619441282/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-2783-1438\\_Limtre.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1318352-1619441282/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-2783-1438_Limtre.pdf) (sjekket 08.03.2023).
- «Environmental Benefits when Reusing Load-Bearing Components in Office Buildings» (2018). «Environmental Benefits when Reusing Load-Bearing Components in Office Buildings: A Case Study». I: *Proceedings of the PLEA 2018 Conference*. Red. av E. Hoxha og C. Fivet. Meeting Name: 34th PLEA Conference, 'Smart & Healthy within the 2 degree limit'.
- Høiby, L og H Sand (8. mar. 2018). *Circular economy in the Nordic construction sector: Identification and assessment of potential policy instruments that can accelerate a transition toward a circular economy*.
- Klima- og miljødepartementet (22. okt. 2021). *Klimaendringer og norsk klimapolitikk*. URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> (sjekket 22.11.2022).
- Knoth, K., S. M. Fufa og E. Seilskjær (feb. 2022). «Barriers, success factors, and perspectives for the reuse of construction products in Norway». en. I: *Journal of Cleaner Production* 337, s. 130494. ISSN: 0959-6526. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.130494. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622001378> (sjekket 23.11.2022).
- Lausselet, Carine mfl. (2023). «Methods to Account for Design for Disassembly: Status of the Building Sector». I: *Buildings* 13.4. ISSN: 2075-5309. DOI: 10.3390/buildings13041012. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/4/1012> (sjekket 01.06.2023).
- Leland, B. N. (2008). «Prosjektering for ombruk og gjenvinning». I: URL: [https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/10/26\\_Prosjektering-for-Ombruk-og-Gjenvinning.pdf](https://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/10/26_Prosjektering-for-Ombruk-og-Gjenvinning.pdf) (sjekket 21.02.2023).
- Loopfront (u.å.). *Ombruk gjort lett og lønnsomt*. URL: <https://www.loopfront.com/no/produkt> (sjekket 21.05.2023).



- Moelven Limtre AS (2. jul. 2018). *Environmental Product Declaration, Standard limtrebjelke*. URL: [http://www.epd-norge.no/getfile.php/139068-1530528866/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1576-605\\_Standard-limtrebjelke.pdf](http://www.epd-norge.no/getfile.php/139068-1530528866/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1576-605_Standard-limtrebjelke.pdf) (sjekket 08.03.2023).
- Nordby, A. S. (2019). «Barriers and opportunities to reuse building materials in the Norwegian construction sector». I: URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/225/1/012061/pdf> (sjekket 12.12.2022).
- Norgips Norge AS (20. apr. 2020a). *Environmental Product Declaration, Norgips Fireboard/Brann type DF*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1313227-1587455162/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-2140-966\\_Norgips-Fireboard-Brann-type-DF--BRN-.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1313227-1587455162/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-2140-966_Norgips-Fireboard-Brann-type-DF--BRN-.pdf) (sjekket 08.03.2023).
- (20. apr. 2020b). *Environmental Product Declaration, Norgips Hardboard/Hard type IR*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1313212-1587454031/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-2137-966\\_Norgips-Hardboard-Hard-type-IR.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1313212-1587454031/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-2137-966_Norgips-Hardboard-Hard-type-IR.pdf) (sjekket 08.03.2023).
- Norsk Stål (u.å.). *Enorme klimagevinster med ombruksstål*. URL: <https://www.norskstaal.no/miljoe-metall/ombruksstaal> (sjekket 20.02.2023).
- Norsk Stål AS (9. nov. 2020a). *Environmental Product Declaration, Kaldformet Hulprofil*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316041-1604945696/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2525-1263\\_Kaldformet-Hulprofil.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316041-1604945696/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2525-1263_Kaldformet-Hulprofil.pdf) (sjekket 10.03.2023).
- (9. nov. 2020b). *Environmental Product Declaration, Varmformet hulprofil*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316023-1604945175/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2522-1261\\_Varmformet-hulprofil.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316023-1604945175/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2522-1261_Varmformet-hulprofil.pdf) (sjekket 10.03.2023).
- Norsk Treteknisk Institutt (u.å.). *Om oss*. URL: <https://www.treteknisk.no/om-oss> (sjekket 11.05.2023).
- Ombygg (u.å.). *Om oss*. URL: <https://www.ombygg.no/om-ombygg> (sjekket 21.05.2023).
- Oslo tre (u.å.). *About*. URL: <https://www.oslotre.no/about/> (sjekket 11.05.2023).
- Overhalla Betongbygg AS (1. okt. 2021). *Environmental Product Declaration, Hulldekke*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1320963-1633101389/EPDer/Byggevarer/Betongvarer/NEPD-3086-1749\\_Hulldekke.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1320963-1633101389/EPDer/Byggevarer/Betongvarer/NEPD-3086-1749_Hulldekke.pdf) (sjekket 10.03.2023).
- Pongiglione, M. og C. Calderini (2014). «Material savings through structural steel reuse: A case study in Genoa». I: *Resources, Conservation and Recycling* 86, s. 87–92. ISSN: 0921-3449. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.02.011>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344914000561> (sjekket 04.06.2023).
- Regjeringen (2021). *Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi*.
- Rockwool Nordics (25. jan. 2023). *Environmental Product Declaration, Rockwool Conlit 150 for the Norwegian market*. URL: <https://p-cdn.rockwool.com/syssiteassets/o2-rockwool/dokumentasjon-og-sertifikater/dokumentasjon/epd-miljodeklarasjon/epd-55718-rockwool-conlit-150-for-the-norwegian-market.pdf?f=20230125092112> (sjekket 26.04.2023).
- Salama, W. (des. 2017). «Design of concrete buildings for disassembly: An explorative review». en. I: *International Journal of Sustainable Built Environment* 6.2, s. 617–635. ISSN: 2212-6090. DOI: 10.1016/j.ijbsbe.2017.03.005. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609016301741> (sjekket 28.02.2023).

- Sandberg, E. og A. K. Kvellheim (1. nov. 2021). *Ombruk av byggematerialer - marked, drivere og barrierer*. Serrano, T. mfl. (18. aug. 2021). «Contribution of circular economy strategies to climate change mitigation: Generic assessment methodology with focus on developing countries». I: URL: <https://online.library.wiley.com/doi/full/10.1111/jieec.13178> (sjekket 01.06.2023).
- Skanska (4. nov. 2022). *Oslo Storbylegevakt*. URL: <https://www.skanska.no/hva-vi-gjor/bygg/helsebygg/oslo-storbylegevakt/> (sjekket 12.12.2022).
- Skanska AS Stålfabrikken (20. jul. 2022). *Environmental Product Declaration, Stålbjelker I, H, U, L og T*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1325027-1658305363/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-3640-2559\\_Stalbjelker-I--H--U--L-og-T.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1325027-1658305363/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-3640-2559_Stalbjelker-I--H--U--L-og-T.pdf) (sjekket 10.03.2023).
- Sovacool, B. K., J. Axsen og S. Sorrell (nov. 2018). «Promoting novelty, rigor, and style in energy social science: Towards codes of practice for appropriate methods and research design». en. I: *Energy Research & Social Science*. Special Issue on the Problems of Methods in Climate and Energy Research 45, s. 12–42. ISSN: 2214-6296. DOI: 10.1016/j.erss.2018.07.007. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629618307230> (sjekket 01.06.2023).
- Spenncon AS (25. mai 2021). *Environmental Product Declaration, Spenncon Hulldekke Miljø*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1318853-1624273968/EPDer/Byggevarer/Betongvarer/NEPD-2854-1547\\_Spenncon-Hulldekke.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1318853-1624273968/EPDer/Byggevarer/Betongvarer/NEPD-2854-1547_Spenncon-Hulldekke.pdf) (sjekket 10.03.2023).
- Splitkon AS (24. mar. 2020). *Environmental Product Declaration, Krysslimt tre*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1313009-1585216652/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-2042-902\\_Krysslimt-tre.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1313009-1585216652/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-2042-902_Krysslimt-tre.pdf) (sjekket 07.03.2023).
- Standard Norge (2010). *Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer (ISO 14025:2006)*. URL: <https://handle.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=474248> (sjekket 04.06.2023).
- (2018). *Metode for klimagassberegninger for bygninger (NS 3720:2018)*. URL: <https://handle.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=992162> (sjekket 04.06.2023).
- (2022). *Hulldekker av betong til ombruk (NS 3682:2022)*. URL: <https://handle.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1407012> (sjekket 04.06.2023).
- Stena Stål AB (9. feb. 2021). *Environmental Product Declaration, Steel Beams*. URL: <https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/d2a52fc9-086a-45b6-030c-08d8f01e26c9/Data> (sjekket 26.04.2023).
- Struble, L. og J. Godfrey (2004). «How sustainable is concrete?» I: URL: <https://publications.iowa.gov/2941/1/SustainableConcreteWorkshop.pdf#page=212> (sjekket 24.02.2023).
- Sylteosen Betong AS (16. nov. 2020). *Environmental Product Declaration, Ferdigbetong B35 M45 D22*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316114-1605535804/EPDer/Byggevarer/Ferdigbetong/NEPD-2541-1276\\_Ferdigbetong-B35-M45-D22.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316114-1605535804/EPDer/Byggevarer/Ferdigbetong/NEPD-2541-1276_Ferdigbetong-B35-M45-D22.pdf) (sjekket 09.03.2023).
- Södra (14. des. 2020). *Environmental Product Declaration, CLT (Cross Laminated Timber)*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316508-1607949248/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-2587-1314\\_CLT--Cross-Laminated-Timber-.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316508-1607949248/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-2587-1314_CLT--Cross-Laminated-Timber-.pdf) (sjekket 07.03.2023).

- Sørnes, K. mfl. (2014). *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. nob. Accepted: 2015-11-22T14:04:40Z  
ISSN: 1894-1583. SINTEF akademisk forlag. ISBN: 978-82-536-1385-7. URL: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2365072> (sjekket 05.12.2022).
- Tibnor (5. des. 2021a). *Environmental Product Declaration, Kaldformede hulprofiler*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317123-1612527617/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2662-1369\\_KALDFORMEDE-HULPROFILER.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317123-1612527617/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2662-1369_KALDFORMEDE-HULPROFILER.pdf) (sjekket 26.04.2023).
- (5. feb. 2021b). *Environmental Product Declaration, Stålbjelker HEA, HEB, UPE, UNP og IPE (ST)*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317117-1612527431/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2661-1336\\_Stalbjelker-HEA--HEB--UPE--UNP-og-IPE--ST--.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317117-1612527431/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2661-1336_Stalbjelker-HEA--HEB--UPE--UNP-og-IPE--ST--.pdf) (sjekket 10.03.2023).
- Tingley, D. D., S. Cooper og J. Cullen (apr. 2017). «Understanding and overcoming the barriers to structural steel reuse, a UK perspective». en. I: *Journal of Cleaner Production* 148, s. 642–652. ISSN: 0959-6526. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.02.006. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261730210X> (sjekket 22.02.2023).
- TreFokus (u.å.). *Om oss*. URL: <http://www.trefokus.no/om-oss> (sjekket 05.06.2023).
- Uab Jurés Medis (4. jul. 2021). *Environmental Product Declaration, Glued laminated timber*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1318062-1618230802/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-2764-1460\\_Glued-laminated-timber.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1318062-1618230802/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-2764-1460_Glued-laminated-timber.pdf) (sjekket 07.03.2023).
- UNFCCC (u.å.). *The paris agreement*. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement> (sjekket 22.05.2023).
- Vik Ørsta AS (27. nov. 2020). *Environmental Product Declaration, Kamstålbolt M16 x 1000 mm - B500NC CombiCoat*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316353-1606724026/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2562-1295\\_Kamstalbolt-M16-x-1000-mm---B500NC-CombiCoat--.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316353-1606724026/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2562-1295_Kamstalbolt-M16-x-1000-mm---B500NC-CombiCoat--.pdf) (sjekket 10.03.2023).
- (9. feb. 2021). *Environmental Product Declaration, Kamstål Ø 25 x [meter bolt] ugjenget - B500NC CombiCoat*. URL: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317276-1612880223/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2680-1379\\_Kamstal-Ø25-x--meter-bolt--ugjenget---B500NC-CombiCoat--.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317276-1612880223/EPDer/Byggevarer/Stlkonstruksjoner/NEPD-2680-1379_Kamstal-Ø25-x--meter-bolt--ugjenget---B500NC-CombiCoat--.pdf) (sjekket 10.03.2023).
- Webster, M. D. (2007). «Structural Design for Adaptability and Deconstruction: A Strategy for Closing the Materials Loop and Increasing Building Value». I: *New Horizons and Better Practices*, s. 1–6. DOI: 10.1061/40946(248)27. eprint: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/40946%28248%2927>. URL: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40946%28248%2927> (sjekket 07.06.2023).

# A Utslippsfaktorer

**Tabell A.1:** Utslippsfaktorer for de ulike materialene, det er presentert ulike EPDer og funnet et gjennomsnitt av disse for hvert materiale. Det er gjennomsnittet som er brukt i beregningene.

Materiale	Enhet	EPD	Utslippsfaktorer [kg CO <sub>2</sub> -ekv/enhet]						
			A1-A3	A5	C1	C2	C3	C4	D
Massivtre	m3	Södra 2020	34	0,8	0,8	4,9	0,1	-	-152
		Uab Jurés Medis 2021	117	-	1,57	6,49	6,91	0	-740,3
		Cross Timber Systems Ltd. 2017	140	0,01	0,01	4,67	14,1	0,02	-32,5
		Splitkon AS 2020	90,3	0,24	0,01	3,52	9,61	0,02	-30,3
		Gjennomsnitt	95,3	0,35	0,60	4,90	7,68	0,01	-238,8
Limtre	m3	Holmen Wood Products AB 2019	45,6	-	-	-	-	-	-
		Holmen Wood Products AB 2021	33	3,2	0,8	4,9	0,1	-	-168
		Moelven Limtre AS 2018	79,3	1,05	0,01	4,64	10,6	0,006	-
		Gjennomsnitt	52,6	2,13	0,40	4,77	5,35	0,006	-168
Gips	m2	Norgips Norge AS 2020a	2,51	0,45	1,07*10 <sup>-5</sup>	0,48	0,68	0,01	-0,04
		Norgips Norge AS 2020b	2,31	0,34	1,07*10 <sup>-5</sup>	0,08	0,68	0,01	-0,04
		Gjennomsnitt	2,41	0,44	1,07*10 <sup>-5</sup>	0,28	0,68	0,01	-0,04
Betong B35	m3	Sylteosen Betong AS 2020	282,46	-	-	-	-	-	-
		AS Vågsøy Ferdigbetong 2023	338,12	-	9,23	2,01	1,18	3,29	-3,81
		Blanderiet AS 2021	197,98	-	-	-	-	-	-
		DKFB AS 2023	262	-	9,71	3,97	1,19	3,33	-3,86
		Gjennomsnitt	270	-	9,47	2,99	1,19	3,31	-3,84
B500NC	kg	Vik Ørsta AS 2020	0,72	1,05	2,7*10 <sup>-4</sup>	0,13	0	0	0
		Vik Ørsta AS 2021	0,62	2,24	2,24	0,12	1,3*10 <sup>-4</sup>	1,7*10 <sup>-3</sup>	0,69
		Gjennomsnitt	0,67	1,64	1,12	1,13	6,52*10 <sup>-5</sup>	8,3*10 <sup>-4</sup>	0,35
HE450A, stålbeje	kg	Tibnor 2021b	1,19	-	0,057	0,05	2,0*10 <sup>-4</sup>	5,2*10 <sup>-5</sup>	-0,37
		Skanska AS Stålfabrikken 2022	1,04	-	0	0,014	2,0*10 <sup>-4</sup>	5,2*10 <sup>-5</sup>	-0,08
		Stena Stål AB 2021	1,02	-	-	-	-	-	-
		Gjennomsnitt	1,08	-	0,028	0,031	2,0*10 <sup>-4</sup>	5,2*10 <sup>-5</sup>	-0,22
HUP, stålsøyle	kg	Norsk Stål AS 2020a	2,49	-	0,056	0,015	1,3*10 <sup>-4</sup>	2,6*10 <sup>-4</sup>	-1,42
		Norsk Stål AS 2020b	2,82	-	0,056	0,015	1,8*10 <sup>-4</sup>	4,1*10 <sup>-4</sup>	-1,45
		Tibnor 2021a	2,7	0	0	0	2,0*10 <sup>-5</sup>	5,2*10 <sup>-5</sup>	-1,61
		Gjennomsnitt	2,67	-	0,038	0,01	1,7*10 <sup>-4</sup>	2,4*10 <sup>-4</sup>	-1,49
Hulldekke, HD320	m2	Overhalla Betongbygg AS 2021	38	-	0	0	0	0	0
		Spenncon AS 2021	45,55	5,54	-	-	-	-	-
		Element NOR AS 2020	47,20	-	-	-	-	-	-
		Gjennomsnitt	43,6	5,54	0	0	0	0	0
Conlit, 30mm	m2	AS Rockwool 20131	6,18	-	-	-	-	-	-
		Rockwool Nordics 2023	3,58	0,24	0	0,016	0	0,04	-0,08
		Gjennomsnitt	4,88	0,24	0	0,016	0	0,04	-0,08

