

Marthe Olsberg
Vegard Hamnes
Werner Evensen Idsø

Rehabilitering eller nybygg: casestudie av Smaragdbygget på NTNU Gjøvik

Livsløpsanalyse fra «vugge til vugge»

Bacheloroppgave i Byggingeniør

Veileder: Lizhen Huang

Mai 2020

Marthe Olsberg
Vegard Hamnes
Werner Evensen Idsø

Rehabilitering eller nybygg: casestudie av Smaragdbygget på NTNU Gjøvik

Livsløpsanalyse fra «vugge til vugge»

Bacheloroppgave i Byggingeniør
Veileder: Lizhen Huang
Mai 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel:	Dato: 20.05.2020		
Rehabilitering eller nybygg: casestudie av Smaragdbygget på NTNU Gjøvik <i>Livsløpsanalyse fra «vugge til vugge»</i>	Antall sider: 113		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Marthe Olsberg, Vegard Hammes og Werner Evensen Idsø			
Veileder: Lizhen Huang			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere:			

Det nye campusbygget på Gjøvik stod ferdig til åpning i 2018 og går under navnet «Smaragdbygget». Nybygget er et bygg for fremtiden med en høy energiytelse med nesten nullenergistandard. Det er benyttet mye trevirke i konstruksjon og fasade, i kombinasjon med lavkarbonbetong. Det er i stor grad benyttet lokale og kortreiste materialer med fokus på bærekraft.

Denne bacheloroppgaven har som mål å besvare følgende problemstilling: «Hva gir størst miljøgevinst for campusbygg av rehabilitering eller nybygg hvis vi betrakter bygget over en periode på 120 år, hvor hver bygningskropp har en estimert funksjonell levetid på 60 år?»

For å svare på problemstillingen skal det gjennomføres en livsløpsanalyse for to ulike scenarier: nybygg og rehabilitering, ved å utføre en casestudie av Smaragdbygget på campus Gjøvik. Miljøpåvirkningene fra de to scenariene vurderes opp mot hverandre, for å se hvilket scenario som gir den største miljøgevinsten for campusbygg.

Livsløpsanalysen følger de norske standardene: ISO 14040, 14044 og 15978. Avgrensning av campusbygget er gjort etter ISO 3451. Systemgrensen er fra «vugge til vugge» og den funksjonelle enheten for bygget er: «multifunksjonell campusbygning, 5 etasjer, 5230 BTA m², 4980 m² BRA, nordisk klima, 120 års levetid, etter TEK10». Metoden for analyse i SimaPro heter ILCD 2011 Midpoint+ V1.10. Miljøpåvirkningene som benyttes er global oppvarming (kg CO₂-ekv.), ozonnedbrytning i stratosfæren (CFC-11-ekv.), menneskelige giftstoffer (CTUh), svevestøv (kg PM_{2,5} ekv.), forsuring (H+-ekv.) og eutrofiering (kg P-ekv.).

De spesifikke prosjektdataene er hentet ut fra BIM-modeller og sluttrapporter utarbeidet ved oppføring av bygget. Generelle data baserer seg på eksisterende data fra databasen Ecoinvent 3 i SimaPro. Data på strøm- og vannforbruk er innhentet via e-post og gjennom sluttrapporter. Data i tilknytning til avhending og avfallshåndtering er innhentet fra SSB sine statistikker over avfall fra byggeaktivitet.

Resultatene viser at rehabilitering har en redusert miljøpåvirkning for samtlige miljøkategorier, og gir dermed størst miljøgevinst i løpet av analysens tidsperspektiv på 120 år. Størst er reduksjonen knyttet til global oppvarming, hvor rehabilitering har 35% lavere påvirkning enn nybygg. Dette kommer i hovedsak av at man i rehabiliteringen blant annet har lokal ombruk av fundamenter, gulv

på grunn, bærekonstruksjoner og dekker, og med det halverer mengden betong. Med det oppnår man en mer sirkulær økonomi.

Halveringen av mengden betong, gjør at betong er den materialfraksjonen som bidrar mest til at rehabilitering kommer bedre ut av en livsløpsanalyse, sammenlignet med nybygg av Smaragdbygget. Ettersom betong i dagens produksjon og avfallshåndtering har store utslipp knyttet til produksjon og at store deler av betongen deponeres, som i seg selv er meget miljøbelastende. Ved deponering benyttes da heller ikke de potensielle ressursene i betongen, samtidig som nye råmaterialer må utvinnes for produksjon av ny betong.

Reduksjonen i kg CO₂-ekvivalenter funnet i denne casestudien stemmer godt overens med funnene SINTEF gjorde i FME ZEN (Forskningscenteret for nullutslippsområder i smarte byer), hvor det ble utført livsløpsanalyser av 120 ambisiøse prosjekter. Konklusjonen ble at det er gunstigere for miljøet å rehabiliterer enn å bygge nytt.

Stikkord:

Livsløpsanalyse
Rehabilitering
Vugge til vugge
Sirkulær økonomi

(sign.)

Forord

Bacheloroppgaven er utarbeidet våren 2020 og markerer slutten på 3 år med skolegang på byggingeniørstudiet ved NTNU i Gjøvik. Oppgaven er skrevet ved instituttet for vareproduksjon og byggteknikk og tilsvarer 20 studiepoeng per student. Oppgaven er utarbeidet i samarbeid med NTNU i Gjøvik med Lizhen Huang som veileder. Hennes kompetanse på områdene livsløpsanalyse og bærekraft kunne vi ikke vært foruten da hennes engasjement, veiledning og tilbakemeldinger har vært til stor hjelp gjennom hele prosessen. Så til henne vil vi rette en stor takk!

Abstract (engelsk)

The new campus building at Gjøvik was completed for opening in 2018 and goes by the name «Emerald Building» (Smaragdbygget). The new building is for the future with a high energy performance with almost zero-energy standards. For materials there has been used a big amount of wood in the construction and facade, in combination with low-carbon concrete. Local materials have been used to a large extent with focus on sustainability.

This bachelor thesis aims to solve the following problem: «What gives the largest environmental benefit for campus building of rehabilitation or new construction if we consider the building over a period of 120 years, where each building body has an estimated functional lifetime of 60 years?»

In order to answer the problem, a life cycle analysis will be carried out for different scenarios: new construction and rehabilitation, by doing a case study of the Emerald Building on campus Gjøvik. The environmental impacts from the scenarios are then assessed against each other to see which of the two scenarios that gives the greatest environmental benefit for campus building.

The life cycle analysis follows the Norwegian standards: ISO 14040, 14044 and 15978. The delimitation of the campus building is done according to ISO 3451. The system boundary is from «cradle to cradle» and the functional unit is: «multifunctional campus building, 5 floors, 5230 sq.m. gross area, 4980 sq.m. net area, nordic climate, 120 years of life, after TEK10».

The method for analysis in SimaPro is called ILCD 2011 Midpoint+ V1.10. The environmental impact categories used are global warming (kg CO₂-eq.), ozone depletion potential (CFC-11-eq.), particulate matter (kg PM_{2.5}-eq.), acidification potential (H⁺ eq.), eutrophication potential (kg P-eq.) and human health cancer potential (CTUh).

The specific project data is taken from BIM-models and final reports of the building. General data is based on data from the Ecoinvent 3 database in SimaPro. Data on electricity and water consumption have been obtained through e-mail and final reports. Data related to disposal and waste management is obtained through statistics from SSB on construction activity.

The results show that rehabilitation has a reduced environmental impact for all the environmental impact categories, and thus provides the greatest environmental benefit during the time period of 120 years. The greatest reduction is related to global warming, with rehabilitation having a 35% lower impact than a new construction. This is mainly due to the fact that in the rehabilitation, there is local reuse of foundations, floors on the ground, supporting structures and slabs, and by that, halves the amount of concrete. And in this way create a circular economy.

Halving the amount of concrete means that concrete is the material fraction that contributes most to rehabilitation coming out on top of a life cycle analysis, compared to a new building. As concrete in today's production and waste management has large emissions associated with production and as large parts of the concrete are going to the landfill, which in itself is very environmentally harmful. When the concrete goes to the landfill, the potential in the concrete is removed, while new raw materials must be extracted for the production of new concrete.

The reduction in kg CO₂-equivalents found in this case study is in good agreement with the findings SINTEF made in FME ZEN (Research Center for Zero Emission Areas in Smart Cities), where life cycle analyzes of 120 ambitious projects were carried out. The conclusion was that it is more favorable for the environment to rehabilitate than to build a new one.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Abstract (engelsk)	iv
Innholdsfortegnelse	vi
Figurliste.....	ix
Tabelliste	x
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling.....	3
1.3 Avgrensing av bacheloroppgaven	3
1.4 Rapportens struktur.....	4
1.5 Samfunnsmessig perspektiv	6
1.6 Etisk perspektiv	7
2 Teori	9
2.1 LCA	9
2.1.1 Fase 1: fastsette hensikten og omfanget av studiet	10
2.1.2 Fase 2: livsløpsregnskapsfasen (LCI)	10
2.1.3 Fase 3: livsløpseffektvurderingsfasen (LCIA)	10
2.1.4 Fase 4: livsløpstolkningsfasen.....	10
2.2 EPD.....	11
2.3 Miljøkategorier	12
2.3.1 Global oppvarming.....	12
2.3.2 Ozonedbrytning i stratosfæren	13
2.3.3 Svevestøv	14
2.3.4 Forsuring	14
2.3.5 Eutrofiering	14
2.3.6 Menneskelige giftstoffer	15
2.4 Avfallshåndtering	15
2.5 Avhending av materialer	16
2.5.1 Avfallsreduksjon – og sirkulær økonomi	18
2.5.2 Ombruk.....	20

2.5.3	Materialgjenvinning	21
2.5.4	Energiutnyttelse.....	23
2.5.5	Deponering	24
3	Metode.....	25
3.1	Eksisterende litteratur og forskning.....	25
3.2	Datakvalitet.....	26
3.3	Relevant programvare.....	27
3.4	Innhenting av data	28
3.5	Begrunnelse for valg av data	30
4	Livsløpsanalyse	32
4.1	Fase 1: hensikt og omfang av studiet.....	32
4.1.1	Hensikten med studiet	32
4.1.2	Produktsystemet	33
4.1.3	Funksjonell enhet	33
4.1.4	Systemgrense.....	33
4.2	Fase 2: livsløpsregnskapsfasen (LCI).....	36
4.2.1	Produktfasen: modul A1 - A3	36
4.2.2	Gjennomføringsprosess: modul A4 - A5	38
4.2.3	Bruksstadium: modul B1 - B7.....	41
4.2.4	Livsløpets sluttstadium: modul C1 - C4.....	50
4.2.5	Fordeler og ulemper ut over systemgrensen - D	61
4.3	Fase 3: livsløpseffektvurderingsfasen (LCIA)	62
4.4	Fase 4: livsløpstolkningsfasen	63
5	Resultater.....	64
5.1	Miljøpåvirkninger ved nybygg	64
5.1.1	Oversikt	64
5.1.2	Bidrag fra fase	65
5.1.3	Bidrag fra materialfraksjoner	66
5.2	Miljøpåvirkninger ved rehabilitering.....	70
5.2.1	Oversikt	70
5.2.2	Bidrag fra fase	70
5.2.3	Bidrag fra materialfraksjoner	72

5.3	Sammenligning: nybygg mot rehabilitering	76
5.3.1	Sammenligning totalt	76
5.3.2	Sammenligning materialfraksjoner	77
5.3.3	CO ₂ -bidraget fra betong og tre	80
5.3.4	Sammenligning med og uten D-fase	81
6	Diskusjon og analyse.....	84
6.1	Nybygg eller rehabilitering: hva lønner seg basert på sluttresultatet av livsløpsanalysen?.....	84
6.2	Hvilke materialer er av størst betydning for resultatet?	88
6.2.1	Betong	88
6.2.2	Trevirke	94
6.3	Hvor stor betydning har D-fasen for sluttresultatet?	99
6.4	Hvilke muligheter og utfordringer oppstår ved rehabilitering?.....	103
6.5	Innovasjon og bruk av «ny teknologi»: hvilke utfordringer og løsninger møter vi ved omlegging til en sirkulær fremtid?	105
7	Konklusjon	112
	Litteraturliste	114
	Vedlegg	128
A.1	Benevnelse benyttet i SimaPro	129
A.2	Deklarasjonsnummer (EPD)	132
A.3	Transport av materialer	135
A.4	Miljøfaktorer til beregning	137
B	Intervaller for fase: B2 – B5.....	142
C	Begrunnelse for datagrunnlag av EPD	148
D.1	EPD Unicon: B45M45 – Gjøvik	152
D.2	EPD Unicon: B35M45 16mm 25%red – Gjøvik	158
D.3	EPD Opplandske Betongindustri AS: Trapper.....	164
D.4	FDV-dokumentasjon av søyler og bjelker	172
D.5	FDV-dokumentasjon av isolerte sandwichvegger.....	173
E.1	Statsbygg: avlesing av strøm og strømforbruk.....	174
E.2	Opplandske Betongindustri AS: armering i prefabrikkert betong	175
E.3	Betonmast Innlandet AS: Modul 5.....	176

Figurliste

Figur 1: Avfallspyramiden (Ytterstad, 2018).....	17
Figur 2: Sirkulær byggebransje (Ytterstad, 2018).....	18
Figur 3: Gjenbrukshierarkiet (Nordby, Berge og Hestnes, 2007).....	19
Figur 4: Eksempel på systemgrensen til et produktsystem (Byggforsk, 2015b).....	34
Figur 5: Faser i livsløpet (Standard Norge, 2011b, s. 19).	35
Figur 6: CO ₂ -bidrag fra de ulike materialfraksjonene for nybygg.	68
Figur 7: Bidrag fra de ulike materialfraksjonene for nybygg vist med prosentvis fordeling av de fem andre miljøkategoriene.	69
Figur 8: CO ₂ -bidrag fra de ulike materialfraksjonene for rehabilitering.	74
Figur 9: Bidrag fra de ulike materialfraksjonene for rehabilitering, vist med prosentvis fordeling av de fem andre miljøkategoriene.	75
Figur 10: Sammenligning av nybygg og rehabilitering: prosentvis fordeling.	76
Figur 11: CO ₂ -bidraget for betong gjennom de ulike fasene.	80
Figur 12: CO ₂ -bidraget fra trevirke gjennom de ulike fasene.	81
Figur 13: Sammenligning av totale miljøpåvirkninger for nybygg: med og uten fase D.	82
Figur 14: Sammenligning av totale miljøpåvirkninger for rehabilitering: med og uten fase D.	82

Tabelliste

Tabell 1: Total mengde av materialer.	37
Tabell 2: Transport av materialer fra produksjonssted til byggeplass.	39
Tabell 3: Utskifting: produksjonsfase av nytt materiale.	43
Tabell 4: Utskifting: transport av materialer til bygg.....	43
Tabell 5: Rehabilitering: materialmengder.	44
Tabell 6: Renovering: transport av materialer til bygg.	45
Tabell 7: Energibehov for Smaragdbygget.	48
Tabell 8: Fraksjoner.	51
Tabell 9: Første sorteringsmetode: utskifting.....	54
Tabell 10: Første sorteringsmetode: riving ved rehabilitering.	54
Tabell 11: Første sorteringsmetode: helriving ved nybygg.....	54
Tabell 12: Transport av masse: utskifting.	56
Tabell 13: Transport av masse: riving ved rehabilitering.	56
Tabell 14: Transport av masse: helriving ved nybygg.	57
Tabell 15: Fordeling av avfall: utskifting.....	58
Tabell 16: Fordeling av avfall: riving ved rehabilitering.	58
Tabell 17: Fordeling av avfall: helriving ved nybygg.....	59
Tabell 18: Avhending: utskifting.	60
Tabell 19: Avhending: riving ved rehabilitering.....	60
Tabell 20: Avhending: helriving ved nybygg.	61
Tabell 21: Potensiell ressurs: utskifting.	61
Tabell 22: Potensiell ressurs: riving ved rehabilitering.....	62
Tabell 23: Potensiell ressurs: helriving ved nybygg.	62
Tabell 24: Potensiell ressurs ved eksportert energi.	62
Tabell 25: Miljøkategorier i livsløpseffektvurderingsfasen.	63
Tabell 26: Bidrag fra fase: nybygg.....	65
Tabell 27: Bidrag fra de ulike materialfraksjonene for nybygg.	66
Tabell 28: Bidrag fra fase: rehabilitering.	70
Tabell 29: Bidrag fra materialfraksjoner: rehabilitering.	72

Tabell 30: Sammenligning av nybygg og rehabilitering.....	77
Tabell 31: Sammenligning betong.	78
Tabell 32: Sammenligning stål.....	78
Tabell 33: Sammenligning trevirke.....	78
Tabell 34: Sammenligning plast.....	79
Tabell 35: Benevnelser benyttet i SimaPro.	129
Tabell 36: Deklarasjonsnummer (EPD).	132
Tabell 37: Kildehenvisning til valg av transportsted til byggeplass (fase A4).	135
Tabell 38: Miljøfaktorer til beregning.....	137
Tabell 39: Intervaller for fase: B2 – B5.	142
Tabell 40: Begrunnelse for datagrunnlag av EPD.....	148

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Miljøutfordringer og klimaendringer er sammensatte problemstillinger som oppstår i mange områder av samfunnet. «Rike som fattige, i-land som u-land, privat som offentlig sektor vil bli påvirket av nye teknologiske løsninger, krav om mer effektiv ressursutnyttelse og overgang til produkter og tjenester som gir mindre belastning på miljøet rundt oss» (Chaudhary, 2019).

Det benyttes flere begreper, slik som «grønt skifte», «bærekraftig utvikling» og «sirkulær økonomi», som beskriver deler eller hele endringer i mer miljøvennlig retning. På hver sin måte fanger disse begrepene opp ulike sider av utvikling bort fra det kapitalistiske «bruk og kast» samfunnet nåtiden preges av. Det må en omstilling til for å oppnå internasjonale og nasjonale mål. For å redusere miljøavtrykket og ressursbehovet, må en ny politisk økonomi til som bygger på prinsippene nullvekst, deling og sirkularitet.

Internasjonalt

«Utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov» (FN, 2019). Bærekraftig utvikling er et globalt begrep: en realitet for nåtiden, konsekvens for framtiden.

I 2015 ble det utarbeidet og underskrevet en felles avtale, Parisavtalen, hvor alle verdens land forpliktet seg til å hjelpe til med å nå visse målsetninger (FN, 2020a). Deriblant mål om at verden en gang mellom 2050 og 2100 skal bli klimanøytralt, begrense global oppvarming til «godt under» 2°C og med en målsetning om at den globale oppvarmingen ikke skal overstige 1,5°C. Rapport fra FNs miljøprogram (UNEP): «Emissions Gap Report» viser at de globale utslippene i snitt har økt 1,5 prosent årlig siden 2009. Det ser fremdeles ikke ut til at toppen er nådd (Kjørstad, 2019).

Det europeiske miljøbyrået (EEA) har kommet med en ny rapport: «SOER 2020», som beskriver miljøtilstanden i Europa, opp mot EUs miljømål. Rapporten viser at Europa ikke vil klare å nå 17 av disse 35 miljømål for 2020, og at 9 mål kun delvis vil bli oppnådd (Miljødirektoratet, 2019a). I tillegg viser rapporten en negativ trend mot 2030, med færre måloppnåelser enn man ser i 2020. Dette er en meget alvorlig situasjon for miljøet i Europa. Det tas fortsatt ikke de nødvendige grepene for å redusere klimagasser, ta vare på naturen og utvikle en økonomi som er innenfor naturens tåleevne. Selv om det også er fremskritt i forhold til blant annet klimagassutslipp, luft- og vannforurensing, innføring av ny politikk for å legge til rette for sirkulærøkonomi, påpeker SOER 2020 at det er behov for hastetiltak på alle 35 områder de neste ti årene for å oppnå FNs bærekraftsmål og målene i Parisavtalen.

Nasjonalt

Noen av Norges miljømål er å sikre forsvarlig forvaltning av naturen som grunnlag for framtidig vekst og velferd, at Norge skal bli et lavutslippsamfunn innen 2030 og klimanøytralt innen i 2050 (Miljødirektoratet, u.å.-a). For å nå disse målene og sikre en bærekraftig utvikling mot 2050 er samfunnet avhengig av at velferd og økonomisk vekst fremdeles opprettholdes, samtidig som ressursbruk og klimagassutslipp reduseres (Regjeringen, 2016). I denne sammenheng er sirkulær økonomi en viktig brikke. I et norsk perspektiv er en overgang til sirkulær økonomi avgjørende for konkurransekraft og verdiskaping, hvor avfalls- og gjenvinningsindustrien spiller en avgjørende rolle for raskere resultater. Kjernen i en sirkulær økonomi er å utnytte ressurser på best mulig måte for å sørge for bærekraft og verdiskaping på lang sikt. Dette krever at det brukes fornybare energikilder og råvarer, og har effektive systemer som sørger for at det som i dag blir til avfall, blir råmaterialer i framtida.

Byggebransjen

Ifølge Global Alliance for Buildings and Construction and International Energy Agency and the United Nations Environment Programme (2019) står bygg- og anleggsbransjen globalt for 36% av den totale energibruken og 39% av energi og prosessrelaterte CO₂-utslipp i 2018. I Norge står byggebransjen for ca. 15% av de årlige klimagassutslippene (Byggenæringens Landsforening, 2019a). Siden denne bransjen står for så stor andel av utslipp, energi og

ressursforbruk vil det raskt gi resultater for miljøet ved gjennomføring av tiltak for å redusere miljøbelastningene fra denne næringen.

For at byggesektoren skal kunne bidra til at man på verdensbasis klarer å nå målene i Paris-avtalen, er man derfor nødt til å finne og benytte seg av nye måter å bygge på som gir et lavere klima- og miljøavtrykk enn dagens metoder. Redusering av miljøavtrykket fra bygg kan gjøres ved blant annet mindre forbruk av energi og bruk av materialer med lave miljøpåvirkninger. Norges gjennomførte endringer i byggt teknisk forskrift (TEK) har bidratt til energieffektive bygg, med lavt energibehov. Ifølge Zero (u.å.) kommer nå halvparten av klimagassutslippene fra byggematerialer. Det vil derfor være interessant å se potensialet i materialer og i dagens allerede eksisterende bygg.

1.2 Problemstilling

Denne bacheloroppgaven har som mål å besvare følgende problemstilling:

«Hva gir størst miljøgevinst for campusbygg av rehabilitering eller nybygg hvis vi betrakter bygget over en periode på 120 år, hvor hver bygningskropp har en estimert funksjonell levetid på 60 år?»

For å svare på problemstillingen skal det gjennomføres en livsløpsanalyse fra «vugge til vugge» for to ulike scenarier: nybygg og rehabilitering, ved å gjøre en casestudie av Smaragdbygget på campus Gjøvik. Miljøpåvirkningene fra de to scenariene vurderes opp mot hverandre, for å se hvilket scenario som gir den største miljøgevinsten for campusbygg.

1.3 Avgrensning av bacheloroppgaven

Bacheloroppgaven er avgrenset til å omfatte campusbygning med «Smaragdbygget» på campus Gjøvik som analyseobjekt i en casestudie. Det skal gjennomføres en livsløpsanalyse i henhold til problemstillingen, for å sammenligne de to scenariene: nybygg og rehabilitering. Avgrensning på analysen er fra «vugge til vugge».

Livsløpsanalysen følger standardene: NS-EN ISO 14040:2006, NS-EN ISO 14044:2006 og NS-EN 15978:2011 (Standard Norge, 2006b; 2011a; 2006a).

Avgrensningen av campusbygget blir etter følgende bygningsdeler, i henhold til standard: NS 3451:2009+A1:2019 (Standard Norge, 2019a):

- Grunn og fundament
- Gulv på grunn
- Bæresystemer (søyler og bjelker)
- Yttervegger (bærende og ikke-bærende)
- Innervegger (bærende og ikke-bærende)
- Dekker
- Yttertak
- Dører og vinduer
- Innvendige og utvendige trapper

Disse bygningsdelene avgrensner ulike sjikt som inkluderes i elementenes oppbygning (isolasjon, dampspærre m.m.).

Oppgaven tar ikke for seg fast inventar, innredning og ventilasjon. VVS, elektriske anlegg og føringer er også utelatt. Det er bestemt å se bort ifra tilhørende gangbroer som knytter bygningen opp mot sideliggende bygninger på skolens område.

1.4 Rapportens struktur

Denne bacheloroppgaven tar for seg hele prosessen i en livsløpsanalyse fra fastsettelse av hensikt og omfang, datainnsamling og livsløpsvurdering før den går videre til diskusjon og analyse av resultater før konklusjon. Sentrale begreper blir presentert for leseren slik at nødvendig kunnskap er tilgjengelig for å forstå innholdet i rapporten.

Kapittel 1 handler om bakgrunnen for bacheloroppgaven og som leder ut i en problemstilling som videre avgrenses til riktig nivå. Deretter presenteres samfunnsmessige og etiske perspektiv i tilknytning til oppgaven.

Kapittel 2 er teoridelen som presenterer sentrale begreper som skal danne grunnlaget før leseren begynner på metodekapitlet.

Kapittel 3 er metodekapitlet. Her presenteres tidligere forskning og litteratur som er av betydning for oppgaven, fremgangsmåte og begrunnelse for innhenting av datamateriale, og vurdering av datakvaliteten.

Kapittel 4 tar for seg selve livsløpsanalysen, hvor hensikten og omfanget av analysen blir presentert, før de respektive fasene blir gått gjennom steg for steg.

Kapittel 5 presenterer resultatene fra livsløpsanalysen. Resultatene blir presentert under hvert sitt scenario, hvor bidrag fra faser og materialfraksjoner blir presentert, før det gjennomføres sammenligninger av resultatene som er av betydning fra de to scenariene.

Kapittel 6 tar opp tråden der resultatene sluttet ved å diskutere og analysere resultatene opp mot problemstillingen, etiske og samfunnsmessige utfordringer. Her blir det tatt for seg fire aktuelle temaer sett i sammenheng med problemstillingen, i tillegg til en kortfattet analyse av resultater og usikkerhet ved data.

Kapittel 7 er konklusjonen. Her trekkes viktige konklusjoner på bakgrunn av resultatet og diskusjonen som er gjort, for å besvare oppgavens problemstilling.

Bakerst i oppgaven finnes det en kronologisk litteraturliste og alle relevante dokumenter som blir referert til gjennom oppgaven som vedlegg. Vedleggene inkluderer tabeller, prosjektspesifikke dokumenter og personlig kommunikasjon. Dette ble gjort for å ha en ryddig og strukturert oppgave uten for mange forstyrrende elementer.

1.5 Samfunnsmessig perspektiv

For å skape bærekraftig utvikling må verdenssamfunnet jobbe på tre områder: klima og miljø, økonomi og sosiale forhold. «FNs bærekraftsmål er verdens felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030» (FN, 2019). Stadig flere skal dele på begrenset tilgang av vann og råvarer. I forbindelse med oppføring av bygg krever dette blant annet nytenkning og nyskaping, mer bruk av fornybare ressurser, økt ombruk og gjenvinning av materialer og konstruksjonsdeler.

Når en skal vurdere miljøeffekt av en bygning, slik som i denne studien av Smaragdbygget, kan man velge tre samfunnsmessige perspektiv:

- Bygget i et globalt perspektiv: verden
- Bygget som en del av lokalsamfunnet: Gjøvik
- Bygget alene: samfunnet på NTNU Gjøvik

Skal man redusere energibruk og møte FN's bærekraftsmål både lokalt og globalt, må det fokuseres på samtlige livsløpsfaser ved et produkt. Det er viktig å integrere miljømål og miljøtiltak i tidlig prosjekteringsfase av et bygg, da alle miljømål er komplekse og krever tverrfaglig handling. I alle livsløpsfasene til et bygg kan det vurderes prosesser eller produkter som har god ressursutnyttelse, lave klimagassutslipp og miljøpåkjenninger. Oppføring, drift og riving av bygninger påvirker både det menneskelige og det naturlige miljøet (Fuglseth *et al.*, 2018). Det kan skje direkte, gjennom utslipp til uteluft eller inneklimate, og indirekte: i verdikjedene til energi- og materialressurser som forbrukes gjennom livsløpet.

I Norge må vi forholde oss til (minimum) miljømål i TEK ved oppføring av bygg, men det er lov å gjøre bedre. Som Sartori og Andresen (2016) skriver: «I henhold til EU-direktiv av 19/05/2010 skal alle nye bygg være nesten nullenergibygg fra 2020. Norge har forpliktet seg til å følge dette gjennom klimaforliket på Stortinget». Smaragdbygget, som stod ferdig januar 2018, er innenfor dette kravet.

Ved oppførelse av Smaragdbygget har det vært fokus på bærekraft og kortreiste byggematerialer (Statsbygg, 2018). Det er benyttet lavkarbonbetong, utstrakt bruk av tre i

konstruksjon og fasade som gir mindre klimaavtrykk. Som energitiltak i bruksfasen er det valgt solcellepanel og fjernvarme. Smaragdbygget skal være, som Statsbygg (2018) selv uttaler:

Et bygg for framtiden med en svært høy energiytelse og nesten nullenergistandard [...] Det er lagt vekt på godt inneklima, høy brukertilfredshet og lavt klimautslipp i bygningens levetid [...] og skal være et forbilde når det gjelder universell utforming.

Bygget er også designet med tanke på tverrfaglighet, kobling av forskjellige miljøer sammen: både fysisk med gangbruer til to allerede-eksisterende bygg, men også sosialt med tilgjengelig kafe, fellesareale og uterom, designet for alle (NTNU, u.å.).

Gjøvik kommune har som mål å være en attraktiv studentby. En langsiktig arealstrategi er å bedre forbindelsen for kollektivtrafikk, gange og sykkeltransport mellom sentrum og Campus ved NTNU Gjøvik, og bygge parkeringsanlegg i samsvar med reguleringsplanen (Gjøvik Kommune, 2018). Kommunen planlegger også å bygge ut Gjøvik by med studentboliger, kultur og fritidsaktiviteter.

Som det leses ut av ovennevnte, er Smaragdbygget som en del av NTNU Gjøvik, bygget og tilrettelagt etter prinsipper som legger vekt på å tilfredsstille både samfunnet i Smaragdbygget, lokalsamfunnet Gjøvik og det globale samfunnet.

1.6 Etisk perspektiv

Etikk er refleksjon over normer og verdier, og begrunnelsen vi gir for våre valg. «Arbeid med etikk hjelper oss til å gjenkjenne etiske problemstillinger, og dermed muligheten til å foreta gode, velbegrunnede beslutninger» (Regjeringen, 2018).

Byggebransjen i Norge kan være med å bidra etisk på internasjonalt nivå, ved å ha oversikt over underleverandører og deres måte å arbeide på. Å forstå fremmede kulturer, måter hvordan andre jobber på, er ikke alltid like enkelt. Hvor store avvik fra våre egne regler og verdier kan vi akseptere når vi skal benytte oss av varer produsert i andre land? Det kan være store utfordringer knyttet til barnearbeid, menneskerettigheter, bestikkelser, svindel og korrupsjon.

Noen av FNs bærekraftsmål er: utrydde fattigdom, utrydde sult, anstendig arbeid, mindre ulikhet, stoppe klimaendringene (FN, 2020b): kan settes i sammenheng med minstelønn, trygge og rettferdige arbeidsforhold både ved råvareutvinning og produksjon av en vare.

Konkurransen i byggebransjen i Norge kan være hard. Det fokuseres ofte på pris, og ved anbudsrunder er det gjerne tilbyder med lavest totalpris som får oppdraget (Vik og Moisland, 2015). Dette prisfokus kan føre til at tilbydere bevisst satser på selve inntjeningen i form av redusert material- og gjennomføringskvalitet, eller endringer i prosjektet når de har fått oppdraget. Andre aktører er useriøse i form av at de ikke betaler overtid, benytter seg av svart arbeid: betaler ikke sykepengene og skatt. Er man klar over slike forhold handler det til syvende og sist om deg og meg, og de valg vi tar. Vi må betale det produktet i realiteten koster, slik at de seriøse aktørene overlever.

Som ingeniører har vi etiske retningslinjer og profesjonsansvar. Ved å bidra til bærekraftig utvikling gjennom konstruksjon og design av bygninger som reduserer forbruk av materialer, energi og utslipp, understøtter vi dette.

«Vitenskapens viktigste forpliktelse er idealet om å søke sannhet» (De Nasjonale Forskningsetiske Komiteene, 2016). I denne bacheloroppgaven har vi en problemstilling som vi ønsker å finne svar på, og i løpet av denne prosessen må det reflekteres over redelighet i dokumentasjon, prinsippet om etterprøvbarehet som Halvorsen (2018, s. 256) definerer slik: «Påstander og konklusjoner skal kunne dokumenteres og ha belegg i kilder, referanser eller tallmateriale som andre kan gå tilbake til og kontrollere», konsistens i argumentasjon og åpenhet om usikkerhet. Dette er forskningsetiske forpliktelser som vi må forholde oss til. Samtidig må vi forholde oss til hverandre som en gruppe og medmennesker: akseptere og respektere hverandres ulikheter og personlighet. Være konkret, åpen og ærlig, uten å anklage eller tilsløre: si hva man mener og opplever. Kunne gi konstruktiv kritikk uten å dømme, slik at kritikken blir et forbedringspotensiale, enten personlig eller faglig.

2 Teori

Dette kapittelet omhandler teori om metoden livsløpsanalyse (LCA), miljøkategorier som er benyttet ved framleggelse av resultater og avfallshåndtering. Avhending av materialer med fokus på avfallspyramidens inndelinger og rekkefølge. Avfallsreduksjon med nøkkelordene: ombruk og sirkulær økonomi.

2.1 LCA

LCA står for Life Cycle Assessment. På norsk benyttes forkortelsen LCA eller livsløpsanalyse. Metoden er blitt standardisert og videre beskrevet i NS-EN ISO 14040 og 14044 (Standard Norge, 2006b; 2006a).

LCA er en metode for å beregne miljøbelastningene og vurdere miljøpåvirkninger fra en tjeneste eller et produkt, deler av et bygg eller hele bygget over en avgrenset periode. Perioden kan for eksempel gjelde hele livsløpet, fra «vugge til grav»: hvor utvinning av råvarer, produksjon, bruksfase, avhending og transport inkluderes i beregningene.

For en bygning kan resultatene av en LCA benyttes som et verktøy for å ta riktige valg i henhold til de mest miljøvennlige løsningene for prosjektet, sammenligne resultatene med tilsvarende bygg, byggemetode eller materialer. Det kan også benyttes for å dokumentere miljøbesparelser.

En LCA-studie består av 4 faser:

Fase 1: fastsette hensikten og omfanget av studiet

Fase 2: livsløpsregnskapsfasen (LCI)

Fase 3: livsløpseffektvurderingsfasen (LCIA)

Fase 4: livsløpstolkningsfasen

2.1.1 Fase 1: fastsette hensikten og omfanget av studiet

Denne fasen beskriver hensikten og motivasjonen ved studiet. Målet og avgrensingen til studiet skal tydelig defineres (Standard Norge, 2006b).

2.1.2 Fase 2: livsløpsregnskapsfasen (LCI)

LCI står for Life Cycle Inventory og på norsk benyttes forkortelsen LCI eller livsløpsregnskapsfasen. Målet med livsløpsregnskapsfasen er å tallfeste alle material- og energistrømmer inn og ut av produktets livssyklus: eller hvor mye av ulike stoffer som avgis til miljøet i løpet av levetiden.

I livsløpsregnskapsfasen til et produkt ser man på alle ressurser som går inn i hver enkelt enhetsprosess og tilhørende utslipp som er innenfor den fastsatte systemgrensen (Standard Norge, 2011a). Et produkt består av ulike enhetsprosesser: Disse kan være alt fra en enkelt arbeidsoperasjon til en hel industriprosess. For å kvantifisere et produktsystems aktuelle inngangsfaktorer og utgangsfaktorer må man samle inn data og utføre beregninger. Det omfatter innsamling av blant annet hvor mye materialer og energi som går med til å produsere produktet (inngangsfaktorer), og mengde avfall og utslipp til luft, vann og jord som produseres (utgangsfaktorer).

2.1.3 Fase 3: livsløpseffektvurderingsfasen (LCIA)

LCIA står for Life Cycle Impact Assessment og på norsk benyttes forkortelsen LCIA eller livsløpseffektvurderingsfasen. LCIA går ut på å klassifisere: «Hvilke utslipp bidrar til hvilke miljøkategorier», det vil si å dele de ulike utslippene inn i miljøkategorier, og karakterisere: «hvor mye bidrar utslippene», i disse kategoriene (Sivertsen og Surnflødt, 2007, s. 18).

2.1.4 Fase 4: livsløpstolkningsfasen

I denne fasen blir resultatene fra livsløpsregnskapet (LCI) og livsløpseffektvurderingen (LCIA) sett i sammenheng. Resultatene her vil gi en mulighet for å komme frem til en

konklusjon, anbefalinger og beslutninger i samsvar med fastsatt hensikt og omfang (Standard Norge, 2006b).

2.2 EPD

EPD står for Environmental Product Declaration. På norsk benyttes forkortelsen EPD eller miljødeklarasjon.

EPD er basert på standardiserte LCA metoder, uavhengig av region eller land. (EPD-Norge, u.å.-a; Standard Norge, 2011a). De standardiserte metodene sikrer at miljøinformasjon innen samme produktkategori lar seg sammenligne. Ved sammenligning av EPDer må man beregne faktisk mengde av hvert produkt som er representert og skal sammenlignes. Det må benyttes samme enhet, for eksempel m², m³ eller kg. Er ikke dette tilfelle, må man omregne til samme enhet for sammenligning. Andre sjekkpunkter ved sammenligning er: gyldighetsdato, hvilke faser av livsløpet er inkludert og levetid.

Det er ifølge EPD-Norge (u.å.-b) to typer EPD: Produktspesifikk EPD og Gjennomsnitts-EPD. Datakvaliteten til de to er forskjellig.

Produktspesifikk EPD angir høy datakvalitet. For å oppfylle kravet til datakvalitet for produktspesifikk EPD skal datasettet være en gyldig tredjepartsverifisert miljødeklarasjon i henhold til NS-15804 (Standard Norge, 2019b).

- Produkt-EPD: er beregnet for et konkret produkt. Dataene er basert på produktet/materialet med den faktiske produksjonsteknologien som er benyttet. Produkt EPD registreres og publiseres hos EPD-Norge.
- Prosjekt-EPD: er beregnet for et konkret produkt fra en produsent eller leverandør for et spesifikt prosjekt. Prosjekt-EPD registreres og publiseres ofte ikke hos EPD-Norge.

Gjennomsnitts-EPD angir medium datakvalitet.

- Vanlig EPD for flere produkter: EPD med snitt av flere lignende produkter fra en produsent eller leverandør. Kan maks ha variasjon på +/-10% på miljøprestasjonen. Ellers som produksjonsspesifikk EPD.

- Generisk/Bransje EPD for ett produkt: produkter som produseres tilnærmet likt, men med ulike produksjonssteder og ulike produsenter.
- Generisk/Bransje EPD for flere produkt: produkter med maks +/-10% variasjon, som produseres tilnærmet likt, men med ulike produksjonssteder og ulike produsenter.

2.3 Miljøkategorier

Miljøkategoriene som benyttes i en livsløpsanalyse representerer globale miljøproblemer som følge av utslipp til luft, jord og vann (Byggforsk, 2014).

Utvalgte miljøkategorier er nærmere beskrevet i påfølgende tekst.

2.3.1 Global oppvarming

Global oppvarming er enkelt forklart en konsekvens av et større utslipp av klimagasser enn det som er naturlig, og som fører til en varmere klode. Det er i hovedsak to naturlige prosesser som beskriver dette: drivhuseffekten og karbonkretsløpet.

Drivhuseffekten gjør det mulig for oss mennesker å leve på jorden. Den oppstår når klimagasser (drivhusgasser) absorberer langbølget stråling (varme) fra jorda. Problemet oppstår når det slippes ut for mye klimagasser og forstyrrer den naturlige syklusen. Det er da vi får menneskeskapte klimaendringer: økt mengde av de naturlige drivhusgassene karbondioksid (CO₂), metan (CH₄) og lystgass (N₂O). I tillegg tilføres det gasser som ikke finnes naturlig i atmosfæren, blant annet klorfluorkarboner (KFK). Dette har medført forsterket drivhuseffekt, som med stor sannsynlighet har bidratt til endring i klimaforhold og global oppvarming.

Karbon sirkulerer i et kretsløp som kalles karbonkretsløpet. Karbon er lagret naturlig iblant annet levende organismer, i gass, kull og olje, i havet og i atmosfæren. De økte utslippene av klimagasser kommer først og fremst fra menneskeskapte kilder, blant annet forbrenning av fossilt brensel. Ved sistnevnte vil karbonet som er bundet i brenselet frigjøres til lufta. Disse klimagassene blir i stor grad værende i atmosfæren, og man får global oppvarming.

Globalt oppvarmingspotensial (GWP) måles i kg CO₂-ekvivalenter (CO₂-ekv.), og er mye brukt som miljøkategori for klima (Bryhni, Olerud og Mamen, 2019). Alle kjemiske forbindelser som har et globalt oppvarmingspotensial regnes om til kg CO₂-ekvivalenter.

2.3.2 Ozonedbrytning i stratosfæren

Stratosfæren, som omkranser jorden i en høyde rundt 10-50 km over overflaten, inneholder blant annet ozon. Dette ozonet danner et tynt lag: ozonlaget, som kun er ca. 3 mm tykt, og beskytter jorden mot ultrafiolett stråling (UV-stråling) fra sola (Adeoye og Aina, 2019). Opptil 99% av UV-strålingen fra sola absorberes av ozonlaget og omdannes hovedsakelig til varme. Nedbrytning av ozonlaget slik at for store mengder UV-stråling når ned til jordoverflaten, vil kunne gi store konsekvenser både på miljøet og menneskers helse. UV-strålingen kan påvirke veksten av planter som gir reduserte avlinger. Hos mennesker kan UV-stråling føre til blant annet hudkreft og svekkelse av immunforsvaret (Miljødirektoratet, 2019c).

På 1970-tallet ble verdenssamfunnet klar over at mennesker påvirker ozonbalansen gjennom utslipp av en rekke ozonedbrytende gasser. Dette gjaldt i stor grad klorfluorkarboner, KFK (på engelsk CFC), som ikke finnes naturlig i naturen (Aksnes og Holtet, 2019). Klor og fluor fra KFK-gassene reagerer med ozonet og forstyrrer den opprinnelige naturlige balansen. Disse vil ikke forbrukes i slike reaksjoner: for eksempel vil det samme Cl-atomet reagere igjen og igjen med stadig nye O₃-molekyler, og omdanne de til O₂ molekyler. Dette gjør gassens levetid svært lang.

KFK-gassene har også betydning for den økte drivhuseffekten: enkelt forklart ved at de absorberer varmestråling som jorda sender ut. Det er beregnet at et KFK-molekyl kan ha over 25 000 ganger så stor virkning på drivhuseffekten kontra et CO₂-molekyl (Mamen og Benestad, 2019).

Selv om utslippene av KFK-gasser er blitt kraftig redusert via internasjonale forpliktelser, vil de fortsette sin nedbrytning av ozonet og påvirkningen av drivhuseffekten da gassene som nevnt har en lang levetid.

Potensiale for nedbrytning av stratosfærisk ozon måles i kg CFC-11-ekvivalenter.

2.3.3 Svevestøv

Svevestøv består av små partikler som kan holde seg svevende i luften over lang tid.

Svevestøv varierer i form, overflateegenskaper, kjemisk sammensetning, og grupperes etter størrelse målt i mikrometer (μm). Dette er også en parameter på hvor helseskadelig svevestøvet er.

Analysen begrenser seg til finfraksjon: $\text{PM}_{2,5}$ som relaterer til partikler mindre enn $2,5 \mu\text{m}$.

Disse partiklene er så små at de trenger inn i lungene og kan forårsake blant annet forsterkning av allergi, luftveis-, hjerte- og karsykdommer (Folkehelseinstituttet, 2017). Noen kilder til $\text{PM}_{2,5}$ er forbrenningsanlegg til energiproduksjon, vedfyring, veitrafikk og langtransportert forurensing.

2.3.4 Forsuring

Forsuring kan forårsake skade både i vann, jord, vegetasjon og i havet.

På land og i ferskvann vil nedfall med SO_2 , NO_x og NH_3 , kunne føre til forsuring. I ferskvann vil pH-nivået kunne falle og påvirke blant annet yngelproduksjon til fisk. Jorda blir utsatt for reduksjon av nødvendige næringsstoffer og økning av uønskede næringsstoffer som påvirker dyre- og plantelivet negativt (Miljødirektoratet, 2019b).

I havet kan man forenklet si at økt CO_2 -opptak fører til overskudd av hydrogen-ioner (H^+) og dermed senkning av pH-verdiene. Når havet blir surere, blir mindre kalk tilgjengelig. Det kan gi problemer for dyr som er avhengige av kalk til blant annet å bygge skall eller skjelett, sentrale arter kan forsvinne og i verste fall ramme hele næringskjeder og økosystemer.

2.3.5 Eutrofiering

Eutrofiering er økt planteproduksjon som oppstår på grunn av økt tilførsel av næringsstoffer (overgjødsling) i innsjøer og overflatevann i innlandet, eller i havet.

Analysen begrenser seg til påtvungen eutrofiering i ferskvann, det vil si eutrofiering på grunn av menneskenes aktivitet. Dette er en forurensingsform som forekommer ofte og er forårsaket av blant annet avrenning fra jordbruk, kloakk og industri (Artsdatabanken, u.å.). Før høye

verdier av næringsstoffer, blant annet nitrogen (N) og fosfor (P), er i de fleste tilfeller hovedårsaken til økt plantevekst.

Visuelle virkninger av eutrofiering er uklart, misfarget vann, overgrodd bunn og strand og rask gjengroing (Miljødirektoratet, 2017). Ved stor algeproduksjon i forhold til tilgang på oksygen i vannet, fører dette til anaerob forråtnelse, og konsekvensen er mindre oksygeninnhold i vannet. Resultatet kan bli redusert biologisk mangfold, ødelagte gyteområder, fiskedød, og hyppigere oppblomstringer av giftalger.

2.3.6 Menneskelige giftstoffer

Enkelte utslipp av et stoff kan ha påvirkning på menneskers helse. Denne påvirkningen kalles human health cancer potential (HHCP) og måles i kg CTUh (comparative toxicity unit) av et stoff eller kjemikalieutslipp (Lyng og Bjerke, 2011). Det er en sammensetting av utslipp som påvirker menneskers helse, basert på grenseverdier for konsentrasjon av ulike stoffer i luft og vann. Det er fastsatte verdier for hva som er akseptable konsentrasjoner i luft og av daglig inntak av ulike stoffer.

2.4 Avfallshåndtering

I Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (2017), NHP4, finner vi følgende hovedmål:

1. Bidra til forsvarlig håndtering av alt farlig bygg- og anleggsavfall (BA-avfall), og hindre resirkulering av miljøgifter.
2. Oppfylle EU sitt mål om 70% materialgjenvinning av BA-avfall i 2020.
3. Minimere mengden bygg- og anleggsavfall ved riving, rehabilitering og nybygging.

I Norge er dagens krav fra myndighetene gjennom TEK17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2017) at minimum 60% (§9-8) av avfallet som oppstår på byggeplass fra nybygg, riving og rehabilitering (§9-6) skal sorteres på stedet etter ulike avfallstyper og leveres til godkjent avfallsmottak eller direkte til gjenvinning.

I Norge oppstår det store mengder avfall fra nybygg, rehabilitering og riving. Ser vi på avfallsstatistikken til SSB, ble det generert 1,8 millioner tonn avfall fra byggeaktivitet i 2018 (SSB, 2020). Dette utgjør ca. 25% av totale avfallsmengder i Norge.

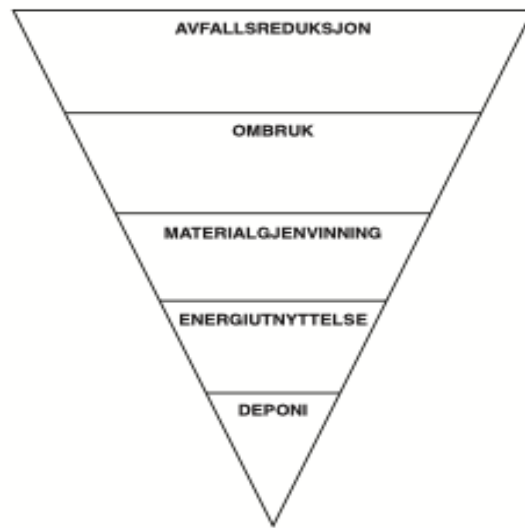
Avfallsstatistikken for 2018 (SSB, 2020) viser at 43% av avfallet fra nybygg, rehabilitering og riving ble levert til materialgjenvinning. Dette er 27% under EU sitt mål om materialgjenvinning av bygg- og anleggsavfall for 2020 og 17% under våre nasjonale krav i TEK17. Sammenligner vi med tallene fra 2017 og 2016 var det en oppgang på 9% fra 2017 og 1% fra 2016 for materialgjenvinning. Skal vi ha tilsvarende årlig økning framover vil vi ikke klare å nå målet om 70% materialgjenvinning fra bygg- og anleggsavfall uten å innføre tiltak for forbedring. Det er derfor av stor betydning hvordan avfallet blir sortert og håndtert på byggeplass slik at det bidrar med å oppfylle internasjonale mål for klima og FNs bærekraftsmål.

2.5 Avhending av materialer

Avhending beskriver forhold knyttet til levetid og gjenbruk av ressurser. Ombruk og materialgjenvinning, spesielt av truede ressurser, vil være av økende betydning i årene som kommer og er den mest høyverdige gjenbruken av ressurser. Deretter kommer mulighet for energiutnyttelse av ressursen etter avhending.

(Grønn byggallianse, 2017, s. 7)

Norge er underlagt EU sitt rammedirektiv for avfall og plikter å utarbeide planer for hvordan avfallsforebygging skal gjennomføres (Regjeringen, 2013). I forhold til avfallsforebygging skal det tas utgangspunkt i avfallspyramiden, vist på figur 1 på neste side. Avfallspyramiden illustrerer avfallspolitikken både i EU og Norge (Grønt Punkt Norge, u.å.). Figuren leses fra topp til bunn og målet er at avfallet skal behandles så nær toppen som mulig, eller som Leland (2008) uttaler: «Det mest miljøvennlige avfallstiltaket som kan gjennomføres på lengre sikt er å hindre at avfall oppstår».



Figur 1: Avfallspyramiden (Ytterstad, 2018).

Beregninger fra SSB (2020) gir følgende prosentvis fordeling av avfallsbehandling for 2018: fra nybygg, rehabilitering og riving:

- Materialgjenvinning: 43%
- Energiutnyttelse: 28%
- Deponi: 28%

Produkter som verken kan ombrukes, materialgjenvinnes eller energiutnyttes, men som går til deponering, gir størst negativ miljøbelastning (Leland, 2008).

Som vi ser ut av inndelingene for avfall fra SSB, er ikke ombruk tatt med. Anne Sigrid Nordby i Asplan Viak uttaler: «Staten sørger for at byggematerialer som kunne vært brukt på nytt, havner på fyllinga. En opprydning i regelverket hadde gitt store muligheter» (Mathisen, 2019).

Kildesortering av avfall på byggeplass er lovpålagt, men det er også økonomisk lønnsomt, og gir god orden på byggeplassen (Tønne, 2019). Bygg- og anleggsavfall er en ressurs som bør utnyttes. Mye av dette avfallet, som betong, tre, plast og metall har et stort potensial for ombruk, materialgjenvinning eller energiutnyttelse. Feil håndtering av farlig og forurenset avfall, kan være en kilde til forurensning og skade for helse og miljø.

2.5.1 Avfallsreduksjon – og sirkulær økonomi

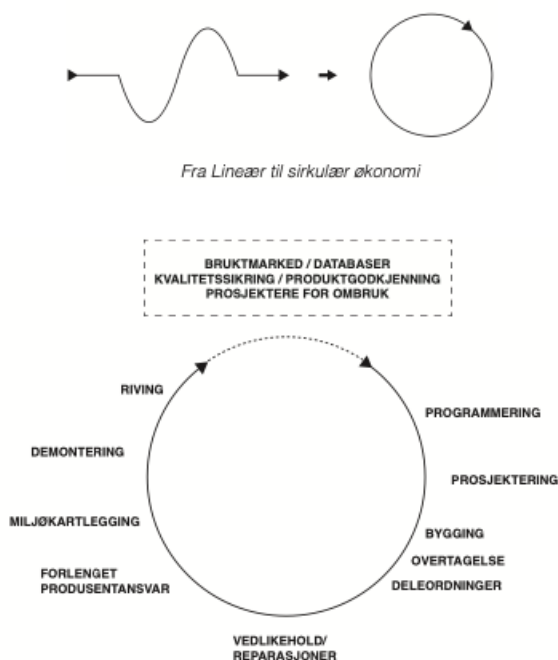
Reduksjon av avfall skjer gjennom redusert forbruk, bedre utnyttelse av råvarer, materialer og energi, og endrede produksjonsprosesser (Byggforsk, 2015a). Det er avgjørende for klimaet, naturen og miljøet å redusere mengden nye ressurser som brukes (Avfall Norge, 2016).

For å bli et lavutslippssamfunn og for å nå FN's bærekraftsmål, er omstillingen til sirkulær økonomi en nødvendighet. «Norge skal være et foregangsland i utviklingen av en grønn, sirkulær økonomi som utnytter ressursene bedre, sier Miljødirektoratet (u.å.-b).

«Handlingsplan for sirkulær økonomi» (Regjeringen, 2020) ble lagt frem 04.05.2020.

Sirkulær økonomi i EU, vil hindre at Europa eksporterer sine avfallsproblemer til tredjeland, og tapper EU for ressurser.

Sirkulær økonomi betyr enkelt forklart at vi går bort fra en lineær utnyttelse av ressurser – bruk og kast – og over til en sirkulær verdikjede der ressurser brukes om igjen. På lang sikt medfører dette at det i utgangspunktet ikke oppstår avfall. Alle ressurser går i sirkulasjon: gjenvinning av avfall vil derfor spille en sentral rolle fremover til denne sirkelen er sluttet, som vist i figur 2.

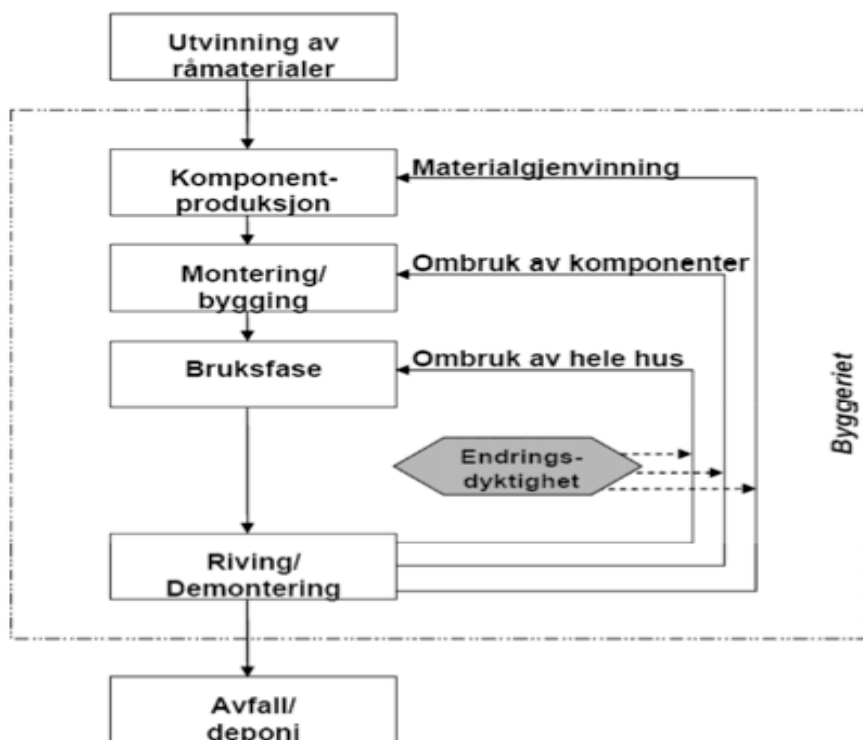


Figur 2: Sirkulær byggebransje (Ytterstad, 2018).

Anne Sigrid Nordby i Asplan Viak (Ytterstad, 2018) mener følgende tre tiltak mangler for å skape sirkulær byggebransje i Norge:

- Bruktmarked /digital database for omsetning av brukte byggematerialer/komponenter.
- Kvalitetssikring/produktgodkjenning som gjør at en produsent kan stå ansvarlig for de ombrukte materialene/komponentene.
- Design av materialer/produkter: hvordan prosjektere bygg slik at dette blir enklere neste gang?

Man kan redusere avfallsmengder og miljøbelastninger fra byggenæringen ved prosjektering og bygging av løsninger som øker materialers og bygningers gjenvinning- og ombrukspotensiale (Leland, 2008). Det er ofte små forskjeller i utførelsen av et produkt som er avgjørende om det er mulig å ombruke eller om det må gå til materialgjenvinning, energiutnyttelse eller deponi (Grønn byggallianse, 2017). Mindre avfall til deponi, mindre forbruk av energi og materialer, som videre fører til mindre miljøbelastninger (Nordby, Berge og Hestnes, 2007).



Figur 3: Gjenbrukshierarkiet (Nordby, Berge og Hestnes, 2007).

2.5.2 Ombruk

Ifølge Byggforsk (2015a) er ombruk «ny utnyttelse av et produkt i dets opprinnelige form».

De materialene som er mest aktuelle for ombruk (og materialgjenvinning) vil være ikke-fornybare materialer, materialer med lang levetid, energikrevende utvinningsprosesser og høy råvarepris (Nordby, Berge og Hestnes, 2007).

I SINTEF sin rapport: «Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer» (Sørnes *et al.*, 2014), skilles det mellom to ulike former for ombruk:

- Lokal ombruk: bruk av bygningselementer oppstått ved oppgradering av samme bygning som elementene er hentet fra.
- Ombruk annetsteds: som er ombruk av bygningskomponenter som kommer fra andre bygninger.

Det må tilrettelegges for fremtidig ombruk ved ny design, og ombruk av ressurser i allerede eksisterende bygg (Nordby, Berge og Hestnes, 2007).

Ombruk og fordeler

Ved ombruk av byggematerialer/komponenter unngår man både bruk av nye ressurser og avfall til deponi. Det vil også føre til redusert energibruk og mindre forurensing.

Energiutnyttelsesprosessen utsettes og deponering av byggevarer unngås. Areal til bruk av materialutvinning og deponering av avfall reduseres (Sørnes *et al.*, 2014).

Ombruk og utfordringer

Rapporten til Kilvær *et al.* (2019) konkluderer med at det er mulig med forsvarlig ombruk i dag, men at det er store utfordringer til gjennomføringen. Utfordringene ligger blant annet i dagens regelverk, standarder, prosedyrer og praksis, som ikke er utformet med tanke på tilrettelegging for ombruk. Også innholdet av helse- og miljøfarlige stoffer, sammensatte materialer og andre egenskaper til byggevaren som gjør de mer eller mindre egnede for demontering, transport og lagring er en utfordring angående ombruk.

Ifølge Direktoratet for byggkvalitet (2018) må byggene oppfylle de samme kvalitetskravene ved ombruk som ved nybygg. Med andre ord: for å kunne gjenbruke byggevarer i nye bygg, må man dokumentere at de oppfyller dagens krav. Disse kravene er beskrevet i «Byggteknisk forskrift TEK17» (Direktoratet for byggkvalitet, 2017), og «Forskrift om dokumentasjon av byggevarer» (Direktoratet for byggkvalitet, u.å.).

Utvalgte byggevarer for ombruk

Kilvær *et al.* (2019) har gjort et utvalg av byggevarer/materialer som lar seg ombruke i praksis på en forsvarlig måte i henhold til dagens regelverk. Disse kan ombrukes ofte, utgjør et visst volum og at ombruken forhindrer nyproduksjon, har en vesentlig effekt på energiforbruk og klimagassutslipp. Disse utvalgte byggevarerne/materialene er: lastbærende stålkomponenter, hulldekker betong, murstein i tegl, vinduer/glass, trevirke og byggevarer med potensiale for ombruk uten dokumentasjon.

2.5.3 Materialgjenvinning

Materialgjenvinning er utnyttelse av avfall slik at materialet beholdes helt eller delvis. Vi kan dele gjenvinningen inn i to typer:

- Direkte materialgjenvinning: bruker avfallet som råstoff for tilsvarende produkter.
- Indirekte materialgjenvinning: omdanner avfallet til andre typer produkter.

(Byggforsk, 2015a).

EU-direktivet stilte krav til 70% materialgjenvinning eller forberedelse til ombruk, av alt ikke-farlig avfall innen 2020. Myndighetenes krav i TEK17 til kildesorteringsgrad for bygge- og riveavfall er satt til 60% (Næss, 2017). Dette viser at norske krav må oppgraderes til EUs krav for materialgjenvinning.

I henhold til SSB (2020), tabell 2: «Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving» for 2018, var avfall levert til materialgjenvinning på 43%. Dette er 17% under kravet til kildesortering i TEK17, og 27% under EU-direktivets krav for 2020. For bygg- og anleggsavfall er det derfor behov for blant annet å øke utsorteringen og material-

gjenvinningen (Miljødirektoratet, 2019d). Dette kan gjøres ved å øke gjenvinning fra restavfallet og det kildesorterte avfallet som går til forbrenning med energiutnyttelse eller til deponi.

Det foreligger ikke statistikk som viser sluttbehandling av det avfallet som kildesorteres, man vet derfor ikke i realiteten hvor stor materialgjenvinningsprosenten er og om avfallsfraksjonene faktisk blir benyttet som råstoff til produksjon av nye materialer (Bjerkli, 2015). Bygninger under 100m² er ikke underlagt kravet om avfallsplan og sluttrapport, hva som skjer med dette avfallet blir ikke dokumentert.

Mange oppfatter tiltak for ombruk og gjenvinning i byggenæringen som en merkostnad. Men ser man på kostnadene i hele livsløpet (LCC) og ikke bare på investeringskostnadene, vil man se det annerledes (Leland, 2008). Det er flere faktorer som vil bidra til at gjenvinning kan bli god økonomi i et livsløpsperspektiv. Dette er blant annet endret råvaretilgang, økte energipriser, endringer i avgiftspolitikken med blant annet økt krav til kildesortering, utvikling av bedre metoder og innsamlingsordninger for gjenvinning, mindre kostnader i riveprosessen ved bedre planlegging av fremtidens bygg og endrede avskrivningsregler.

«Oppsirkulering» betyr å bruke et materiale eller produkt om igjen, men på en annen måte enn det opprinnelig var ment for. Her anvendes avfallsstoffer til nye formål og til å gjøre nye materialer bedre (Oyenuga og Bhamidimarri, 2017).

«Nedsirkulering» er realiteten av materialgjenvinning. Ved materialgjenvinning blir kvaliteten redusert over tid. Det opprinnelige materialet vil ikke lenger ha de samme kvalitetene som da de ble tatt ut. Eksempler er bruk av knust betong som fyllmasse, eller å gjenvinne forskjellige typer plast til en udefinerbar plastfraksjon (Nordby og Wærner, 2017).

Materialgjenvinning og fordeler

Materialgjenvinning gir blant annet redusert energi- og vannforbruk, samt reduserte klimagassutslipp (Bratland, u.å.). Valg av gjenvinnbare materialer sparer miljøet ved at ressurser gjenbrukes og råstoff benyttes til nye materialer. Dette er særlig viktig for materialer produsert av knappe, ikke fornybare ressurser.

Materialgjenvinning og utfordringer

Statistikk som viser sluttbehandling av det avfallet som kildesorteres finnes ikke, man vet derfor ikke i realiteten hvor stor materialgjenvinningsprosenten er og om avfallsfraksjonene faktisk blir benyttet som råstoff til produksjon av nye materialer (Bjerkli, 2015). Bygninger under 100m² er ikke underlagt kravet om avfallsplan og sluttrapport, hva som skjer med dette avfallet blir ikke dokumentert.

For å kunne gjenvinne materialer er det viktig at de ikke er forurenset av miljøskadelige stoffer eller inneholder fremmedelementer. En del byggevarer er satt sammen av flere materialer som kan være vanskelig å skille fra hverandre, og dermed også gjenbruke råstoffene hver for seg.

For gjenvinnende materialer må det også finnes en mottaker som har bruk for massene, og som er villig til å betale for dem.

2.5.4 Energiutnyttelse

EU arbeider med en «avfallspakke» tilknyttet arbeidet med sirkulær økonomi.

Energiutnyttelse skal bli en del av løsningen for å nå energi-, klima- og ressursmål. Avfall Norge (2016) skriver: «På nasjonalt nivå arbeides det med rammevilkår for energiutnyttelse som en del av et større arbeid for å sikre mest mulig materialgjenvinning og minst mulig transport av ubehandlet husholdningsavfall ut av landet».

Forbrenning av avfall som er uegnet til ombruk og materialgjenvinning er en løsning på dette. Ved forbrenningen blir det et overskudd av energi. Denne energien blir benyttet til varme (f.eks. fjernvarme) eller produksjon av elektrisitet (Miljødirektoratet, 2013).

Avfall Norge (2016) skriver følgende om forbrenning av avfall:

- Energiutnyttelse av avfall er en hygienisk måte å behandle restavfall på og som reduserer volumet med 90 prosent.
- Energiutnyttelse produserer samtidig energi av avfallet (varme, damp og elektrisitet).

- Energiutnyttelse reduserer utslipp av klimagasser ved å skille avfall fra deponier og ved å erstatte fossile brensler i energiproduksjonen.
- Energiutnyttelse produserer en sikker og rimelig energimiks.
- Energiutnyttelse bidrar til oppnåelsen av fornybare energimål. Mer enn 50 prosent av energien er fornybar.
- Energiutnyttelse bidrar til materialgjenvinning fra metaller i asken.

I forbindelse med forbrenning av restavfallet blir eventuelle miljøgifter destruert eller fanget opp i asken på en sikker måte, og tatt ut av kretsløpet.

2.5.5 Deponering

Den avfallshåndteringen som er desidert dårligst for klimaregnskapet er deponering. I 2018 ble 28% av totalt avfall fra nybygg, rehabilitering og rivning sendt til deponi (SSB, 2020). I Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (2017) blir det blant annet trukket frem at økningen i avfall til deponi de siste årene viser seg å skyldes større mengder lett forurenset tegl- og betongavfall. Både forurenset og rene masser av dette utgjør nesten 85% av alt avfall til deponi.

Fra 2020 sier EUs rammedirektiv for avfall at 70%, basert på vekt av ikke-farlig bygg- og anleggsavfall, skal gå til ombruk og materialgjenvinning. Når det gjelder betong som per dags dato er langt unna disse tallene sammenlignet med tallene fra SSB (2020), er utfordringen der knyttet til krom 6. Konsentrasjonen av krom 6 i dagens betong overgår ofte grenseverdiene for gjenbruk (2mg/kg). Dette fører til at andelen lett forurenset betong som blir sendt til deponi øker (Frydenlund, 2020).

Med så store mengder ressurser som blir sendt til deponi, vil det være utfordrende å nå målsetningen om en mest mulig sirkulær økonomi innen 2050. Spesielt da det også viser seg at mengden avfall som blir sendt til deponi har økt de siste årene.

3 Metode

3.1 Eksisterende litteratur og forskning

Innenfor SINTEF og NTNU sitt Forskningscenter for nullutslippsområder i smarte byer (FME ZEN), har det blitt sett på hvordan utslipp fra ambisiøse byggeprosjekter med tanke på miljø gjorde det i forhold til referanseprosjektene. Det ble der vist at de miljøambisiøse prosjektene for nybygg klarte å redusere de beregnede klimautslippene fra materialbruk med 22%. Der hvor referanseprosjektene gjennomsnittlig hadde et klimautslipp fra materialbruk på 6,3 kg CO₂-ekv/m²/år, hadde de ambisiøse nybyggene da et gjennomsnittlig klimautslipp fra materialbruk på 4,9 kg CO₂-ekv/m²/år. Studien viste derimot at ved å velge rehabilitering fremfor nybygg, kunne de gjennomsnittlige klimautslippene fra materialbruk kuttes helt ned til 2,3 kg CO₂-ekv/m²/år, noe som er en reduksjon på 63 prosent over et livsløp på 60 år (Wiik, 2020).

Førland-Larsen, Bramslev og Hammer (2013) ser i sin rapport på hvordan forskjellige rehabiliteringsmåter for 30- og 90- talls bygg vil påvirke klimagassutslippene, når byggene rehabiliteres til passivhusstandard. Ser man på klimautslippene fra materialbruk kuttes disse fra 10-20 kg CO₂/m²/år ved nybygg, til 2-4 kg CO₂/m²/år hvis det gjøres en full rehabilitering med utskifting av fasade og vinduer, dersom fasaden beholdes under rehabiliteringen blir klimautslippene fra materialbruk 1-2 CO₂/m²/år. For de rehabiliterte prosjektene blir det medregnet en økt klimapåvirkningen fra bruksfasen, sammenlignet med energieffektive nybygg. Likevel konkluderes det med rehabilitering som den eneste muligheten hvis et bygg skal oppnå tittelen nullutslippsbygg. Dette på grunn av vanskeligheten med å dekke opp for de store utslippene knyttet til materialbruk ved riving og nybygg.

Bergen rådhus gjennomgår i skrivende stund en stor rehabilitering. Det ble i forkant av dette arbeidet gjennomført en livsløpsanalyse for å se hvor mye klimagassene kunne reduseres, hvis man valgte rehabilitering fremfor å bygge nytt (Ulvan og Reenaas, 2018). Resultatet viser rehabilitering gir en reduksjon på 31,8% i forhold til det å bygge nytt. Det ses her også på hvilken effekt valg av energikilde har. Og man ser at effekten av å bruke miljøvennlig

norskprodusert elektrisitet i stedet for elektrisitet produsert på kontinentet er betydelig større enn bidraget fra materialer.

Sparebank 1 SMN skulle fornye sitt hovedkvarter i Trondheim ble det gjennomført en miljøvurdering, for å se hvilket alternativ som var best av å rehabilitere eller rive og bygge nytt. Det ble også her konkludert med at ved å beholde grunn, fundamenter og primære bygningsdeler, ville man oppnå en reduksjon i klimautslippene fra materialbruk, men i motsetning til de andre rapportene, konkluderes det med at det i et livsløp på 60 år vil være gunstigere å rive og bygge nytt (Rønning og Vold, 2008). Dette fordi det regnes med at et nytt bygg vil ha større tilpasningsdyktighet. Det estimeres derfor at dette på sikt vil føre til større klimapåvirkning gjennom livsløpet, grunnet større utslipp ved forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling. Det konkluderes med at de økte utslippene knyttet til materialbruk, er nøytralisert av lavere utslipp i bruksfasen etter ca. 14 år.

Det er derimot lite forskning på hvilken effekt rehabilitering har med tanke på andre miljøkategorier enn kg CO₂-ekvivalenter.

3.2 Datakvalitet

For at resultatene i oppgaven skal gjenspeile virkeligheten, er det viktig med detaljert og korrekt bakgrunnsinformasjon.

Det ble gitt tilgang til digitale modeller og rapporter for Smaragdbygget som kunne benyttes under arbeidet med oppgaven. Dette gav oss spesifikke data av høy kvalitet, slik som mengdeberegninger innhentet direkte fra modeller, produktspesifikke EPDer, prosjekt-EPDer og prosjektspesifikke dokumenter (Folvik, 2011). Der spesifikke data ikke har vært tilgjengelig, er gjennomsnitt data av middels kvalitet benyttet. Det ble også gitt tilgang på konkrete målinger for vannforbruk.

Gjennomsnittsdata er basert på tidligere studier av tilsvarende produkter eller gjennomsnittsverdier, og innhentes via tilgjengelige databaser (Folvik, 2011). For vår analyse gjelder dette vanlige EPDer for flere produkter, generisk/bransje EPD for ett eller flere produkt. I SimaPro er det generiske data for materialer, produkter og energi fra databasen

Ecoinvent 3. For gjennomsnittsdata om transport er det benyttet standardisert transportmiddel og Google Maps for måling av distanse. Statistikk fra SSB (2020) for prosentvis fordeling av avfall. Direkte kommunikasjon med produsent for informasjon om mengdeforhold i produkt: dette gjelder blant annet mengde armering i søyler, bjelker, trapper/repos, sandwichvegg og kompaktvegg av betong.

Totalt gir dette noe dårligere pålitelighet enn ønsket. Det blir også vanskeligere å etterprøve resultatene uten nøyaktig samme data benyttet i denne oppgaven. Reliabiliteten påvirkes således også av det endelige resultatet. Ut fra dette ville det vært en fordel med en følsomhetstest til videre arbeide av studien.

3.3 Relevant programvare

Ved gjennomføring av livsløpsanalysen er det flere programmer som blir tatt i bruk. Disse er SimaPro og Solibri Office, hvor bruken av programvaren er beskrevet under.

SimaPro

SimaPro er en programvare som kan brukes for å gjennomføre livsløpsanalyser (LCA). SimaPro har flere databaser som inneholder prosesser for råvarer og produkter, produksjon, transport, energi, avhending med mer. Programmet blir blant annet brukt i utrednings-sammenheng for å analysere miljøprestasjonene til for eksempel en bygning.

Solibri Office

Solibri Office er et program som er utviklet for prosjekter som bruker bygnings-informasjonsmodellering (BIM). Solibri lar deg selekttere bygningsdeler eller materialer og eksportere dette inn i Excel med kriterier som man selv har valgt, som for eksempel navn, type, volum, areal og antall.

3.4 Innhenting av data

Det har vært en omfattende prosess med innhenting av datamateriale. Det har foregått en kontinuerlig innsamling gjennom hele studiet.

Det ble tidlig i prosjektet gitt tilgang til digital informasjon om Smaragdbygget på campus Gjøvik da dette er data som er stilt til rådighet av Statsbygg. Dette er datasett fra byggeperioden som er tilgjengelig på en tjeneste som heter BIMSync. Datasettene er fra fagområdene ARK (arkitektur), RIB (rådgivende ingeniør bygg) og RIV (ventilasjon). Dette ble gitt tilgang til av Erling Onstein som er NTNU sin kontaktperson vedrørende disse dataene.

Mye av datagrunnlaget i bacheloroppgaven bygger på interne sluttrapporter. Dette er klimagass- og energiberegninger som er blitt utført av Asplan Viak på oppdrag for totalentreprenøren Betonmast Innlandet AS. Dette er rapporter som ikke er publisert på nettet og derfor ikke tilgjengelig. Rapportene har blitt overlevert til oss av Thomas Haavi, Førsteamanuensis ved institutt for vareproduksjon og byggteknikk. Rapportene er lagt inn i litteraturlisten slik at dem refereres til der dem er benyttet. Rapportene dette gjelder er:

- Klimagassberegninger NTNU Gjøvik. Sluttrapport as built: (Fuglseth, 2017).
- LCC-VURDERINGER NTNU GJØVIK: (Fuglseth, 2016).
- Energi NTNU Gjøvik 2.utgave: (Solbakken og Halderaker, 2016).
- Energi NTNU Gjøvik 3.utgave: (Solbakken og Halderaker, 2017).

Hvor de forskjellige rapportene er benyttet vil bli beskrevet i påfølgende tekst.

I «Klimagassberegninger NTNU Gjøvik. Sluttrapport as built» (Fuglseth, 2017) er det også henvist til prosjektspesifikke EPDer som er benyttet, se vedlegg D. Materialene/produktene består av ulike enhetsprosesser. Innmatede faktorer som er benyttet i produksjonen av materialet/produktet er: råmaterialer, tilleggsmaterialer, energi og transport. Disse faktorene ble hentet fra publiserte EPDer og prosjektspesifikke (ikke publiserte) dokumenter (vedlegg D).

Ved mangel på informasjon om materialenes sammensetting, mengdeforhold og produksjonssted, har det vært kontakt med flere av leverandørene som har bidratt til oppføringen av Smaragdbygget. Kommunikasjonen har foregått per e-post, hvor vi dessverre ikke har fått tilbakemelding fra alle. Angående materialer hvor det ikke er gitt svar tilbake, er det tatt avgjørelser ut fra tilgjengelig informasjon fra tilsvarende materialer/produkters EPD og FDV, og valgt å benytte databasen Ecoinvent 3 i SimaPro.

Samtlige materialer er lagt inn for beregninger i SimaPro som vist i tabell 35. Alle databeregninger av transport er gjort til Teknologivegen 22, NTNU Gjøvik. Der hvor det foreligger en produsent benyttes målt transportavstand gjennom tjenesten Google Maps. I de tilfeller produsenten er ukjent er det vektet transportavstand som er benyttet. Målinger er utført fra produsent til NTNU Gjøvik da det gir mer nøyaktige målinger. Der hvor det ikke foreligger EPD eller en produsent, benyttes nærmeste leverandør eller produsent av produkt.

Informasjon om bruksfasen: levetid og intervaller for utskifting, reparasjon og vedlikehold av: materialer, komponenter og produkter er innhentet fra Asplan Viak sin rapport: «LCC-Vurderinger NTNU Gjøvik» (Fuglseth, 2016), Byggforskserien: «Anvisning 700.320» (Byggforsk, 2017), aktuelle EPDer og FDVer.

For opplysninger om forbruk av energi i bruksfasen og detaljer rundt energiberegningene ble følgende rapporter benyttet: «Energi NTNU Gjøvik» 2. og 3. utgave (Solbakken og Halderaker, 2016; 2017) og «Klimagassberegninger NTNU Gjøvik. Sluttrapport as built.» (Fuglseth, 2017). Det ble også sendt e-post til driftsleder i Statsbygg angående informasjon om forbruk av energi i bruksfasen. For å beregne korrekt fordeling av energikilde brukt til oppvarming av Smaragdbygget, ble det innhentet informasjon om prosentvis fordeling av fjernvarmemiks og bioenergi fra «Fjernkontrollen» (Norsk Fjernvarme, u.å.).

Data om forbruk av vann i bruksfasen er innhentet fra driftsleder i Statsbygg gjennom personlig kommunikasjon via e-post, se vedlegg E.1.

3.5 Begrunnelse for valg av data

I samråd med veileder Lizhen Huang, ble det besluttet å ta utgangspunkt i «Klimagassberegninger NTNU Gjøvik. Sluttrapport as built» (Fuglseth, 2017) for våre materialberegninger, bestemmelse av materialtyper og mengder. Informasjon fra sluttrapporten var nødvendig for å foreta beregninger i SimaPro. Dette fordi mange av materialtypene i BIM-modellen ikke var spesifisert nok til at det kunne tas en beslutning på hvilket produkt som skulle benyttes. Data i sluttrapporten sikret også høyere pålitelighet enn prosjektdata som ble tilgjengelig gjennom BIMsync av Erling Onstein, hvor det var mange uferdige materialer i prosjektdatabasen. Rapporten hadde de samme materialmengdene som ble hentet ut fra Solibri, men her var alle materialtyper tydelig definert. Datasettene i BIM ble derfor kun benyttet som kilde for orientering av bygget. Dette ble gjort gjennom programmet Solibri Office.

Rapporten av Mie Fuglseth har også gitt tilgang på prosjektspesifikke dokumenter (vedlegg D) som er nødvendig for at resultatene fra livsløpsanalysen skal bli så tett opp mot de korrekte utslippsmengdene. De prosjektspesifikke dokumentene sikrer at korrekte produktspesifikasjoner ble benyttet i beregningsgrunnlaget. For videre begrunnelse av datagrunnlaget for EPDer som er benyttet for beregninger i SimaPro, se vedlegg C.

Referanselevetiden for bygg er ofte satt til 60 år. Det ble valgt samme funksjonelle levetid for Smaragdbygget i denne analysen. Angående informasjon om levetid og intervaller for utskifting, reparasjon og vedlikehold av materialer og komponenter ble følgende kilder benyttet: «LCC vurdering NTNU Gjøvik» (Fuglseth, 2016), Byggforskserien: «Anvisning 700.320» (Byggforsk, 2017), aktuelle EPDer og FDVer. Dette for å kunne sammenligne intervaller og levetid for materialer og komponenter fra forskjellige kilder, og komme frem til mest mulig representativt intervall og levetid. Denne informasjonen er strukturert i vedlegg B. Oppgaven er begrenset til medium intervalltid. Dette på grunn av tidsmessige årsaker og begrensning av analysens omfang.

For opplysninger om forbruk av energi i bruksfasen og detaljer rundt energiberegningene, ble e-post fra driftsleder i Statsbygg med verdier om energibruk først vurdert (vedlegg G.1). Disse dataene viste seg å være ufullstendige. Rapporten «Energi NTNU Gjøvik 3.utgave.»

(Solbakken og Halderaker, 2017) har gitt tilgang på reelle energiberegninger for Smaragdbygget. Reelle i betydningen «reelle prosjektforutsetninger», hvor det er tatt hensyn til lokalt kjølt areal, U-verdier, reelle internlaster med mer. Dette ga god oversikt over energiberegningene og ble benyttet i oppgaven. Norsk Fjernvarme (u.å.) skriver at både fjernvarme- og bioenergimiksen varierer litt fra år til år. Dette vil kunne gi både positiv og negative resultater i forhold til miljøpåvirkningene. I oppgaven vil det kun benyttes data fra 2019.

For beregningene rundt strømproduksjon fra solceller ble e-post fra driftsleder i Statsbygg med verdier om solstrøm først vurdert. Disse dataene viste seg å være ufullstendige. Rapporten «Energi NTNU Gjøvik 2. utgave» (Solbakken og Halderaker, 2016) og «Klimagassberegninger NTNU Gjøvik. Sluttrapport as built.» (Fuglseth, 2017) ble derfor benyttet «reelle», detaljerte beregninger av solstrøm.

4 Livsløpsanalyse

4.1 Fase 1: hensikt og omfang av studiet

4.1.1 Hensikten med studiet

Når hensikten med LCA fastsettes, skal følgende punkter angis på en entydig måte (Standard Norge, 2006a):

Tiltenkt anvendelse

Studiet er tiltenkt brukt internt blant fagmiljøet på NTNU Gjøvik. Dette for å se innvirkningen campusbygget har på miljøet slik at det kan anvendes i fremtidig forskning og prosjekter.

Grunnen til gjennomføring av studiet

Grunnen til at dette studiet blir gjennomført er at det er ønskelig fra NTNU sin side å få gjennomført en livsløpsanalyse av deres nye campusbygg Smaragdbygget, og samtidig sammenligne en eventuell rehabilitering eller nybygg i fremtiden.

Tiltenkte mottakere: til hvem resultatene av studien er tenkt å skulle kommuniseres til

Resultatene av studien er tenkt å skulle kommunisere med andre byggingeniørstudenter, personer i tilknyttede fagmiljøer og andre interessenter.

Skal resultatene benyttes ved komparative utsagn som skal offentliggjøres?

Da bacheloroppgaven er gradert som åpen kan resultatene fra livsløpsanalysen benyttes ved komparative utsagn som skal offentliggjøres, av andre fagpersoner eller studenter.

4.1.2 Produktsystemet

Det er produktsystemet og ikke produktet som er gjenstand for livsløpsvurdering. Et produktsystem er en modell av et livsløp; en samling av enhetsprosesser. Eksempel på enhetsprosesser kan råvareuttak, byggefase, bruksfase, avhending eller transport (Byggforsk, 2014). Livsløpsvurdering av hele bygninger vil i tillegg til livsløpsvurdering av byggematerialene også omfatte bygningens bruksfase med beregnet energibruk, vannforbruk osv.

Produktsystemet for denne analysen er: «Campusbygningen Smaragdbygget med dens avgrensning, gjennom hele livsløpet fra “vugge til vugge”».

4.1.3 Funksjonell enhet

For å kunne sammenligne, analysere og tolke data, er det nødvendig med en felles, kvantitativ enhet. Da kan vi knytte resultatene opp mot systemets funksjon.

Den funksjonelle enheten blir i denne livsløpsanalysen:

«Multifunksjonell campusbygning, 5 etasjer, 5230 BTA m², 4980 m² BRA, nordisk klima, 120 års levetid, etter TEK10».

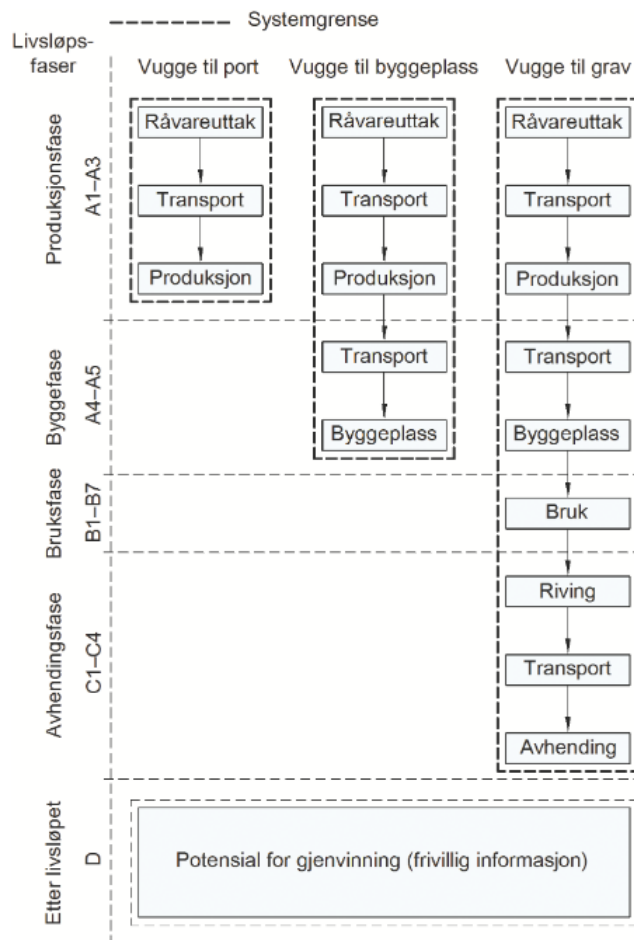
4.1.4 Systemgrense

Systemgrensen beskriver og avgjør hvilke prosesser som er inkludert i produktsystemet og dermed livsløpsanalysen.

Fastsettingen av systemgrensene følger «modularitetsprinsippet»: der prosessene påvirker miljøprestasjonen i løpet av bygningens livsløp, skal de tilordnes modulen på det punktet i livsløpet der de forekommer.

(Standard Norge, 2011a, s. 17)

Figur 4 (på neste side), fra Byggforsk (2015b) viser tre måter å fastsette systemgrensen til et produktsystem.



Figur 4: Eksempel på systemgrensen til et produksystem (Byggforsk, 2015b).

For livsløpsanalysen i denne bacheloroppgaven gjelder systemgrensen fra “vugge til vugge». Dette inkluderer også D-fasen: etter livsløpet. Denne modulen ligger utenfor byggets systemgrense og omfatter eventuelle fordeler og ulemper fra ombruk, materialgjenvinning og energiutnyttelse av materialer etter riving: ressurser for fremtidig bruk (Standard Norge, 2011a).

På grunn av ulike praktiske og nødvendige begrensninger og mangel på informasjon har det ikke vært mulig å gjennomføre en absolutt livsløpsanalyse av Smaragdbygget. Dette kommenteres nærmere i aktuelle moduler under delkapittel 4.2 «Fase 2: livsløpsregnskapsfasen (LCI)».

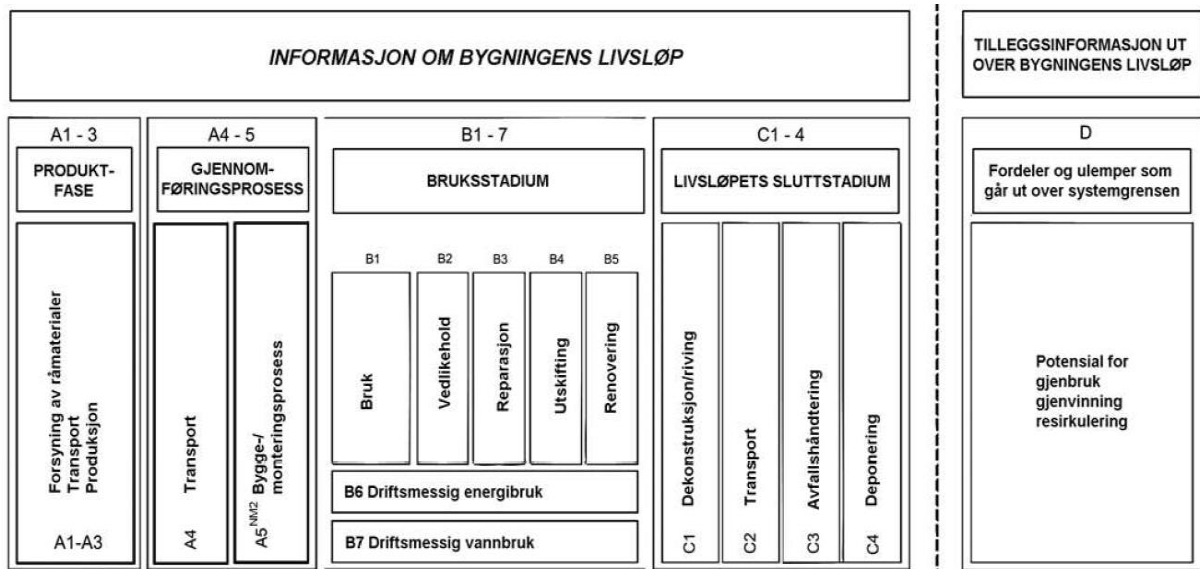
For vår analyse er følgende moduler inkludert:

- Scenario 1: Nybygg: A1-A4, B4, B6, B7, C1-C4, D

- Scenario 2: Rehabilitering: A1-A4, B4-B7, C1-C4, D

I figur 5 vises organiseringen av alle modulene og fasene i en livsløpsanalyse. Fase A1 - C4 beskriver miljøaspekter og miljøpåvirkninger som stammer fra prosesser innenfor bygningens systemgrense.

Fase D sikrer netto fordeler og ulemper i forbindelse med blant annet eksportert energi, sekundære materialer eller produkter som et resultat av, i henhold til figuren: gjenbruk, gjenvinning og resirkulering som foregår utenfor systemgrensen. Benevnelsene som er benyttet i denne livsløpsanalysen er ombruk, materialgjenvinning og energiutnyttelse da det samsvarer med avfallspyramiden (figur 1).



Figur 5: Faser i livsløpet (Standard Norge, 2011b, s. 19).

4.2 Fase 2: livsløpsregnskapsfasen (LCI)

4.2.1 Produktfasen: modul A1 - A3

Denne modulen dekker prosessene fra «vugge til port» for materialer og tjenester som benyttes i byggingen.

A1: Forsyning av råmaterialer

I denne modulen inngår uttak av ressurser angående aktuelle råmaterialer (Standard Norge, 2011a). Deretter kommer produksjonsprosessen av disse råmaterialene, inklusive bruk av energivarer. Videre transport av råmaterialene til produksjon av materialer. Eventuelt sekundære materialer legges til uten belastning fra framstillingsprosessen. Dersom aktuelt, inkluderes bearbeidelse av materialene før bruk.

Dette er data som allerede ligger i SimaPro sin database Ecoinvent 3 og som er benyttet i livsløpsanalysen.

A2: Transport

Dette gjelder transport fra produksjon av materialene fram til produksjonsstedet for produktet (Standard Norge, 2011a). Inkludert er blant annet produksjon og vedlikehold av kjøretøy, veg, jernbane: produksjon og utslipp av drivstoff for å nevne noe.

Dette er data som allerede ligger i SimaPro sin database Ecoinvent 3 og som er benyttet i livsløpsanalysen.

A3: Produksjon av produkt

Denne modulen beskriver produksjonen av produktet samt avfallsprosessene frem til punktet der avfallet går over til å bli et råmateriale i en ny prosess, eller deponert (Standard Norge, 2011a). I produksjon av produktet inkluderes framstilling og bruk av energibærere, for eksempel elektrisitet. Avfall som oppstår ved produksjonen av produktet og de forskjellige

fasene til håndtering av dette: blant annet transport, forbrenning/behandling av avfall, resirkulering.

I henhold til oppgavens avgrensning er det i tabell 1, oppført materialer og mengder som er benyttet. Disse materialmengdene benyttes til beregninger i SimaPro. For informasjon om benevnelser benyttet i SimaPro se vedlegg A.1. For deklarasjonsnummer brukt for materialdata se vedlegg A.2.

*Tabell 1:
Total mengde av materialer.*

PRODUKSJON AV PRODUKT: MATERIALMENGDER		
Materiale	Mengde	Enhet
Aluminium 40% resirkulert	108	kg
Aluminiumsprofil ekstrudert	1 168	kg
Armeringsstål gulv (20kg/tonn)	9 480	kg
Armeringsstål såler (25kg/tonn)	17 600	kg
Armeringsstål prefab betong	49 000	kg
Armeringstau HD (220, 320 og 400)	20 990	kg
Asfaltpapp	37 717	kg
Betong: gulv på grunn (B35M45 D-max 16 25% red)	474 000	kg
Betong: kompaktvegger (prefab)	745 634,1	kg
Betong: sandwichvegg (prefab)	480 287,5	kg
Betong: såler og fundamenter (B35M45 D-max 22)	704 000	kg
Betong: trapper/repos (prefab)	51 078,6	kg
Betong: hulldekker HD220 (371kg/m2 inkl. armering - 1,39%)	635	m ²
Betong: hulldekker HD320 (371kg/m2 inkl. armering -1,39%)	3 170	m ²
Betong: hulldekker HD400 (500kg/m2 inkl. armering - 2,3%)	119	m ²
Betong: bjelker (prefab)	16 500	kg
Betong: søyler (prefab)	7 500	kg
EPS trykkfasthet 80	17 595	kg
Gips GU lavutslipp	9 134	kg

Gips lavutslipp	67 083	kg
Glass 6mm	5 465	kg
Glassfasade	166	m ²
Glava glassull	3 863	kg
Konstruksjonsstål: bjelker	25 300	kg
Konstruksjonsstål: søyler	7 200	kg
Kryssfinér (plywood)	190 729	kg
Limtre: bjelker	14 570	kg
Limtre: søyler	19 270	kg
Massivtre: dekker	151 810	kg
Norsk konstruksjonslast (inkl. trespiler kledning)	68 304	kg
Propylen-membran	821	kg
PVC-membran/tettesjikt	4 093	kg
Steinull / Rockwool	48 083	kg
Stål fra malm, 70% resirkulert	5 494	kg
Trefiberplater medium tetthet	3 950	kg
Vindu, 3-lags glass, aluminiumskledning	22 470	kg

4.2.2 Gjennomføringsprosess: modul A4 - A5

Denne fasen dekker alle prosessene fra fabrikkporten til de aktuelle byggevarene og til ferdig oppført bygg.

A4: Transport

Dette gjelder transport av materialer/produkter fra fabrikkport til byggeplassen inklusive transport av byggeplassutstyr (kraner, stilas osv.) til og fra byggeplass.

E-post angående informasjon om transport av byggeplassutstyr ble sendt til totalentreprenør Betonmast Innlandet AS, men fikk til svar at informasjon var blitt borte på grunn av programvareoppdatering, og at de ikke hadde oversikt over frakting av anleggsmaskiner

(vedlegg E.3). Oppgaven begrenses derfor til å gjelde transport av aktuelle materialer. Alle databeregninger av transport er gjort til Teknologivegen 22, NTNU i Gjøvik.

Kilder for valg av transportsted er i vedlegg A.3: «Transport av materialer».

Tabell 2 viser transportavstand fra produksjonssted og viser hvor mange tonn materiale som blir fraktet og tonn-kilometer (TKM). TKM er enheten som brukes for beregning av transport. Denne enheten benyttes for videre beregninger av miljøpåvirkning for transport i SimaPro.

*Tabell 2:
Transport av materialer fra produksjonssted til byggeplass.*

TRANSPORT AV MATERIALER TIL BYGGEPLASS				
Materiale	Transport fra	Avstand [Km]	T [Tonn]	TKM
Aluminium, 40% resirkulert	Uthusvegen 21, 2335 Stange.	105,7	0,108	11,4156
Aluminiumsprofil ekstrudert	Uthusvegen 21, 2335 Stange.	105,7	1,168	123,4576
Armeringsstål gulv	Bentsrudveien 3, 3080 Holmestrand	184	9,48	1 744,32
Armeringsstål såler	Bentsrudveien 3, 3080 Holmestrand	184	17,6	3 238,4
Armeringsstål prefab	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	42,6	49,0	2 087,4
Armeringstau hulldekker	Hensmoveien 88, 3516 Hønefoss	--	--	--
Asfaltpapp	Prestemoen 9, 3945 Porsgrunn	257	37,717	9 693,269
Betong: bjelker	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	42,6	18	702,9
Betong: gulv på grunn	Raufossvegen 632, 2811 Hunndalen	6,9	474	3 270,6
Betong: hulldekker HD220	Hensmoveien 88, 3516 Hønefoss	96	232,31	22 301,76
Betong: hulldekker HD320	Hensmoveien 88, 3516 Hønefoss	96	1 159,723	111 333,408

Betong: hulldekker HD400	Hensmoveien 88, 3516 Hønefoss	96	58,132	5 580,672
Betong: kompaktvegger (prefab)	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	42,6	771	31 764,01266
Betong: sandwichvegg (prefab)	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	42,6	499	20 460,2475
Betong: søyler (prefab)	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	42,6	8	319,5
Betong: såler og fundamenter	Raufossvegen 632, 2811 Hunndalen	6,9	704	4857,6
Betong: trapper/repos (prefab)	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	42,6	54	2 175,94836
Dekker, massivtre	Mayr-Melnhof Holz Leoben GmbH Turmgasse 67 - 8700 Leoben - Austria	1 577 (lastebil)	151,81	239 404,37
		180 (båt)	151,81	27 325,8
		241 (lastebil)	151,81	36 586,21
EPS trykkfasthet 80	Generell for EPS-produsenter i Norge	100	17,595	1 759,5
Gips GU lavutslipp	Svelvikveien 625, NO 3060 Svelvik	156	9,134	1 424,904
Gips lavutslipp	Svelvikveien 625, NO 3060 Svelvik	156	67,083	10 464,948
Glass 6mm	Uthusvegen 21, 2335 Stange.	105,7	5,465	577,6505
Glassfasade	Uthusvegen 21, 2335 Stange.	105,7	11,228	1 186,7996
Glava glassull	300 km representativ transportavstand	300	3,863	1 158,9
Konstruksjonslast	Sagveien 10, 2074 Eidsvoll Verk	76,9	68,304	5 252,5776
Konstruksjonsstål: bjelker	Gjennomsnitt for Europeisk produksjon	1195	25,3	30 233,5

Konstruksjonsstål: søyler	Gjennomsnitt for Europeisk produksjon	1195	7,2	8 604
Kryssfinér (plywood)	Otterbäcken, Sverige.	369,5	190,729	70 474,3655
Limtre: søyler og bjelker	Lundemovegen 1, 2390 Moelv	35,4	33,84	1 197,936
Propylen-membran	Gjennomsnittlig avstand av 2 stykk EPD	154	0,821	126,434
PVC- membran/tettesjikt	Drammen, Norge	149	4,093	609,857
Steinull /Rockwool	225 km vektet gjennomsnitt	225	48,083	10 818,675
Stål fra malm, 70% resirkulert	Gjennomsnitt fra Europeisk produksjon	1 195	5,494	6 565,33
Trefiberplater	Sagveien 10, 2074 Eidsvoll Verk	76,9	3,95	303,755
Vindu, 3-lags glass, aluminiumskledning	Industriveien 10, 7200 Kyrksæterøra	422	22,47	9 482,34
			Total TKM	683 222,7629

A5: Bygge- og monteringsprosess

Bygge- og monteringsfasen omfatter blant annet grunnarbeider, transport inne på byggeplass, midlertidige arbeider, montering av materialer og produkter i bygningen, forbruk av strøm og varme med mer.

E-post angående informasjon om overnevnte ble sendt til entreprenør Betonmast Innlandet AS, men fikk til svar at informasjon var blitt borte på grunn av programvareoppdatering (vedlegg E.3). Denne modulen er derfor ikke tatt med i livsløpsanalysen.

4.2.3 Bruksstadium: modul B1 - B7

Bruksstadiet omhandler perioden fra ferdigstillelse av bygget til bygget skal dekonstrueres eller rives. Denne systemgrensen omfatter tjenester, produkter og materialer som trengs for å

oppretholde byggets driftsmessige og konstruksjonsmessige forhold (Standard Norge, 2011a). De forskjellige modulene blir nærmere beskrevet.

B1: Bruk

Denne modulen omfatter påvirkningene på grunn av normale og forventede bruksforhold for bygningens materialer og komponenter (Standard Norge, 2011a). Dette gjelder blant annet utslipp av stoffer fra innvendige og utvendige overflater.

Denne modulen vil ikke bli behandlet i livsløpsanalysen da det er en komplisert oppgave å få presise målinger av utslipp til omgivelsene fra materialer.

B2: Vedlikehold

Denne modulen omfatter aktiviteter som må utføres for at bygningen i det daglige skal fungere som forutsatt (Standard Norge, 2011a). Her inngår innvendig og utvendig renhold, ettersyn av tekniske installasjoner, vedlikehold av estetisk kvalitet slik som maling på vinduskarmer.

Det har ikke vært mulig å innhente tilstrekkelig informasjon, slik som hvilke type materialer benyttes ved vedlikeholdet og mengde. Denne modulen vil derfor ikke bli behandlet i livsløpsanalysen.

B3: Reparasjon

Reparasjon omfatter alle prosesser for å reparere materialer og bygningskomponenter i bygningens bruksfase (Standard Norge, 2011a). Det inkluderer produksjon og transport av ny del, reparasjonsprosessen og håndtering av avfall.

Det har ikke vært mulig å innhente tilstrekkelig informasjon, slik som hvilke type materialer benyttes ved reparasjon og mengde. Denne modulen vil derfor ikke bli behandlet i analysen.

B4: Utskifting

Utskifting gjelder ofte materialer og komponenter som har kortere levetid enn selve bygningen (Standard Norge, 2011a). Denne modulen omfatter blant annet produksjon og transport av produkt/materiale som skiftes ut, selve utskiftingsprosessen og håndtering av avfallet.

Denne modulen er begrenset til å gjelde utskifting av aktuelle materialer og komponenter som er avgrenset i oppgaven. Disse verdiene er ført opp i tabell 3. Angående levetid og intervaller for utskifting av materialer og komponenter, er denne informasjonen strukturert i vedlegg B: «Intervaller for fase: B2-B5». Data på transport av materialer til bygg er i tabell 4.

Tabell 3:
Utskifting: produksjonsfase av nytt materiale.

UTSKIFTING: PRODUKSJONSFASE AV NYTT MATERIALE				
Materiale / konstruksjon	Beskrivelse	Medium intervalltid	Antall utskiftinger i løpet av levetiden	Mengde
		År	Pr. 60 år	kg
Asfalttakpapp	Omlegging.	50	1	37 717
Trespiler ubehandlet, yttervegg	Utskifting, 10% spiler	50	1	2 641,5

Tabell 4:
Utskifting: transport av materialer til bygg.

UTSKIFTING: TRANSPORT AV MATERIALER TIL BYGG				
Materiale	Transport fra	Avstand [Km]	T [Tonn]	TKM
Asfaltpapp	Prestemoen 9, 3945 Porsgrunn	257	37,717	9 693,269
Konstruksjonslast	Sagveien 10, 2074 Eidsvoll Verk	76,9	2,6415	203,13135
Totalt				9 896,40035

Data tilknyttet sluttstadiet til materialene som skiftes ut finnes i punkt 4.2.4 og avhending av materialene i punkt 4.2.5. Her finnes følgende data:

- Første sorteringsmetode for avfallshåndtering (tabell 9).
- Transport av masse til mottakssted (tabell 12).
- Fordeling av avfall (tabell 15).
- Avhending av materialet (tabell 18).

B5: Renovering

Renovering for en bygning omfatter blant annet produksjon og transport av aktuelle nye materialer eller komponenter, byggingen som er en del av renoveringsprosessen og håndtering av avfall (Standard Norge, 2011a). Det vil i denne casestudien bli benyttet rehabilitering som terminologi i stedet for renovering.

I scenario 2 inngår rehabilitering av Smaragdbygget. Alle bærende komponenter blir beholdt. Dekker, bjelker, søyler, og vegger av betong, stål og massivtre/limtre, samt trapper, gulv på grunnen, såler og fundamenter i betong. Selv om disse er oppført til 60 års levetid, er dette referanselevetid til bygget. Ifølge Leland (2008) vil levetiden være vesentlig lengre for disse komponentene. Angående levetid og intervaller for utskifting av materialer og komponenter, er denne informasjonen strukturert i vedlegg B.

*Tabell 5:
Rehabilitering: materialmengder.*

REHABILITERING: MATERIALMENGDER			
Materialer til utskifting ved rehabilitering	Mengde	Enhet	Kommentar
Aluminium	1 276	kg	
Metall: stål stendere	5 494	kg	Kun ikke-bærende, stålstendere byttes ut
Vindu, 3-lags glass, aluminiumskledning	22 470	kg	

Glassfasade	11 228	kg	
Glass 6mm	5 465	kg	
Steinull /Rockwool	48 083	kg	
Glava glassull	3 863	kg	
EPS trykkfasthet 80	8 785	kg	Skifter kun mengde EPS for tak. EPS benyttet i grunn/fundamenter og i betong sandwichvegg blir ikke skiftet ut.
Gips lavutslipp	67 083	kg	
Gips GU lavutslipp	9 134	kg	
Norsk konstruksjonslast	68 304	kg	
Trefiberplater medium tetthet	3 950	kg	
Kryssfinér (Plywood)	190 729	kg	
PVC-membran/tettesjikt	4 093	kg	
Propylen-membran	520	kg	Skifter ikke ut for grunn og fundamenter
Asfalttakpapp	37 717	kg	

Tabell 6:
Renovering: transport av materialer til bygg.

REHABILITERING: TRANSPORT AV MATERIALER TIL BYGG				
Materiale	Transport fra	Avstand [Km]	T [Tonn]	TKM
Aluminium	Uthusvegen 21, 2335 Stange.	105,7	1,276	134,8732
Metall: stål stendere	Gjennomsnitt fra Europeisk produksjon	1195	5,494	6 565,33
Vindu, 3-lags glass, aluminiumskledning	Industriveien 10, 7200 Kyrksæterøra	422	22,470	9 482,34
Glassfasade	Uthusvegen 21, 2335 Stange.	105,7	11,228	1 186,7996

Glass 6mm	Uthusvegen 21, 2335 Stange.	105,7	5,465	577,6505
Steinull /Rockwool	225 km vektet gjennomsnitt	225	48,083	10 818,675
Glava glassull	300 km representativ transportavstand	300	3,863	1 158,9
EPS trykkfasthet 80	Generell for EPS produsenter i Norge.	100	8,785	887,85
Gips lavutslipp	Svelvikveien 625, NO 3060 Svelvik	156	67,083	10 464,948
Gips GU lavutslipp	Svelvikveien 625, NO 3060 Svelvik	156	9,134	1 424,904
Norsk konstruksjonslast	Sagvegen 10, 2074 Eidsvoll Verk	76,9	68,304	5 252,5776
Trefiberplater medium tetthet	Sagvegen 10, 2074 Eidsvoll Verk	76,9	3,950	303,755
Kryssfinér	Otterbäcken, Sverige	369,5	190,729	70 474,3655
PVC-membran	Drammen, Norge	149	4,093	609,857
Propylen-membran	Gjennomsnittlig avstand	154	0,520	80,08
Asfalttakpapp	Prestemoen 9, 3945 Porsgrunn	257	37,717	9 693,269
Totalt				129 116,1764

Data tilknyttet sluttstadiet til materialene som benyttes under rehabilitering finnes i punkt 4.2.4. og avhending av materialene under punkt 4.2.5. Her finnes følgende data:

- Første sorteringsmetode for avfallshåndtering (tabell 10).
- Transport av masse til mottakssted (tabell 13).
- Fordeling av avfall (tabell 16).
- Avhending av materialet (tabell 19).

B6: Driftsmessig energibruk

Denne modulen omfatter energi som det bygningsintegrerte systemet bruker når bygget er i drift (Standard Norge, 2011a). Energibruken i bygningen bestemmes på grunnlag av beregnet eller årlig energibruk. Denne energien skal dekke oppvarming, varmtvann, ventilasjon, kjøling, pumper, vifter, kontroll, automasjon (tilleggsenergi) og belysning. Energibruk til andre bygningsintegrerte tekniske systemer (heis, servere/IKT) skal rapporteres separat. En bygning kan også produsere energi og eventuelt eksportere energi.

Energibehov generelt

Reelle energiberegninger for Smaragdbygget ble utført i «Energi NTNU Gjøvik 3. utgave» (Solbakken og Halderaker, 2017). Se oppsett i tabell 7: «Energibehov for Smaragdbygget pr. år».

Fjernvarme

I Smaragdbygget er 100% av oppvarmingsbehovet dekket av fjernvarme. Fjernvarmemiks er i 2019 satt til 99,7% bioenergi og 0,3% fossil olje (Norsk Fjernvarme, u.å.).

For fjernvarme i Gjøvik: bioenergi, deles opp i 90% returtre, 4% pellets, 2% bioolje og 4% biogass. SimaPro benytter tre og biogass.

I samråd med veileder, Lizhen Huang, ble det bestemt å forenkle fjernvarmemiks til 100% bioenergi, bestående kun av returtre som inngangsdata i SimaPro. Dette vil gi mindre miljøbelastning enn faktiske inndeling.

Solstrøm

I «Energi NTNU Gjøvik, 2. utgave» (Solbakken og Halderaker, 2016) er total årlig strømproduksjon fra solcellene beregnet til 71.500 kWh. Denne produksjonen ble korrigert til 74.000kwh i «Klimagassberegninger NTNU Gjøvik. Sluttrapport as built.» (Fuglseth, 2017). Dette er inkludert i våre beregninger hvor det er benyttet samme mengde solstrøm til eget bruk som i «Energi NTNU Gjøvik, 2. utgave», men økt solstrøm til eksport tilsvarende differansen i ovennevnte to rapporter.

For di tidspunktene for høy solstrømproduksjon og høyt energibehov ikke samsvarer, vil noe av solstrømmen eksporteres til nettet. Netto utslippsgevinst som følge av solstrøm til eksport skal rapporteres i modul D. Dette tilsvarer 21 522 kWh pr år.

For Smaragdbygget tilsvarer dette 1 291 320 kWh for en funksjonell levetid på 60 år. Omregnet til energi (MJ) blir dette 4 648 752 MJ, når 1kWh tilsvarer 3,6 MJ.

I samråd med veileder, Lizhen Huang, ble det bestemt å fjerne solstrøm eksportert til strømmettet fra modul D. Dette fordi produksjon av solcellepanelene ikke er inkludert i livsløpsanalysen. Hva netto solstrøm til eksport utgjør av gevinst i henhold til miljøbelastning vil bli tatt opp i diskusjonen under kapittel 6.3.

Tabell 7 beskriver hvor energien kommer fra, type og mengde for netto energibehov og levert energibehov.

Tabell 7:
Energibehov for Smaragdbygget.

ENERGIBEHOV FOR SMARAGDBYGGET PR.ÅR					
Energivare (FE = fornybar energi) (IFE = ikke fornybar energi)		Energipost	Netto energibehov	Levert energibehov	
			kWh	kWh	
Direkte EL (FE)		Belysning	61 515	277 101	748 406
		Vifter	69 214		
		Pumper	8 771		
		Romkjøling	316 761		
		Teknisk utstyr	471 305	471 305	
Fjernvarme	Bioenergi (FE) ≈ 99,7%	Romoppvarming	70 049	130 695	131 088
		Varmtvann	22 714		
		Ventilasjonsvarme (varmebatteri)	20 788		
		Ventilasjonskjøling (kjølebatteri)	13 441		
		Romoppvarming	211	393	

	Fossil olje (IFE) \approx 0,3%	Varmtvann	68	
		Ventilasjonsvarme (varmebatteri)	63	
		Ventilasjonskjøling (kjølebatteri)	40	
Totalt energibehov, med teknisk utstyr:			1 054 941	879 495
Totalt energibehov, uten teknisk utstyr:			583 636	408 190
Solstrøm (FE)	(I stedet for direkte EL)	Eget bruk		-52 478
Totalt levert energibehov, uten teknisk utstyr, fratrukket for solstrøm til egenbruk:				355 712
Solstrøm (FE)		Til eksport		-21 522
Netto levert energibehov, uten teknisk utstyr:				334 190

B7: Driftsmessig vannbruk

Denne fasen omfatter alt vann som brukes, og behandling av vannet før og etter bruk, under normal drift av bygningen, fra overlevering til bygningen dekonstrueres eller rives. Dette gjelder ikke under vedlikehold, reparasjon, utskifting og renovering (Standard Norge, 2011a).

Reelt vannforbruk i Smaragdbygget, innhentet fra driftsleder i Statsbygg (vedlegg E.1) har følgende verdier:

- 26.03.2018: 185 m³
- 02.03.2020: 2 040 m³

Dette gir et vannforbruk avrundet til 854m³ pr. år for Smaragdbygget.

For Smaragdbygget tilsvarer dette 51 240 m³ over en levetid på 60 år (uten å ta høyde for forandringer/justeringer). Med en densitet på 997kg/m³ for vann tilsvarer dette totalt 51 086 280 kg vann, som benyttes som inngangsdata til SimaPro.

4.2.4 Livsløpets sluttstadium: modul C1 - C4

Livsløpets sluttstadium for en bygning starter når bygningen er satt ut av drift, og den ikke er beregnet på å brukes mer. På dette tidspunkt kan rive/dekonstruksjon anses for å være en prosess med mange utgangsfaktorer som representerer en kilde til materialer, produkter og bygningsdeler som skal kastes, gjenvinnes, resirkuleres eller gjenbrukes (Standard Norge, 2011a). En bygning forutsetter å ha nådd sitt livsløp når byggeplassen er ryddet og alle materialer og komponenter er fjernet, og byggeplassen er klargjort for nytt prosjekt.

C1: Dekonstruksjon/riving

Denne modulen omfatter alle prosesser som er nødvendig for riving av bygningen, både på byggeplassen og eventuelle midlertidige prosesser som pågår utenfor byggeplassen, samt innledende sortering av materialer (Standard Norge, 2011a). Her inngår også bruk av energi og eventuelt andre hjelpestoffer som kreves i disse prosessene (LCA.no, 2019).

Byggforsk (2011) deler riving av bygninger inn i to hovedkategorier:

- Rehabiliteringsriving: riving av deler av bygning.
- Helriving: riving av hele bygninger.

Det skal i analysen bli tatt for seg både rehabiliteringsriving og helriving av Smaragdbygget.

For informasjon angående energibruk ved demontering og sortering av fraksjoner, ble det sendt e-post til aktuelle firma om data på dette, men det er ikke mottatt noen svar. Modulen begrenses derfor til kun å vise oppsett av inndeling av fraksjoner i henhold til første sorteringsmetode (kildesortering), se tabell 8 «Fraksjoner».

Fraksjoner

Ved første sorteringsmetode fordeles avfallet etter type materialer. Dette kalles fraksjoner. SSB har slått sammen flere fraksjoner for å minske antallet og bedre oversikten (Rønningen, 2000). Inndelingen av «fraksjoner ved registrering» i tabell 8 er gjort tilsvarende SSB sin sammenslåing av materialfraksjoner og etter avfallstyper fra Norsk Gjenvinning (u.å.). Ved å

gjøre dette kan SSBs statistikk om utvalgte avfallsbehandlinger (SSB, 2020) benyttes for å beregne prosentvis fordeling og overføre disse prosentene til materialfraksjoner som vist under C3: avfallshåndtering i tabell 15, 16 og 17.

Angående forurensede masser, farlig og radioaktivt avfall i Smaragdbygget, har vi sendt e-post til entreprenør Betonmast Innlandet AS, men ikke fått svar tilbake som kan benyttes for beregning av dette. Det antas derfor rene masser, og det benyttes prosentvis fordeling fra statistikk (SSB, 2020).

Tabell 8 viser «fraksjoner ved registrering», som tilsvarer materialene i tabell 1, og hvilken materialfraksjon de tilhører. Noen vil ha forskjellig mengde materialfraksjon om det gjelder utskifting, rehabilitering eller nybygg. Mengdene for disse materialfraksjonene benyttes videre i tabell 9, 10 og 11.

*Tabell 8:
Fraksjoner.*

FRAKSJONER				
Fraksjoner ved registrering		Utskiftning	Rehabilitering	Nybygg
	Mengde [kg]	Mengde [kg]	Mengde [kg]	Mengde [kg]
Betong: såler og fundamenter (s/f)	704000			704 000
Betong: gulv på grunn (g.p.g)	474 000			474 000
Betong: kompaktvegger (k.v)	745 634,1			745 634,1
Betong: sandwichvegg (sw.v)	480 287,5			480 287,5
Betong: bjelker (bj)	16 500			16 500
Betong: søyler (sø)	7 500			7 500
Betong: trapper/repos (tr/r)	51 078,6			51 078,6
HD220	232 310			232 310
HD320	1 159 723			1 159 723
HD400	58 132			58 132
Totalt: betong uten armering	3 929 165,2	-	-	3 929 165,2

Armeringsstau HD (220, 320 og 400)	20 990			20 990
Armeringsstål (s/f)	17 600			17 600
Armeringsstål (g.p.g)	9 480			9 480
Armeringsstål (k.v, sw.v, bj, sø, tr/r.)	48 999,8			48 999,8
Konstruksjonsstål: søyler	7 200			7 200
Konstruksjonsstål: bjelker	25 300			25 300
Stål fra malm, 70% resirk	5 494		5 494	5 494
Totalt: metall stål	135 063,8	-	5 494	135 063,8
Aluminiumsprofil ekstrudert	1 168		1 168	1 168
Aluminium, primær 40% resirk	108		108	108
Totalt: metall aluminium	1 276	-	1 276	1 276
Steinull /Rockwool	48 083		48 083	48 083
Glava glassull	3 863		3 863	3 863
Totalt: mineralull	51 946	-	51 946	51 946
Massivtre: dekker	151 810			151 810
Limtre: bjelker	14 570			14 570
Limtre: søyler	19 270			19 270
Norsk konstruksjonslast	68 304	26 415	68 304	68 304
Trefiberplater medium tetthet	3 950		3 950	3 950
Kryssfinér (plywood)	190 729		190 729	190 729
Totalt: trevirke	448 633	26 415	262 983	448 633

Vindu, 3-lags glass, aluminiumskledning	22 470		22 470	22 470
Glassfasade	11 228		11 228	11 228
Glass 6mm	5 465		5 465	5 465
Totalt: glass	39 163	-	39 163	39 163
Gips lavutslipp	67 083		67 083	67 083
Gips GU lavutslipp	9 134		9 134	9 134
Totalt: gips	76 217	-	76 217	76 217
EPS	17 595		8 785	17 595
PVC-membran/tettesjikt	4 093		4 093	4 093
Propylen-membran	821		520	821
Totalt: plast	22 509	-	13 398	22 509
Asfaltpapp	37 717	37 717	37 717	37 717
Totalt: asfaltpapp	37 717	37 717	37 717	37 717

Første sorteringsmetode

De aktuelle materialfraksjonene for utskifting, riving ved rehabilitering og helriving ved nybygg vil benyttes videre i tabell 15, 16 og 17 under modul C3: avfallshåndtering, hvor mengden er prosentvis fordelt på mottakssted.

Tabell 9:
Første sorteringsmetode: utskifting.

FØRSTE SORTERINGSMETODE: UTSKIFTING	
Materialfraksjoner	Mengde [kg]
Trevirke	2 641,5
Asfaltpapp	37 717

Tabell 10:
Første sorteringsmetode: riving ved rehabilitering.

FØRSTE SORTERINGSMETODE: RIVING VED REHABILITERING	
Materialfraksjoner	Mengde [kg]
Metall	5 494
Aluminium	1 276
Mineralull	51 946
Trevirke	262 983
Glass	39 163
Gips	76 217
Plast	13 398
Asfaltpapp	37 717

Tabell 11:
Første sorteringsmetode: helriving ved nybygg.

FØRSTE SORTERINGSMETODE: HELRIVING VED NYBYGG	
Materialfraksjoner	Mengde [kg]
Betong: uten armering	392 9165,2
Metall: stål	135 063,8
Aluminium	1 276
Mineralull	51 946
Tre	448 633

Glass	39 163
Gips	76 217
Plast	22 509
Asfaltpapp	37 717

C2: Transport

Denne modulen skal ifølge Standard Norge (2011a): «omfatte alle påvirkninger som skyldes transport inntil stadiet for avhending og/eller opphør som avfall er nådd». Det vil si all type transport fra materialene/bygningsdelene demonteres til det er levert til avfallshåndtering: til gjenvinningssted eller endelig avfallsplass.

Modulen begrenses til å gjelde transport fra byggeplassen til aktuelt mottakssted for de forskjellige fraksjonene, da det ikke har lyktes å innhente data på transport inne på selve byggeplass området.

Aktuelle mottak ved utskifting, rehabiliteringsriving og helriving for de forskjellige materialfraksjonene, er listet i tabell 12, 13 og 14. Transportavstandene er beregnet i Google Maps. Prosentvis fordeling av avfall er hentet fra «Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving» hos (SSB, 2020), mer detaljert beskrevet i modul C3.

Mottak og transportstrekning

Materialgjenvinning og avhending/deponi:

- Østlandet Gjenvinning (ØG), Sveumveien 57, 2827 Hunndalen.
- Transportstrekning: NTNU Gjøvik → ØG: 4 km.

Energiutnyttelse: restavfallet som blir igjen etter sortering hos Østlandet Gjenvinning leveres til forbrenning på Eidsivas anlegg, Trehørningen i Hamar.

- Eidsiva (E), Trehørningen, 2323 Ingeberg.
- Transportstrekning: NTNU Gjøvik → ØG → E: 55,6 km.

Tabell 12:
Transport av masse: utskifting.

TRANSPORT AV MASSE: UTSKIFTING			
Materialfraksjoner	Mengde prosentvis fordelt på mottakssted TKM		
	Materialgjenvinning	Energiutnyttelse	Deponi
	ØG: 4 km	E: 55,6 km	ØG: 4 km
Trevirke	0,179	143,783	0,0528
Asfaltpapp		1 398,742	50,239
Summert TKM	0,179	1 542,525	50,2918
Total TKM			1 592,9958

Tabell 13:
Transport av masse: riving ved rehabilitering.

TRANSPORT AV MASSE: RIVING VED REHABILITERING			
Materialfraksjoner	Mengde, prosentvis fordelt på mottakssted TKM		
	Materialgjenvinning	Energiutnyttelse	Deponi
	ØG: 4 km	E: 55,6 km	ØG: 4 km
Metall	21,976		
Aluminium	5,104		
Mineralull			207,784
Trevirke	17,883	14 314,796	5,260
Glass	115,453	298,312	9,712
Gips	157,312		147,556
Plast	24,706	208,580	13,880
Asfaltpapp		1 398,742	50,239
Summert TKM	342,434	16 220,43	434,431
Total TKM			16 997,295

Tabell 14:
Transport av masse: helriving ved nybygg.

TRANSPORT AV MASSE: HELRIVING VED NYBYGG			
Materialfraksjoner	Mengde, prosentvis fordelt på mottakssted TKM		
	Materialgjenvinning	Energiutnyttelse	Deponi
	ØG: 4km	E: 55,6km	ØG: 4km
Betong: uten armering	9 194,247		6 428,114
Metall: stål	540,255		
Aluminium	5,104		
Mineralull			207,784
Tre	30,507	24 420,171	5,293
Glass	115,453	298,312	9,712
Gips	157,312		147,556
Plast	41,507	350,420	23,319
Asfaltpapp		1 398,742	50,239
Summert TKM	10 084,385	26 467,645	6 872,017
Total TKM	43 424,047		

C3: Avfallshåndtering

Denne modulen omhandler alle prosesser for avfallshåndtering fra vedlikehold, reparasjon, utskifting og renovering, samt dekonstruksjon/riving. Håndtering av avfall i materialstrømmer beregnet på gjenbruk, resirkulering eller energigjenvinning skal også beskrives her (Standard Norge, 2011a).

Det benyttes data fra SimaPro sin database Ecoinvent 3 for beregning av dette.

Fordeling av avfall

Det er benyttet Statistisk Sentralbyrå (SSB) for informasjon om prosentvis fordeling av avfallsmengder i Norge. Statistikkene «Behandling av avfall fra nybygg, rehabilitering, og riving» og «Genererte mengder avfall fra nybygging, rehabilitering og riving» (SSB, 2020) er

benyttet for å finne generell, prosentvis fordeling som kan benyttes for aggregerte fraksjoner. Der det ikke er informasjon om fraksjon i SSB er det benyttet aktuell EPD eller grønn materialguide fra Grønn byggallianse (2017) for prosentvis fordeling av avfallsmengde.

Tabell 15:
Fordeling av avfall: utskifting.

FORDELING AV AVFALL: UTSKIFTING				
Materialfraksjoner	Mengde [kg]	Gjenvinning	Energi- utnyttelse	Deponi
Trevirke (utskifting)		1,7%	97,9%	0,5%
	2 641,5	45	2 586	13
Asfaltpapp			66,7%	33,3%
	37 717		25 157	12 560
Totale mengde til type mottak:		45	27 743	12 573

Tabell 16:
Fordeling av avfall: riving ved rehabilitering.

FORDELING AV AVFALL: RIVING VED REHABILITERING				
Materialfraksjoner	Mengde [kg]	Gjenvinning	Energi- utnyttelse	Deponi
Metall		100%		
	5 494	5 494		
Aluminium		100%		
	1 276	1 276		
Mineralull				100%
	51 946			51 946
Trevirke		1,7%	97,9%	0,5%
	262 983	4 471	257 460	1 315
Glass		73,7%	13,7%	6,2%
	39 163	28 863	5 365	2 428
Gips		51,6%		48,4%

	76 217	39 328		36 889
Plast		46,1%	28,0%	25,9%
	13 398	6176	3751	3470
Asfaltpapp			66,7%	33,3%
	37 717		25 157	12 560
Totale mengde til type mottak:		85 608	291 733	108 608

Tabell 17:
Fordeling av avfall: helriving ved nybygg.

FORDELING AV AVFALL: HELRIVING VED NYBYGG				
Materialfraksjoner	Mengde [kg]	Gjenvinning	Energi- utnyttelse	Deponi
Betong: uten armering		58,5%		40,9%
	3 929 165,2	2 298 562		1 607 029
Metall: stål		100%		
	135 063,8	135 063,8		
Aluminium		100%		
	1 276	1 276		
Mineralull				100%
	51 946			51 946
Tre		1,7%	97,9%	0,5%
	448 633	7 627	439 212	2 243
Glass		73,7%	13,7%	6,2%
	39 163	28 863	5 365	2 428
Gips		51,6%		48,4%
	76 217	39 328		37 194
Plast		46,1%	28,0%	25,9%
	22 509	10 377	6 303	5 830
Asfaltpapp			66,7%	33,3%
	37 717		25 157	12 560
Total mengde til type mottak:		2 521 096	476 037	1 719 229

C4: Avhending

Denne modulen tar for seg eventuell forbehandling og håndtering av materialer og komponenter etter transport, som er nødvendig før avhending (Standard Norge, 2011b).

E-post er sendt til mottak for avhending angående forbruk av energi i henhold til disse prosessene, men det er ikke mottatt svar angående forbruk av energi. Det benyttes data fra SimaPro sin database Ecoinvent 3 for beregning av dette.

Tabellene 18, 19 og 20 viser avhendet ikke farlig avfall og avfall til forbrenning: for utskifting, riving ved rehabilitering og helriving ved nybygg.

Tabell 18:
Avhending: utskifting.

AVHENDING: UTSKIFTING		
Avfallsbehandling	Beskrivelse	Mengde [kg]
Avhendet ikke farlig avfall	Permanent lagret avfall: deponering	12 573
Avfall til forbrenning	Energiutnyttelse	27 743
Totalt til avhending:		40 316

Tabell 19:
Avhending: riving ved rehabilitering.

AVHENDING: RIVING VED REHABILITERING		
Avfallsbehandling	Beskrivelse	Mengde [kg]
Avhendet ikke farlig avfall	Permanent lagret avfall: deponering	108 608
Avfall til forbrenning	Energiutnyttelse	291 733
Totalt til avhending:		400 341

Tabell 20:
Avhending: helriving ved nybygg.

AVHENDING: HELRIVING VED NYBYGG		
Avfallsbehandling	Beskrivelse	Mengde [kg]
Avhendet ikke farlig avfall	Permanent lagret avfall: deponering	1 719 229
Avfall til forbrenning	Energiutnyttelse	476 037
Totalt til avhending:		2 195 266

4.2.5 Fordeler og ulemper ut over systemgrensen - D

I denne modulen blir netto miljømessige fordeler og ulemper tallfestet for prosessene materialgjenvinning og energiutnyttelse, som hentes fra eksportert energi og netto materialstrømmer som krysser systemgrensen (Standard Norge, 2011a). Materialer som går til materialgjenvinning eller energiutnyttelse kategoriseres som potensielle ressurser for framtidig bruk. Disse er vist i tabell 21, 22 og 23. Det samme gjelder for eksportert energi i løpet av byggets levetid, vist i tabell 24 (ettersom bidraget for eksportert solstrøm blir kommentert i diskusjonen under punkt 6.3).

Det benyttes data fra SimaPro sin database Ecoinvent 3 for beregning av dette.

Tabell 21:
Potensiell ressurs: utskifting.

POTENSIELL RESSURS: UTSKIFTING			
Avfallsbehandling	Beskrivelse	Mengde	Enhet
Gjenvinning	Materialer	45	kg
Energigjenvinning	Bygg- og rivningsavfall (materialer) som oppfyller lovbestemte krav til energigjenvinning	27 743	kg

Tabell 22:
Potensiell ressurs: riving ved rehabilitering.

POTENSIELL RESSURS: RIVING VED REHABILITERING			
Avfallsbehandling	Beskrivelse	Mengde	Enhet
Gjenvinning	Materialer	85 608	kg
Energigjenvinning	Bygg- og rivningsavfall (materialer) som oppfyller lovbestemte krav til energigjenvinning	291 734	kg

Tabell 23:
Potensiell ressurs: helriving ved nybygg.

POTENSIELL RESSURS: HELRIVING VED NYBYGG			
Avfallsbehandling	Beskrivelse	Mengde	Enhet
Gjenvinning	Materialer	2 521 096	kg
Energigjenvinning	Bygg- og rivningsavfall (materialer) som oppfyller lovbestemte krav til energigjenvinning	476 037	kg

Tabell 24:
Potensiell ressurs ved eksportert energi.

EKSPORTERT ENERGI			
Beskrivelse		Mengde	Enhet
Eksportert energi	Netto solstrøm til eksport fra modul B6: 1 351 320 kWh ila 60 år	4 864 752	MJ

4.3 Fase 3: livsløpseffektvurderingsfasen (LCIA)

Metoden for konvertering av utslipp til miljøbelastning som brukes for analyse i SimaPro heter ILCD 2011 Midpoint+ V1.10. Metoden benytter seg av flere miljøkategorier, hvorav 6 av miljøkategoriene skal tas i bruk i livsløpsanalysen. Disse miljøkategoriene er valgt ut fra veilederens anbefalinger ut ifra problemstillingen utarbeidet om Smaragdbygget og relevante utfordringer som dagens samfunn står ovenfor.

Miljøkategoriene er beskrevet mer utdypende i teorikapittelet 2.7, og presentert i tabell 25.

Tabell 25:
Miljøkategorier i livsløpseffektvurderingsfasen.

Miljøkategorier	Enhet
Global oppvarming Global warming potential (GWP)	kg CO ₂ -ekv.
Ozonedbrytning i stratosfæren Ozone depletion potential (ODP)	kg CFC-11-ekv.
Menneskelige giftstoffer- krefteffekt Human health cancer potential (HHCP)	CTUh
Svevestøv Particulate matter (PM)	kg PM _{2,5} -ekv.
Forsuring Acidification potential (AP)	H ⁺ -ekv.
Eutrofiering i ferskvann Eutrophication potential (EP)	kg P-ekv

4.4 Fase 4: livsløpstolkningsfasen

I denne fasen skal resultatene fra livsløpsregnskapsfasen (LCI) og livsløpseffektvurderingsfasen (LCIA) bli sett i sammenheng.

Denne fasen er presentert på de påfølgende sidene under kapittel 5: «Resultater».

5 Resultater

Ved presentasjon av resultater er det avrundet til en desimal for miljøkategorien global oppvarming (kg CO₂-ekv.); fem desimaler for ozonnedbrytning i stratosfæren (CFC-11-ekv.) og menneskelige giftstoffer (CTUh); to desimaler for svevestøv (kg PM_{2,5} ekv.), forsurening (H⁺-ekv.) og eutrofiering (kg P-ekv.). Dette er gjort for gjøre presentasjonen av tallene enklere da det fremkommer mange desimaler fra beregningene og det er begrenset med plass i dokumentet.

5.1 Miljøpåvirkninger ved nybygg

5.1.1 Oversikt

Her presenteres de totale resultatene fra fasene i livsløpet til Smaragdbygget og for materialene ved nybygg. Resultatet fra tabell 26 blir presentert slik at resultatene fra det eksisterende bygget med 60 års funksjonell levetid kommer først: hvor det avsluttes med helriving av bygg og ny tilsvarende bygningskropp blir satt opp. Den nye bygningskroppen får tilsvarende funksjonell levetid på 60 år. Etter 120 år er det tenkt at hele bygningskroppen skal rives og materialene bli behandlet.

De fasene som er spesifikke for dette resultatet for «Første 60 års levetid» er: C2, C3 og C4. For «Neste 60 års levetid» er fasene A1 - A3 og A4 spesifikt for dette resultatet.

Bidragene fra materialfraksjonene blir presentert grafisk i figur 6 og 7 og med vanlig tallverdier i tabell 27. Miljøkategorien CO₂ presenteres i eget diagram for å vise bidraget som trevirke påfører sluttresultatet av CO₂ tydeligere. De resterende miljøkategoriene samles i ett diagram med prosentvis fordeling for å vise bidraget til de ulike materialfraksjonene.

5.1.2 Bidrag fra fase

Tabell 26:

Bidrag fra fase: nybygg.

BIDRAG FRA FASE – NYBYGG						
Første 60 års levetid						
Fase	kg CO₂ ekv.	kg CFC-11 ekv.	CTUh	kg PM_{2,5} ekv.	H⁺-ekv.	kg P-ekv.
A1-A3	-15 813,3	0,08917	0,30581	1 062,46	11 170,99	324,14
A4	56 624,8	0,01138	0,00160	31,93	191,68	4,75
A5	-	-	-	-	-	-
B1-B3	-	-	-	-	-	-
B4	65 355,9	0,01665	0,00368	26,68	229,08	10,44
B5	-	-	-	-	-	-
B6	738 156,3	0,08396	0,12564	934,55	6 876,58	610,51
B7	17 957,3	0,00184	0,00864	12,31	128,56	14,18
C1	-	-	-	-	-	-
C2	3 728,5	0,00075	0,00011	2,09	12,17	0,31
C3	46 086,0	0,00849	0,00452	370,08	2 509,11	12,01
C4	2 513 642,7	0,00325	0,12390	26,32	292,62	145,28
D	-309 386,0	-0,01071	-0,06005	-380,22	-2 331,29	-117,25
Neste 60 års levetid						
A1-A3	-15 813,3	0,08917	0,30581	1 062,46	11 170,99	324,14
A4	56 624,8	0,01138	0,00160	31,93	191,68	4,75
A5	-	-	-	-	-	-
B1-B3	-	-	-	-	-	-
B4	65 355,9	0,01665	0,00368	26,68	229,08	10,44
B5	-	-	-	-	-	-
B6	738 156,3	0,08396	0,12564	934,55	6 876,58	610,51
B7	17 957,3	0,00184	0,00864	12,31	128,56	14,18
C1	-	-	-	-	-	-

C2	3 728,5	0,00075	0,00011	2,09	12,17	0,31
C3	46 086,0	0,00849	0,00452	370,08	2 509,11	12,01
C4	2 513 642,7	0,00325	0,12390	26,32	292,62	145,28
D	-309 386,0	-0,01071	-0,06005	-380,22	-2 331,29	-117,25
TOT	6 232 704,5	0,40955	1,02768	4 172,40	38 159,00	2 008,74

Det totale bidraget fra global oppvarming er på 6 232 704,5 kg CO₂-ekvivalenter noe som tilsvarer 9,93 kg CO₂-ekvivalenter per m² per år. Hvis vi betrakter bygningskroppen med 5 230 BTA m² over 120 års levetid.

For ozonnedbrytning i stratosfæren er det totale bidraget på 0,40955 kg CFC-11-ekvivalenter. For menneskelige giftstoffer, er det beregnet 1,02768 CTUh. For svevestøv er bidraget på 4 172,40 kg PM_{2,5}-ekvivalenter. Forsuring bidrar med 38 159,00 H⁺-ekvivalenter for nybygg og eutrofiering har et bidrag på 2 008,74 kg P-ekvivalenter.

5.1.3 Bidrag fra materialfraksjoner

Tabell 27:

Bidrag fra de ulike materialfraksjonene for nybygg.

BIDRAG FRA MATERIALFRAKSJON: NYBYGG						
Materialfraksjon	kg CO₂ ekv.	kg CFC-11 ekv.	CTUh	kg PM_{2,5} ekv.	H⁺-ekv.	kg P-ekv.
Betong	4 768 013,1	0,06364	0,22606	727,34	3 855,93	321,83
Stål	240 847,8	0,02471	0,37086	202,70	1 389,64	144,05
Aluminium	1 208,6	0,00010	0,00068	2,90	13,34	2,39
Mineralull	260 948,0	0,01040	0,01535	147,30	1 344,27	63,53
Trevirke	-1 045 771,7	0,04472	0,05240	523,59	9 957,12	47,01
Glass	25 459,0	0,01878	0,06777	357,42	2 211,80	126,00
Gips	112 841,1	0,00300	0,00616	234,22	4 411,17	15,49
Plast	111 282,1	0,00328	0,00601	32,67	332,89	7,34
Asfaltapp	245 651,5	0,06560	0,01295	46,58	612,77	30,37

Samlet sett bidrar materialfraksjonen betong mest i 3 av 6 miljøkategorier ved nybygg. Dette gjelder global oppvarming, svevestøv og eutrofiering. Av samtlige materialfraksjoner bidrar aluminium minst i alle miljøkategoriene.

For global oppvarming bidrar betong med 4 768 013,1 CO₂-ekvivalenter, noe som er 4,56 ganger så mye som bidraget fra trevirke som, er på -1 045 771,7 kg CO₂-ekvivalenter. Dette viser at betong er den materialfraksjonene med klart størst betydning for det totale CO₂-bidraget. De andre materialfraksjonene bidrar samlet med et bidrag på kun 1 000 000 kg CO₂-ekvivalenter. Dette gir et totalt bidrag fra alle materialfraksjonene på 4 720 479,5 kg CO₂-ekvivalenter.

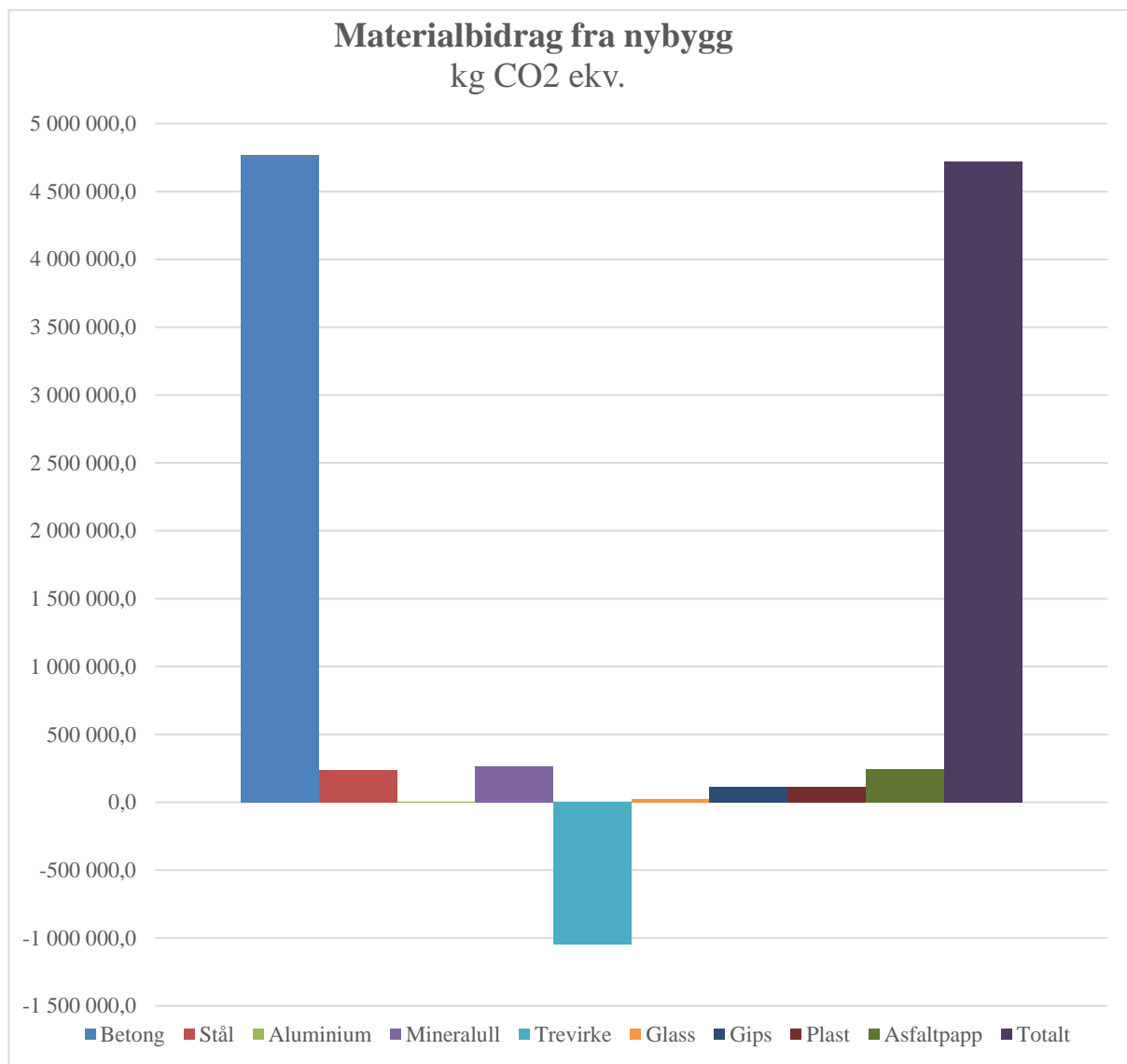
For nedbryting av ozon er det asfaltapp som gir det største bidraget. Asfaltapp utgjør 28,01%, tilsvarende 0,06560 kg CFC-11-ekvivalenter. Betong nesten like mye med 27,17% tilsvarende 0,06364 kg CFC-11-ekvivalenter.

Stål bidrar mest i miljøkategorien menneskelige giftstoffer. Dette utgjør 48,91% av det totale bidraget fra samtlige materialfraksjoner, med betong som det nest største bidraget på 29,81%.

For svevestøv er det betong og trevirke som bidrar mest, med henholdsvis 31,97%, tilsvarende 727 kg PM_{2,5}-ekvivalenter og 23,02%, tilsvarende 532 kg PM_{2,5}-ekvivalenter.

Trevirke og gips bidrar mest i miljøkategorien forsuring. Trevirke med 41,27%, tilsvarende 9957 kg H⁺-ekvivalenter og gips med 18,28%, tilsvarende 4 411 kg H⁺-ekvivalenter.

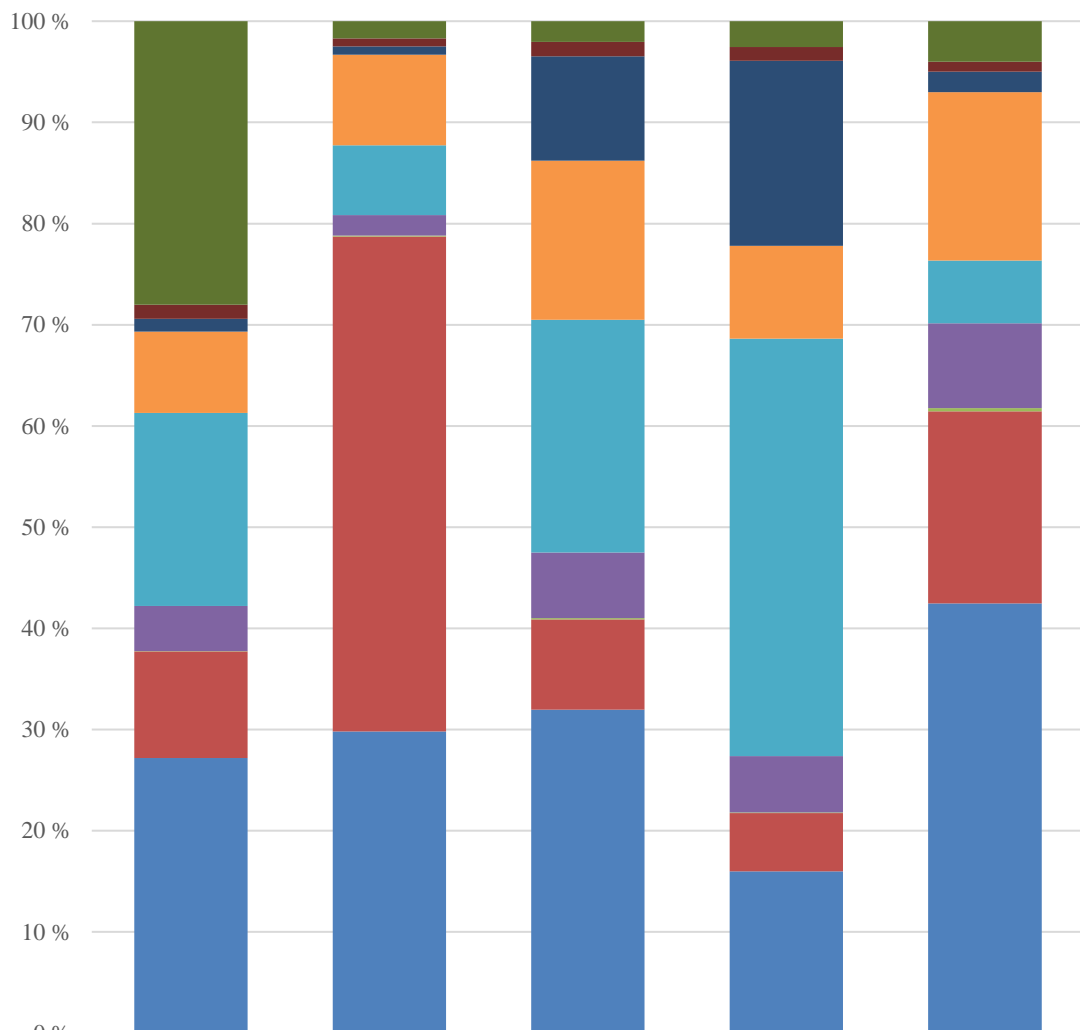
For miljøkategorien eutrofiering er det betong som bidrar mest med 42,46%, tilsvarende 321kg P-ekvivalenter.



Figur 6: CO2-bidrag fra de ulike materialfraksjonene for nybygg.

Materialbidrag fra nybygg

Resterende miljøkategorier



	kg CFC-11 ekv.	CTUh	kg PM2,5 ekv.	H+-ekv.	kg P-ekv.
Asfaltpapp	28,01%	1,71%	2,05%	2,54%	4,01%
Plast	1,40%	0,79%	1,44%	1,38%	0,97%
Gips	1,28%	0,81%	10,30%	18,28%	2,04%
Glass	8,02%	8,94%	15,71%	9,17%	16,62%
Trevirke	19,09%	6,91%	23,02%	41,27%	6,20%
Mineralull	4,44%	2,02%	6,48%	5,57%	8,38%
Aluminium	0,04%	0,09%	0,13%	0,06%	0,32%
Stål	10,55%	48,91%	8,91%	5,76%	19,00%
Betong	27,17%	29,81%	31,97%	15,98%	42,46%

Figur 7: Bidrag fra de ulike materialfraksjonene for nybygg vist med prosentvis fordeling av de fem andre miljøkategoriene.

5.2 Miljøpåvirkninger ved rehabilitering

5.2.1 Oversikt

Her presenteres de totale resultatene fra fasene i livsløpet til Smaragdbygget og for materialene ved rehabilitering. Resultatet fra tabell 28 blir presentert slik at resultatene fra det eksisterende bygget med 60 års funksjonell levetid kommer først: hvor det etter 60 år er planlagt rehabilitering av bygningskroppen. Disse resultatene finnes i fase B5. Den nye rehabiliterede bygningskroppen har tilsvarende funksjonell levetid på 60 år som for nybygg. Hvor det etter 120 år avsluttes med helriving av bygg på lik linje som ved scenariet for nybygg.

De fasene som er spesifikke for dette resultatet for «Første 60 års levetid» er: B5. Denne fasen inkluderer hele prosessen ved rehabilitering. For «Neste 60 års levetid» er ikke fasene A1-A3 og A4 medregnet da disse bidragene blir medregnet i rehabiliteringen av bygningskroppen.

Bidragene fra materialfraksjonene blir presentert grafisk i figur 8 og 9 og med vanlig tallverdier i tabell 29. Miljøkategorien CO₂ presenteres i eget diagram for å vise bidraget som trevirke påfører sluttresultatet av CO₂ tydeligere. De resterende miljøkategoriene samles i ett diagram med prosentvis fordeling for å vise bidraget til de ulike materialfraksjonene.

5.2.2 Bidrag fra fase

Tabell 28:
Bidrag fra fase: rehabilitering.

BIDRAG FRA FASE – REHABILITERING						
Første 60 års levetid						
Fase	kg CO ₂ ekv.	kg CFC-11 ekv.	CTUh	kg PM _{2,5} ekv.	H ⁺ -ekv.	kg P-ekv.
A1-A3	-15 813,3	0,08917	0,30581	1 062,46	11 170,99	324,14
A4	56 624,8	0,01138	0,00160	31,93	191,68	4,75
A5	-	-	-	-	-	-

B1-B3	-	-	-	-	-	-
B4	65 355,9	0,01665	0,00368	26,68	229,08	10,44
B5	257 383,8	0,05267	0,08889	756,00	10 512,98	180,06
B6	738 156,3	0,08396	0,12564	934,55	6 876,58	610,51
B7	17 957,3	0,00184	0,00864	12,31	128,56	14,18
C1	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-
D	-175 078,9	-0,00567	-0,01189	-216,10	-1 379,43	-51,54
Neste 60 års levetid						
A1-A3	-	-	-	-	-	-
A4	-	-	-	-	-	-
A5	-	-	-	-	-	-
B1-B3	-	-	-	-	-	-
B4	65 355,9	0,01665	0,00368	26,68	229,08	10,44
B5	-	-	-	-	-	-
B6	738 156,3	0,08396	0,12564	934,55	6 876,58	610,51
B7	17 957,3	0,00184	0,00864	12,31	128,56	14,18
C1	-	-	-	-	-	-
C2	3 728,5	0,00075	0,00011	2,09	12,17	0,31
C3	46 086,0	0,00849	0,00452	370,08	2 509,11	12,01
C4	2 513 642,7	0,00325	0,12390	26,32	292,62	145,28
D	-309 386,0	-0,01071	-0,06005	-380,22	-2 331,29	-117,25
TOT	4 020 126,7	0,35422	0,72880	3 599,63	35 447,27	1 768,02

Det totale bidraget til global oppvarming er på 4 020 126,7 kg CO₂-ekvivalenter noe som tilsvarer 6,40 kg CO₂-ekvivalenter per m² per år, hvis vi betrakter bygningskroppen med 5 230 BTA m² over 120 år levetid.

For ozonnedbrytning i stratosfæren er det totale bidraget på 0,35422 kg CFC-11-ekvivalenter. For menneskelige giftstoffer, er det beregnet 0,72880 CTUh. For svevestøv er bidraget på

3 599,63 kg PM_{2,5}-ekvivalenter. Forsuring bidrar med 35 447,27 H⁺-ekvivalenter ved rehabilitering og eutrofiering har et bidrag på 1 768,02 kg P-ekvivalenter.

5.2.3 Bidrag fra materialfraksjoner

Tabell 29:
Bidrag fra materialfraksjoner: rehabilitering.

BIDRAG FRA MATERIALFRAKSJONER: REHABILITERING						
Materiale	kg CO₂-ekv.	kg CFC-11-ekv.	CTUh	kg PM_{2,5}-ekv.	H⁺-ekv.	kg P-ekv.
Betong	2 384 006,6	0,03182	0,11303	363,67	1 927,97	160,92
Stål	123 923,6	0,01285	0,19675	104,08	716,40	73,80
Aluminium	1 208,6	0,00010	0,00068	2,90	13,34	2,39
Mineralull	260 948,0	0,01040	0,01535	147,30	1 344,27	63,53
Trevirke	-731 889,8	0,03574	0,04186	421,77	9 931,13	39,41
Glass	25 459,0	0,01878	0,06777	357,42	2 211,80	126,00
Gips	112 502,6	0,00300	0,00614	234,22	4 411,15	15,47
Plast	86 660,1	0,00250	0,00503	25,10	254,07	5,72
Asfaltpapp	245 651,5	0,06560	0,01295	46,58	612,77	30,37

Samlet sett bidrar materialfraksjonene betong og tre mest i 2 av 6 miljøkategorier hver ved rehabilitering. Dette gjelder for betong: global oppvarming og eutrofiering. For trevirke: svevestøv og forsuring. Av samtlige materialfraksjoner bidrar aluminium minst i alle miljøkategoriene.

For global oppvarming bidrar betong med 2 384 006,6 kg CO₂-ekvivalenter, noe som er 3,26 ganger så mye som bidraget fra trevirke, som er på -731 889,8 kg CO₂-ekvivalenter, og er med det den materialfraksjonen med klart størst betydning for det totale CO₂-bidraget. De andre materialfraksjonene bidrar samlet med et bidrag på litt over 856 353,4 kg CO₂-ekvivalenter. Dette gir et totalt bidrag fra alle materialfraksjonene på 2 508 470,3 kg CO₂-ekvivalenter.

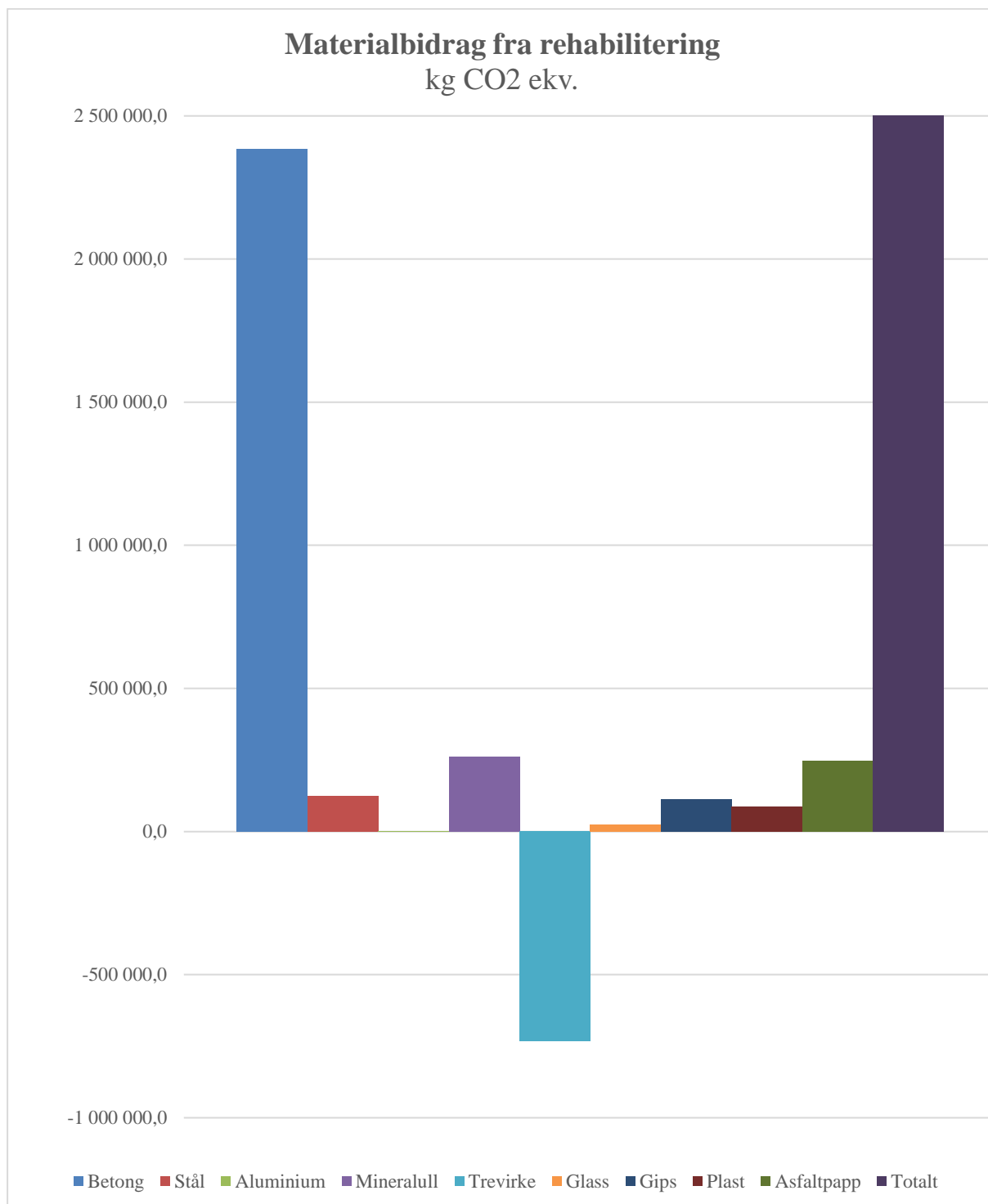
For nedbryting av ozon er det asfaltpapp som gir det største bidraget. Asfaltpapp utgjør 36,29%, tilsvarende 0,06560 kg CFC-11-ekvivalenter. Trevirke og betong bidrar med henholdsvis 19,33%, tilsvarende 0,03574 kg CFC-11-ekvivalenter og 17,60%, tilsvarende 0,03182 kg CFC-11-ekvivalenter.

Stål bidrar mest i miljøkategorien menneskelige giftstoffer. Dette utgjør hele 42,81% av det totale bidraget fra samtlige materialfraksjoner, med betong som det nest største bidraget på 24,6%.

For svevestøv er det materialfraksjonene trevirke med 24,77%, betong 21,35% og glass med 20,99% som bidrar mest, tilsvarende 421,77 kg PM_{2,5}-ekvivalenter, 363,67 kg PM_{2,5}-ekvivalenter, 357,42 kg PM_{2,5}-ekvivalenter.

Trevirke og gips bidrar mest i miljøkategorien forsuring. Trevirke med 41,27%, tilsvarende 9931,13 kg H⁺-ekvivalenter og gips med 18,28%, tilsvarende 4411,13 kg H⁺-ekvivalenter.

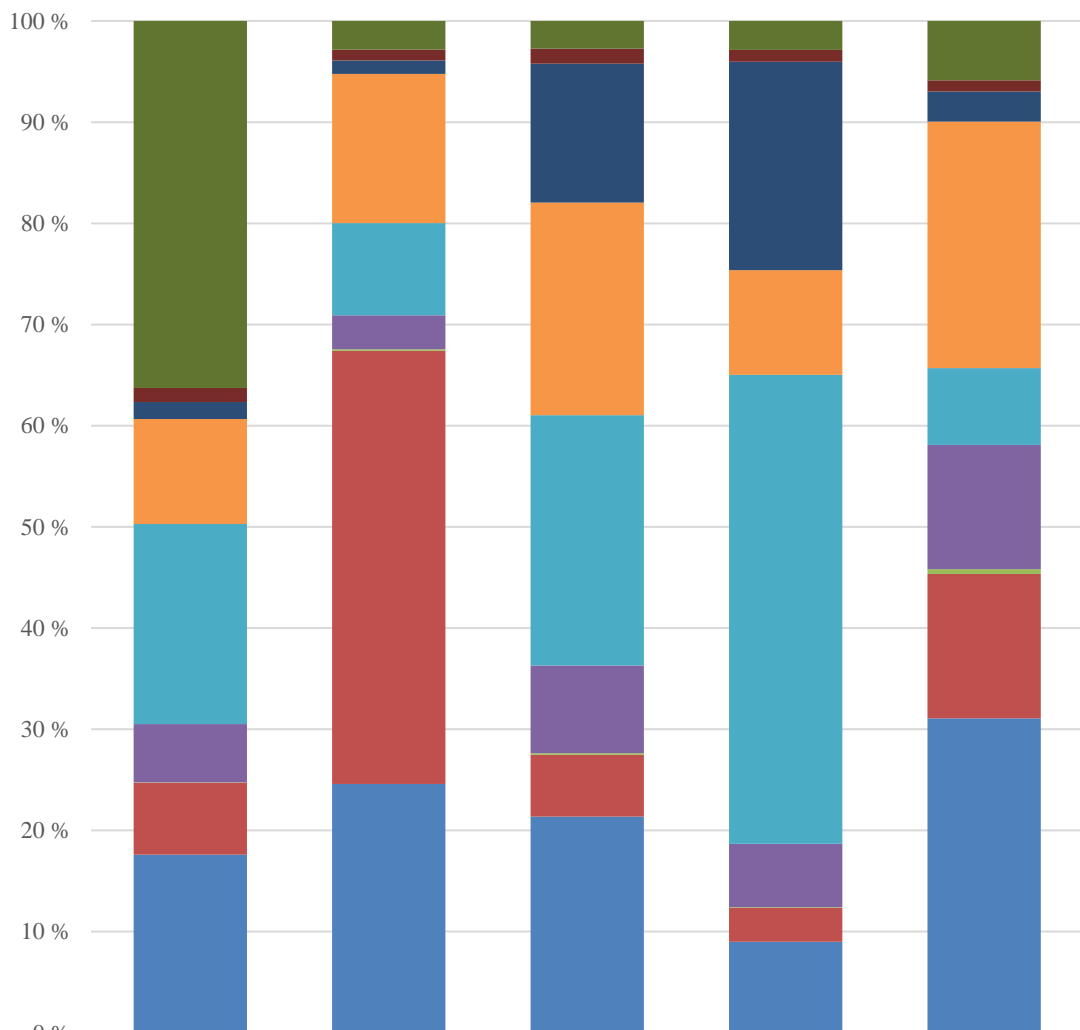
For miljøkategorien eutrofiering er det betong som bidrar mest med 31,09%, tilsvarende 160,92 kg P-ekvivalenter, etterfulgt av glass med 24,34%, tilsvarende 126,00 kg P-ekvivalenter.



Figur 8: CO₂-bidrag fra de ulike materialfraksjonene for rehabilitering.

Materialbidrag fra rehabilitering

Resterende miljøkategorier



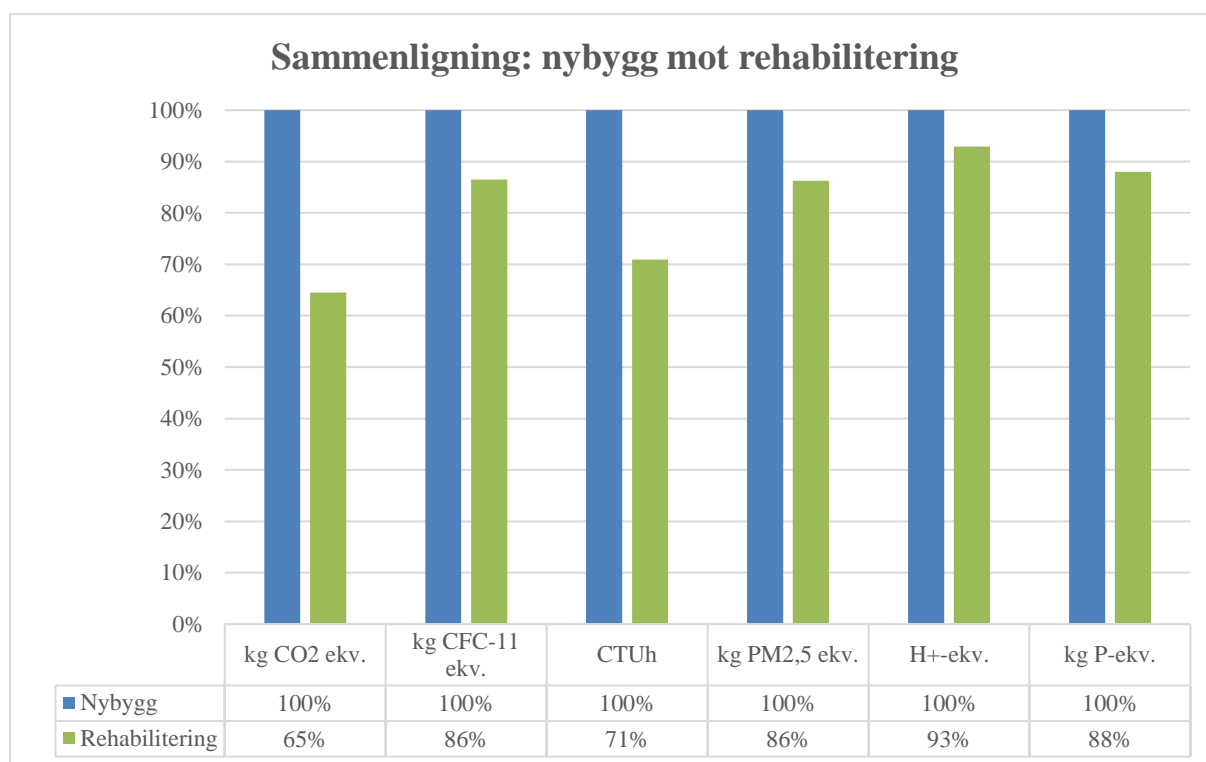
	kg CFC-11 ekv.	CTUh	kg PM2,5 ekv.	H+-ekv.	kg P-ekv.
Asfaltpapp	36,29%	2,82%	2,74%	2,86%	5,87%
Plast	1,38%	1,09%	1,47%	1,19%	1,10%
Gips	1,66%	1,34%	13,75%	20,59%	2,99%
Glass	10,39%	14,75%	20,99%	10,32%	24,34%
Trevirke	19,77%	9,11%	24,77%	46,36%	7,61%
Mineralull	5,75%	3,34%	8,65%	6,27%	12,27%
Aluminium	0,06%	0,15%	0,17%	0,06%	0,46%
Stål	7,11%	42,81%	6,11%	3,34%	14,26%
Betong	17,60%	24,60%	21,35%	9,00%	31,09%

Figur 9: Bidrag fra de ulike materialfraksjonene for rehabilitering, vist med prosentvis fordeling av de fem andre miljøkategoriene.

5.3 Sammenligning: nybygg mot rehabilitering

5.3.1 Sammenligning totalt

Det er gjennomført en sammenligning av hvor store miljøpåvirkningene fra nybygg er i forhold til rehabilitering. Tallene fra sammenligningen i figur 10 er hentet fra tabellene 26 og 28, fra bidrag fra fase: nybygg og rehabilitering. De blå søylene representerer bidrag fra nybygg og de grønne søylene representerer bidrag fra rehabilitering. Begge scenariene er fordelt på de ulike miljøkategoriene.



Figur 10: Sammenligning av nybygg og rehabilitering: prosentvis fordeling.

For samtlige miljøkategorier er det størst miljøpåkjennning, fra de blå søylene som representerer nybygg.

Det observeres størst forskjell mellom de to scenariene for miljøkategorien global oppvarming. Her er differansen på 35% mellom nybygg og rehabilitering. For kategorien menneskelige giftstoffer er forskjellen mellom de to scenarioene 29%.

Kategoriene ozonnedbryting og svevestøv har en forskjell på 14% mellom nybygg og rehabilitering. For kategorien eutrofiering er forskjellen mellom de to scenarioene 12%. Minst forskjell på 7%, er det mellom scenarioene i miljøkategorien forsuring.

*Tabell 30:
Sammenligning av nybygg og rehabilitering.*

Miljøkategorier	Enhet	Nybygg	Rehabilitering	Total Differanse
Global oppvarming	kg CO ₂ ekv.	6 232 704,5	4 020 126,7	2 212 577,8
Ozon nedbrytning	kg CFC-11 ekv.	0,40955	0,35422	0,05533
Menneskelige giftstoffer	CTUh	1,02768	0,72880	0,29888
Svevestøv	kg PM _{2,5} ekv.	4 172,40	3 599,63	572,77
Forsuring	H+-ekv.	38 159,00	35 447,27	2 711,73
Eutrofiering	kg P-ekv.	2 008,74	1 768,02	240,72

5.3.2 Sammenligning materialfraksjoner

For materialfraksjoner fra tabell 27 og 29 er det kun differanse mellom bidragene fra materialfraksjonene betong, stål, trevirke og plast. Disse fraksjonene viser til forskjellig mengde materialbruk mellom nybygg og rehabilitering. De andre fraksjonene gir lik miljøpåvirkning ved sammenligning av riving eller rehabilitering, fordi mengde materialbruk er den samme for begge scenarioene.

Sammenligning av miljøpåvirkninger for nybygg og rehabilitering for fraksjonene betong, stål, trevirke og plast er vist i tabell 31 til 34, som vist på de påfølgende sidene.

Tabell 31:
Sammenligning betong.

BIDRAG FRA BETONG				
Enhet	Nybygg	Rehabilitering	Differanse	Reduksjon i %
kg CO ₂ ekv.	4 768 013,1	2 384 006,6	2 384 006,6	50 %
kg CFC-11 ekv.	0,06364	0,03182	0,03182	50 %
CTUh	0,22606	0,11303	0,11303	50 %
kg PM _{2,5} ekv.	727,34	363,67	363,67	50 %
H+-ekv.	3 855,94	1 927,97	1 927,97	50 %
kg P-ekv.	321,83	160,92	160,92	50 %

Tabell 32:
Sammenligning stål.

BIDRAG FRA STÅL				
Enhet	Nybygg	Rehabilitering	Differanse	Reduksjon i %
kg CO ₂ ekv.	240 847,8	123 923,6	116 924,2	49 %
kg CFC-11 ekv.	0,02471	0,01285	0,01186	48 %
CTUh	0,37086	0,19675	0,17411	47 %
kg PM _{2,5} ekv.	202,70	104,08	98,62	49 %
H+-ekv.	1 389,64	716,40	673,24	48 %
kg P-ekv.	144,05	73,80	70,25	49 %

Tabell 33:
Sammenligning trevirke.

BIDRAG FRA TREVIRKE				
Enhet	Nybygg	Rehabilitering	Differanse	Reduksjon i %
kg CO ₂ ekv.	-1 045 771,7	-731 889,8	-313 882,0	30 %
kg CFC-11 ekv.	0,04472	0,03574	0,00898	20 %
CTUh	0,05240	0,04186	0,01055	20 %

kg PM _{2,5} ekv.	523,59	421,77	101,82	19 %
H+-ekv.	9 957,12	9 931,13	25,98	0 %
kg P-ekv.	47,01	39,41	7,61	16 %

Tabell 34:
Sammenligning plast.

BIDRAG FRA PLAST				
Enhet	Nybygg	Rehabilitering	Differanse	Reduksjon i %
kg CO ₂ ekv.	111 282,1	86 660,1	24 622,0	22 %
kg CFC-11ekv.	0,00328	0,00250	0,00079	24 %
CTUh	0,00601	0,00503	0,00098	16 %
kg PM _{2,5} ekv.	32,67	25,10	7,57	23 %
H+-ekv.	332,89	254,07	78,82	24 %
kg P-ekv.	7,34	5,71	1,62	22 %

Tabell 31-34 viser at materialfraksjonene betong og stål har de prosentvis største reduksjonene i miljøpåvirkning mellom de to scenarioene. Hvor miljøpåvirkningen fra betong halveres for alle miljøkategoriene, mens den for stål reduseres med 47-49% for de ulike miljøkategoriene. For trevirke og plast er reduksjonene noe mindre og varierende mellom miljøkategoriene.

For å finne hvilket materiale som bidrar mest til den totale reduksjonen, må man derimot se på de faktiske differansene fra de ulike materialene opp mot hverandre.

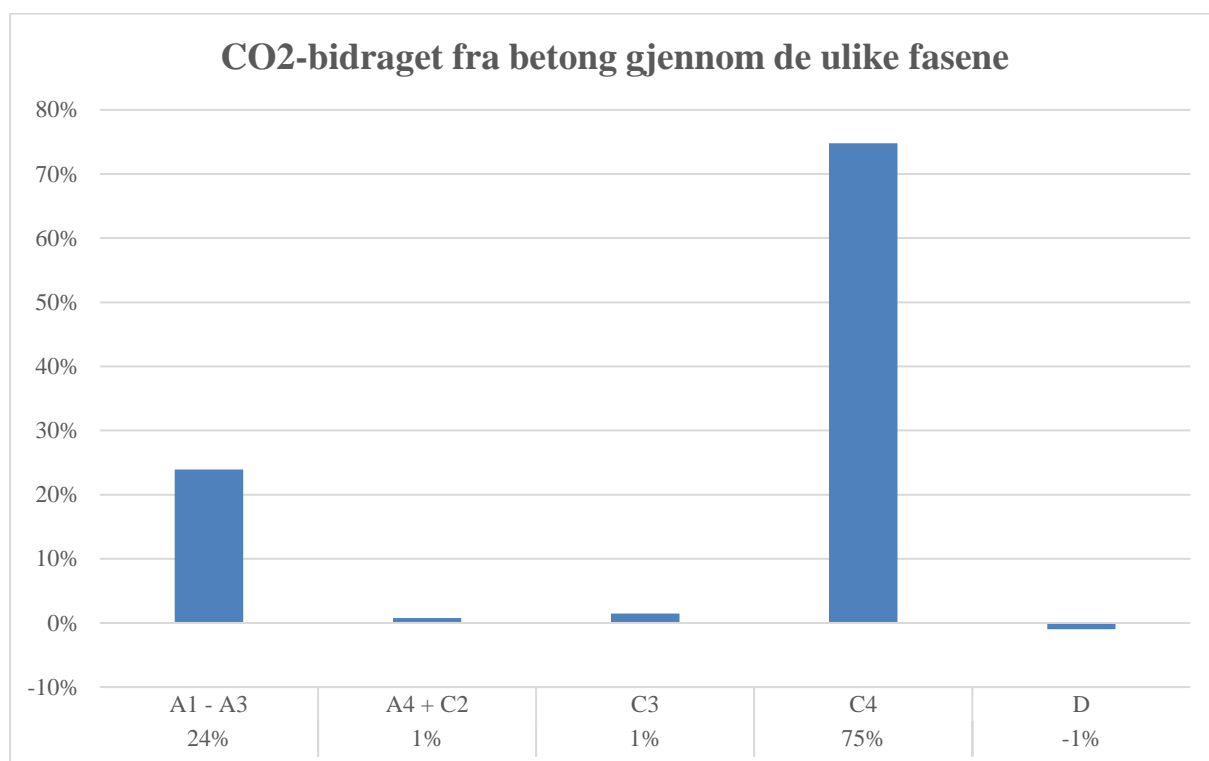
Der ser man at reduksjonen i betong har størst betydning for differansen mellom de to scenarioene, for alle miljøkategoriene med unntak av menneskelige giftstoffer, hvor reduksjonen i stål har størst påvirkning.

Trevirke har i motsetning til de andre materialene en gunstigere påvirkning på global oppvarming i nybygg i forhold til rehabilitering, ettersom trevirke har et negativt klimautslipp gjennom deler av livsløpet. For de andre miljøkategoriene kommer trevirke i rehabilitering bedre ut enn nybygg. Endringene i plast bidrar derimot relativt lite til det totale bidraget.

5.3.3 CO₂-bidraget fra betong og tre

Figur 11 viser CO₂-bidraget fra betong gjennom de ulike fasene, og hvilken andel de utgjør sammenlignet med betongens totale CO₂-bidraget.

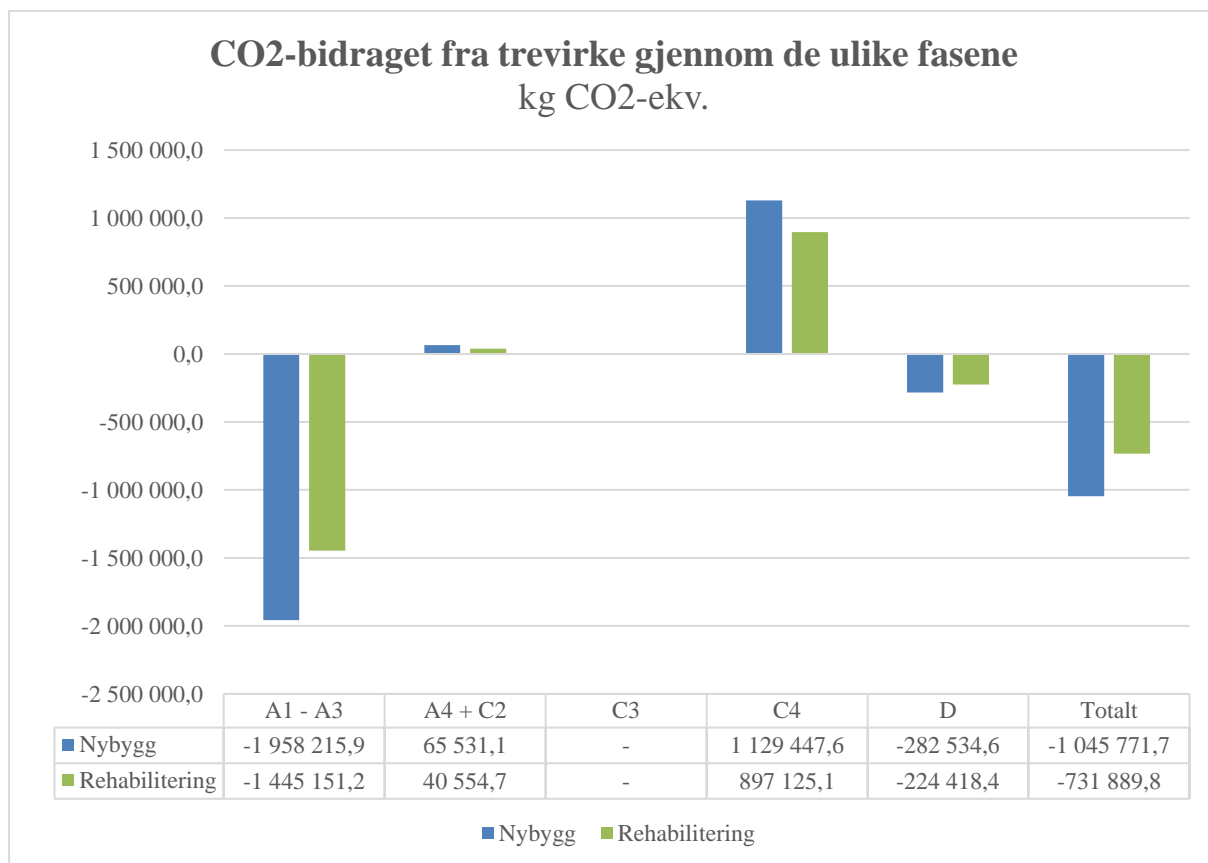
Det prosentvise bidraget fra betong vil være likt for begge scenarioene grunnet total mengde betong byttes ut i nybygg, og total mengde betong beholdes ved rehabilitering. CO₂-bidraget fra betong kommer i hovedsak fra produksjonen i fase A1-A3 og avhendingen i fase C4, hvor avhendingen har klart mest og si for det totale resultatet.



Figur 11: CO₂-bidraget for betong gjennom de ulike fasene.

Figur 12, på neste side, viser CO₂-bidraget fra trevirke gjennom de ulike fasene, og hvilken andel de utgjør sammenlignet med trevirkets totale CO₂-bidraget.

Det prosentvise bidraget fra trevirke er forskjellig mellom nybygg og rehabilitering da det er benyttet forskjellig mengde tre i de to scenarioene.

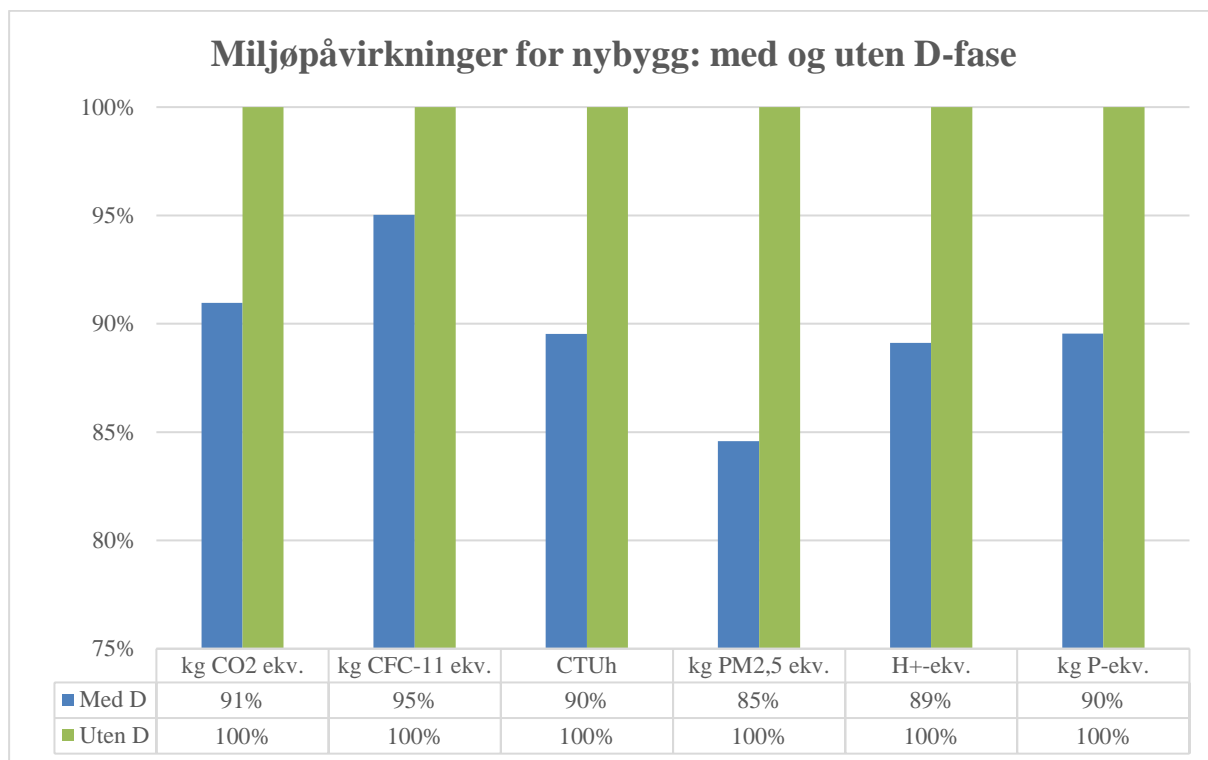


Figur 12: CO₂-bidraget fra trevirke gjennom de ulike fasene.

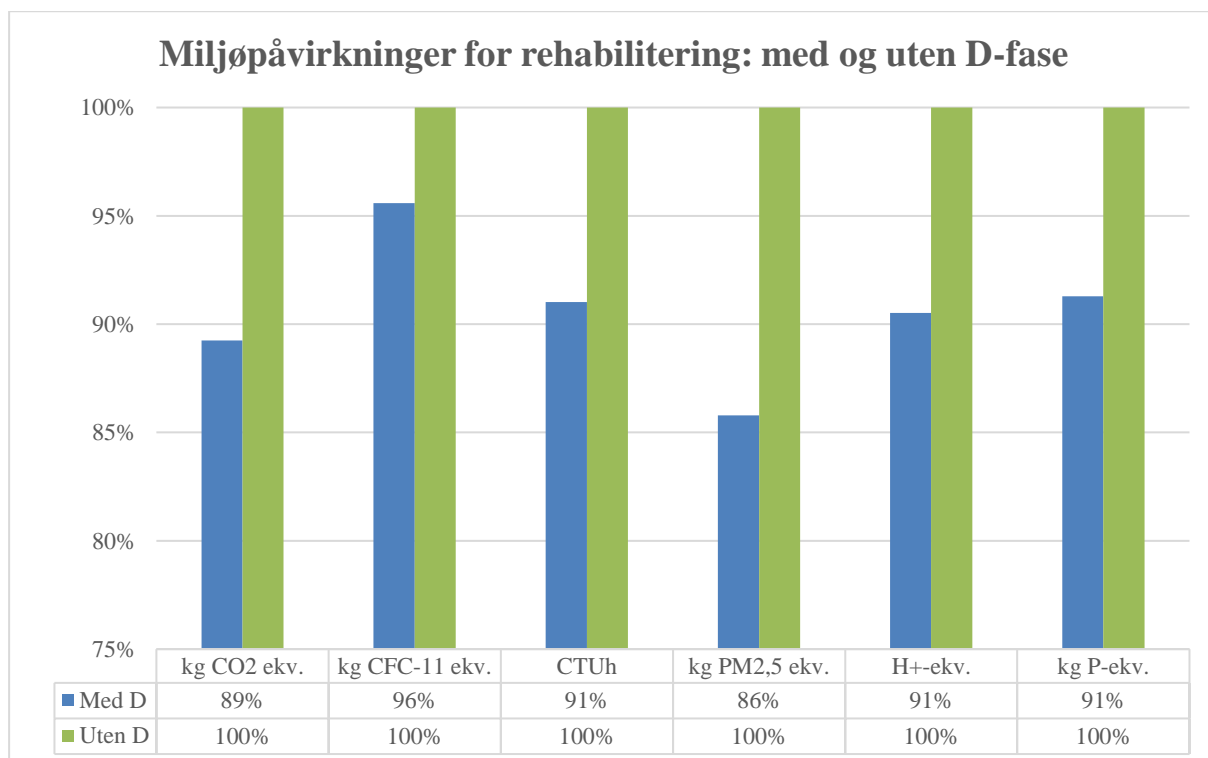
Trevirke har i løpet av hele livsløpet et negativt CO₂-bidrag i begge scenariene. Produksjonen A1-A3 er den delen av livsløpet som har størst negativt bidrag. D-fasen bidrar også noe til det negative bidraget, mens det er avhendingen i C4 som har størst uønsket effekt på CO₂-bidraget.

5.3.4 Sammenligning med og uten D-fase

Figur 13 og 14 viser forholdet mellom de ulike miljøkategoriene for de ulike scenarioene hvis man medregner *fordelene* og *ulempene* som framkommer i D-fasen, som gjort tidligere i oppgaven, og sammenligner det med et resultat hvor fordelene og ulempene ikke er medregnet. De blå søylene representerer bidrag med D-fasen og de grønne søylene representerer bidrag uten D-fasen. Begge sammenligningene er fordelt på de ulike miljøkategoriene.



Figur 13: Sammenligning av totale miljøpåvirkninger for nybygg: med og uten fase D.



Figur 14: Sammenligning av totale miljøpåvirkninger for rehabilitering: med og uten fase D.

Fase D gir merkbare reduksjoner på de totale miljøpåvirkningene på alle miljøkategoriene, men selv reduksjoner på rundt 10 %, har liten påvirkning på forholdet mellom de to ulike scenarioene.

6 Diskusjon og analyse

I dette kapittelet diskuteres og analyseres alle resultater og sammenhenger fra tidligere kapitler opp mot valgt problemstilling, etiske og samfunnsmessige aspekter. Usikkerhet i datagrunnlag og metode for sluttresultatet blir også vurdert.

6.1 Nybygg eller rehabilitering: hva lønner seg basert på sluttresultatet av livsløpsanalysen?

Ser man på miljøpåvirkningene knyttet til rehabilitering sammenlignet med rivning av det eksisterende bygget og oppsettelse av et nytt bygg over et livsløp på 120 år, er det klare miljøgevinster ved å velge rehabilitering (figur 10).

Sammenligningene i tabell 31 til 34, viser at betong er den materialfraksjonen som bidrar mest til at rehabilitering kommer bedre ut av en livsløpsanalyse, sammenlignet med helrivning og nybygg av Smaragdbygget. Dette kommer av at ved rehabilitering i denne studien halveres mengden betong, som viser seg å være den store miljøsynderen etter dagens produksjon og avfallshåndtering.

Resultatene viser at global oppvarming er den miljøkategorien som får den største reduksjonen i scenarioet med rehabilitering sammenlignet med nybygg med en reduksjon på 35%, mens de andre miljøkategoriene blir redusert med et sted mellom 7 og 29%. Den store reduksjonen i global oppvarming kommer av den halverte mengden betong, og betongens store bidrag knyttet til CO₂.

Effekten av den halverte betongmengden knyttet opp mot global oppvarming, kommer ekstra godt frem om man ser på resultatene for CO₂-ekvivalenter. Den totale reduksjonen som oppnås ved rehabilitering sammenlignet med nybygg er på 2 384 006,6 kg CO₂-ekvivalenter (tabell 31) for betong som eget materiale, mens reduksjonen for de to scenarioene sett under hele livsløpet på 120 år er på 2 212 577,8 kg CO₂-ekvivalenter (tabell 30). Reduksjonen i CO₂-avtrykk grunnet betong, tilsvarer med dette nærmere 108% av den totale reduksjonen.

Det er dermed en større reduksjon i kg CO₂-ekvivalenter for betong, enn for det totale bygget. Dette kommer av den positive påvirkningen trevirkets livsløp har på CO₂-avtrykket.

Reduksjonen i kg CO₂-ekvivalenter funnet i denne casestudien stemmer godt overens med resultatene i forprosjektet i forbindelse med rehabiliteringen ved Bergen Rådhus (Ulvan og Reenaas, 2018).

En kraftig reduksjon i kg CO₂-ekvivalenter ved å velge rehabilitering bekreftes også av funnene SINTEF og NTNU gjorde i FME ZEN, hvor det ble gjort livsløpsanalyser av 120 ambisiøse prosjekter. Det viste seg der at de ambisiøse nybyggene som ble sett på reduserte klimagassutslippene fra materialbruk med 22 prosent sammenlignet med referansebyggene, mens det for rehabilitering førte til at klimautslippene ble redusert med 63 prosent over et livsløp på 60 år (Wiik, 2020). Disse resultatene forklares i hovedsak med gjenbruk av grunn og fundamenter, i tillegg til bærende konstruksjoner, som i et flertall av bygg består av stål og betong, som begge har relativt høye klimautslipp. Dette ser man er hovedårsaken til den store reduksjonen i CO₂-avtrykk mellom de to alternativene i dette studiet også.

Siden det i denne casestudien ses på et livsløp som strekker seg over 120 år, bestående av to bygningskropper med funksjonell levetid på 60 år, vil reduksjonen man oppnår i prosent bli noe lavere enn hvis det kun hadde blitt sett over et livsløp på 60 år. Både fordi effekten av rehabiliteringen opp mot nybygg utgjør en mindre andel av den totale påvirkningen, men også det faktum at produksjonen av de bærende systemene, som ombrukes er med i beregningene. Dette gjør at resultatene for rehabilitering blir høyere enn hva de ville blitt om man kun hadde sett på selve rehabiliteringsprosessen i fase B5.

De gunstige funnene knyttet til reduksjon i CO₂-avtrykk ved valg av rehabilitering finner man også igjen i Førland-Larsen, Bramslev og Hammer (2013) som også finner ut at rehabilitering til passivhusstandard, for bygninger fra både 30- og 90- tallet er gunstigere med tanke på klimapåvirkninger sett i et livsløpssyn, både ved etterisolering, utskiftning av glass og hele fasader sammenlignet med det å bygge et nytt bygg. Selv om man tar hensyn til lavere energibehov i bruksfasen for nybyggene.

At selve rehabiliteringen er bedre enn nybygg ser man også da det ble gjort en miljøvurdering for å bestemme om man i Sparebank 1 SMN, skulle bygge nytt eller rehabilitere sitt eksisterende hovedkvarter (Rønning og Vold, 2008). Denne miljøvurderingen stiller seg

derimot litt mer kritisk til rehabilitering enn hva som ble funnet i de andre studiene, om at rehabilitering ikke er gunstig sett over byggets livsløp under ett, da det her blir tatt hensyn til at et nybygg vil være mer energieffektivt og tilpasningsdyktig enn det rehabiliterte alternativet.

Usikkerhet ved data

Selv om resultatene av studiet er ganske tydelige på at rehabilitering er en bedre løsning med tanke på miljøpåvirkninger sett i et livsløpsperspektiv er det flere punkter i analysen som gjør at resultatene har noe usikkerhet ved seg. Det er i denne oppgaven ikke utført noen følsomhetsanalyse, men gjort en kvalitetsvurdering av dataene som er brukt.

Huijbregts (1998) var en av de første som gjorde et forsøk på å vurdere usikkerheten knyttet til LCA, ved å utvikle et rammeverk for å kategorisere usikkerhetene. I dette rammeverket ble usikkerheten kategorisert inn i seks kategorier: (1) parameterusikkerhet; (2) modellusikkerhet; (3) usikkerhet på grunn av valg; (4) tidsmessig variabilitet; (5) romlig variabilitet; (6) variabilitet mellom kilder. Dette er usikkerhetspunkter som er blitt vurdert i prosessen.

Det mangler blant annet data knyttet til fase A5, B1-B3 og C1. Samtidig som påvirkningen fra avfallshåndtering (C3) for materialene trevirke, plast og asfaltapp ikke er medregnet, da dette var inndata som ikke var tilgjengelig i databasen Ecoinvent 3 i SimaPro.

Også i produksjonsfasen A1-A3 er det noe usikkerhet knyttet til kvaliteten på inndata brukt i studien. Blant annet er ikke emballasje ved transport medregnet. Der EPDer for materialene var tilgjengelige ble inndata i SimaPro prøvd å gjengi data fra EPDer så nøyaktig som mulig, men ettersom Ecoinvent 3 er en så stor database, hvor materialer og råmaterialer er bygget opp i flere nivåer, er sjansene store for at materialene som ble «produsert» i SimaPro i forbindelse med dette studiet, ikke har helt den samme miljøpåvirkningen som de tilsvarende materialene brukt i selve bygget.

For de materialene hvor det enten manglet EPDer, eller EPDene var mangelfulle, var det nødvendig å basere seg på lignende materialer i Ecoinvent 3 eller gjøre noen overslag knyttet til sammensetning. Som for betong hvor fordelingen mellom sand-grus ikke var oppgitt, det samme gjelder også for type og forhold mellom tilsetningsstoffer.

Selv om disse punktene gjør at det kan være noe variasjon med tanke på miljøpåvirkning fra de ulike materialene i beregningene i SimaPro opp mot de faktiske tallene fra bygget, bygger alle tall enten på prosjektspesifikke tall eller mer standardiserte tall og er derfor å se på som høyt eller av middels kvalitet.

I den videre analysen til materialene, er det blitt gjort en forenkling ved at det i all hovedsak har blitt regnet med rene materialer og ikke sammensatte, noe som vil gjøre at en større andel vil bli gjenvunnet i denne studien, enn hva som kanskje hadde vært tilfelle i praksis, hvor materialene er noe mer sammensatte eller forurensede. Angående forurensede masser, farlig og radioaktivt avfall i Smaragdbygget, har det blitt sendt e-post til entreprenør Betonmast Innlandet AS, men ikke fått svar tilbake som kan benyttes for beregning av dette. Det antas derfor rene masser, og det benyttes prosentvis fordeling fra statistikk (SSB, 2020). Dette valget vil kunne være med på å gi en positiv gevinst i henhold til beregning av miljøpåvirkninger fra forurensede masser, farlig og radioaktivt avfall siden disse ikke er tatt med i beregningene.

Det er også regnet på mer generelle materialer i avfallshåndteringen, noe som kan gi en noe annerledes miljøpåvirkning enn hva man hadde fått med beregninger på prosjektspesifikke materialer. Etersom det ikke var noen avfallshåndtering for de prosjektspesifikke materialene, ble den generelle håndteringen brukt. Noe som kan være like relevant hvis man tenker på miljøpåvirkningene sett for bygg generelt, men det kan bli noe misforhold mellom de ulike fasene for de ulike materialene, da det vil være litt endring i sammensettingen av råmaterialer. Valget av mer generelle materialer i C og D fasen, grunnet mangelfull data i SimaPro vil kunne øke usikkerheten ved resultatene noe.

Etersom Smaragdbygget nylig er ferdigstilt er det lenge til det er aktuelt å eventuelt vurdere om det skal rehabiliteres eller bygges nytt. Og prosessene som er brukt i denne studien vil da trolig være utdatert.

Ser man disse punktene opp mot Huijbregts rammeverk for usikkerhet, er det i denne studien knyttet større eller mindre usikkerhet til alle de seks kategoriene. I følge Huijbregts *et al.* (2003) er de parametriske usikkerhetene hovedfokuset innen LCA.

6.2 Hvilke materialer er av størst betydning for resultatet?

Betong og trevirke bidrar til sammen for nybygg hele 91,4% av byggets totale masse. For rehabilitering er det 87,1%. Betong og trevirke utgjør hvert sitt ytterpunkt i bidraget til global oppvarming ved at betong bidrar mest og trevirke bidrar med «redusering» av CO₂-avtrykket. Dette er grundigere beskrevet under 6.2.1: «Betong» og 6.2.2: «Trevirke».

6.2.1 Betong

Sammenligning for nybygg mellom betongens bidrag og byggets totale bidrag til global oppvarming, står betongens bidrag for tilnærmet 76,5% av dette. Sammenligning for rehabilitering mellom betongens bidrag og byggets totale bidrag til global oppvarming, står betongens bidrag for tilnærmet 59,3% av dette. Differansen mellom nybygg og rehabilitering blir på 17,2%, i sistnevntes favør, som er en merkbar forskjell.

Sammenligner vi kun materialfraksjoner, utgjør betongens bidrag ved nybygg i henhold til resterende materialfraksjoner 101% av dette. Tilsvarende for rehabilitering utgjør betongens bidrag i henhold til resterende materialfraksjoner 95% av dette. Grunnen til dette resultatet er trevirkets negative bidrag til CO₂.

Man ser ut ifra beregningene ovenfor samt tabellene 26, 27, 28, 29 og figurene 6, 7, 8, 9 i kapittel 5: «Resultater», at betong er den materialfraksjonen som bidrar mest til global oppvarming og flere av de andre miljøkategoriene både ved nybygg og rehabilitering.

Sammenligning av betong i nybygg og rehabilitering viser at rehabilitering gir mindre miljøbelastninger. Dette fordi betongkonstruksjonene ved rehabilitering blir beholdt, mens de ved nybygg blir revet ned og bygget opp igjen.

Produksjonsfasen

Fra resultatene i figur 11, ser vi at modulene A1 - A3 bidrar med 24% av det totale avtrykket for klimagasser (CO₂-ekv.) fra betong. Dette er betongens produksjonsfase. Resultatet i

prosent er det samme for både nybygg og rehabilitering, men mengden CO₂-ekvivalenter er halvparten ved rehabilitering. Grunnen til så store klimagassutslipp kommer fra den svært energikrevende forbrenningsprosessen i sementproduksjonen og knusing av stein til pukk (Grønn byggallianse, 2017; Nordby og Wærner, 2017).

Lavkarbonbetong. En vanlig måte å redusere klimagassutslippet i produksjonsfasen til betong på er å bytte ut andel sement med flygeaske eller slagg, et avfallsprodukt fra kraftproduksjon, tilsvarende 15-30% (Grønn byggallianse, 2017). Dette kalles lavkarbonbetong. Lavkarbonbetong er allerede benyttet i samtlige betongkonstruksjoner i Smaragdbygget, med flygeaske innhold mellom 19-20%. Grønn byggallianse (2017, s. 40) skriver: «Ved å benytte seg av 15-30% flygeaske, reduseres CO₂-utslippet med inntil en tredjedel». Denne reduksjonen er allerede kalkulert inn i resultatene i analysen, men viser betydningen av å benytte lavkarbonbetong i henhold til betong uten bruk av flygeaske eller slagg.

For nybygg vil denne reduksjonen i CO₂-utslippet være det dobbelte av reduksjonen i nybygg, på grunn av dobbel mengde betong benyttet i nybygg.

Resirkulert betongtilslag. En annen måte å redusere klimagassutslippet i denne fasen på, er å benytte resirkulert betong som tilslag. Tilslag er knust stein og sand, en ikke fornybar ressurs (Byggforsk, 2015a). Økt bruk av resirkulert tilslag reduserer uttaket av stein og sand, samtidig reduseres også mengden betong deponert til byggeavfall. Det kan også redusere transportbehovet. For energi- og miljøregnskapet må det bli tatt hensyn til vasking, transport og resirkulering av betong sammenlignet med bruk av jomfruelig tilslag (Lyng *et al.*, 2014).

Nyere forskning: et pilotforsøk der det ble støpt et 100 m³ betongdekke av ferdigblandet betong med 100% resirkulert tilslag, viser at det er fullt mulig å oppfylle samme krav til egenskaper for resirkulert tilslag som naturlig tilslag (Engelsen, 2020). I artikkelen «Resirkulering og gjenbruk av betong», tabell 1 (Jacobsen, 2018), står det at i henhold til eksisterende regelverk kan 15-20% resirkulert tilslag benyttes, uten at dette skal gå utover prosjekteringen av betongkonstruksjonen. Dette er faktiske prosenter som kan benyttes per i dag.

Resirkulert tilslag er ikke benyttet i oppføringen av Smaragdbygget. Dette er et forbedringspotensial som er i tråd med eksisterende regelverk. I denne analysen kunne 15-20% resirkulert tilslag vært benyttet for å få ned klimagassutslippet til betong.

Karbonatisering av resirkulert betongtilslag. En annen positiv vinkling ved bruk av resirkulert betongtilslag i ny betong på, er effekten av karbonatisering. Dette vil bli kommentert videre under «Livsløpets slutfase», da oppkverning av betong som tilslag forholder seg til modul C4.

Bruksfasen

Fra resultatene i figur 11, ser vi at betong ikke bidrar til klimagassregnskapet i bruksfasen, B5-B7. Indirekte har eksponert betong positiv virkning på energiforbruket til bygget. Dette kalles varmelagringsevnen til et materiale. I tillegg foregår karbonatisering av betongens overflate mot luft i hele betongens levetid.

Varmelagringsevne. Tunge materialer som betong har stor varmelagringsevne, det vil si stor evne til å ta opp, lagre og avgi varme til omgivelsene. Dette kan utnyttes for å redusere energibruk til kjøling og oppvarming (Norsk Betongforenings Miljøkomité, 2010). Den termiske massen må være i direkte kontakt med romtemperaturen for å oppnå denne effekten.

I modul B6: «Driftsmessig energibruk», er det stor andel strøm som går til romkjøling. I rapporten «Energi NTNU Gjøvik, 3. utgave» (Solbakken og Halderaker, 2017), opplyses det at IKT-utstyr står for 71% av romkjølingen. IKT-utstyret, som er nødvendig verktøy i et campusbygg, påvirker behovet for kjøling stort.

Angående betongens varmelagringsevne skriver Byggutengrenser (2017, s. 1) følgende:

Ved å utnytte de tunge materialers termiske masse er det mulig å oppnå hele 15% besparelse på energien for oppvarming og hele 40% av kjøleenergien i næringsbygg. Man kan oppnå å droppe hele kjøleanlegget. Spart energi er spart miljøbelastning og CO₂-utslipp.

Fordelen som varmelagringsevnen gir er medregnet i ovennevnte energirapport. Spørsmålet er om hele potensialet for varmelagringsevne er benyttet, eller om større andel av betongen kunne vært eksponert og effektivt bidratt til reduksjon av varme- og kjølebehovet, og dermed

reduisert energibehovet og CO₂-utslipp enda mer. Reduksjon av energiforbruk ville vært det samme for nybygg som for rehabilitering da byggets utforming er den samme.

Karbonatisering av betongoverflater. Karbonatisering er en prosess som pågår i løpet av betongens levetid. Betongen kan ifølge Engelsen (2018) ta opp igjen 15% av den CO₂ som slippes ut ved sementproduksjonen. Hvor mye CO₂ betongen tar opp påvirkes av type bruk, betongkvalitet, hva materialet er eksponert for, tilgang til vann og levetid (Jacobsen, 2018).

Karbonatisering av betongoverflatene i bygget er et potensiale for å få ned det registrerte klimagassavtrykket fra betong. Dette vil være likt for nybygg og rehabilitering, da det er samme areal betongflate som eksponeres i brukstiden. Som tidligere nevnt blir ikke dette fratrukket benyttet i LCA-analyser enda.

Livsløpets slutfase

Sammenligning mellom betongens utslipp av CO₂ (tabell 31) og hele byggets utslipp i modul C4: avfallshåndtering, viser at betong står for tilnærmet 71% av dette ved både nybygg (tabell 26) og rehabilitering (tabell 28). Det blir like prosentvise tall for nybygg og rehabilitering, fordi nybygg rives to ganger mens ved rehabilitering rives en gang i løpet av levetiden på 120 år. Dette er fordi det blir brukt dobbel mengde betong i nybygg som ved rehabilitering.

I nybygg bidrar betong med 3 576 009 kg CO₂-ekvivalenter i modul C4, dette er dobbelt så mye som for rehabilitering med 1 788 004 kg CO₂-ekvivalenter.

Fra resultatene i figur 6, ser vi at modulen C4 bidrar med 75% av det totale avtrykket for klimagass fra betong. Grunnen til så store klimagassutslipp kommer fra mengden betong som går til deponi. Dette er store mengder ubenyttede ressurser som kunne gått til materialgjenvinning eventuelt ombruk.

Karbonatisering av resirkulert betongtilslag. Under 10% av resirkulert betong benyttes som betongtilslag (Jacobsen, 2018). For at karbonatisering skal kunne regnes som en miljømessig gunstig, er det en forutsetning at betongen knuses og at partiklene spres slik at de har god lufttilgang. Begge disse forutsetningene bør diskuteres (Nordby, Solli og Dahlstrøm, 2015). Når betong knuses ned til 1-8mm kornstørrelse for å benyttes som tilslag, vil betongen ha mulighet for å rekarbonatisere, det vil si at den tar til seg CO₂ som ble sluppet ut under

produksjonen. I denne tilslagsstørrelsen vil mellom 60% og 80% av utslippet tas opp igjen (Byggforsk, 2002). I rapport fra Asplan Viak (Anne Sigrud Nordby, 2015) står det at Grønn Byggallianse har anslått effekten av karbonatisering til mellom 5-20% av CO₂ som blir sluppet ut i sementproduksjonen. Knusing av betong er en energikrevende prosess. Ifølge rapport fra den danske Miljøstyrelsen (2015), er miljøbelastningen ved knusing av betong faktisk høyere enn framstilling av ny grus.

CO₂-bindingspotensialet foregår i betongens overflate og økes ved nedknusing (Byggforsk, 2015a). Siden tilslaget blir dekket til med sement, vil det bli begrenset med tilgang på luft. Ifølge Lyng *et al.* (2014) er CO₂-opptak i liten grad brukt i LCA-analyser. En av de mest brukte begrunnelsene for ikke å inkludere karbonatisering i LCA er at det er for usikkert, selv om det er enighet om at det foregår. Det må tas hensyn til blant annet type sement og produkt, og hvor i livsløpet karbonopptaket skjer for å kunne inkludere det i LCA og EPDer.

Som et interessant, grovt overslag, benyttes tilgjengelige tall fra hele betongens produksjonsfase A1-A3 for å se på mulig effekter ved karbonatisering. Dersom all betong benyttet i nybygg ble knust til 1-8mm kornstørrelse ved endt levetid, og med antagelse om at 60-80% av utslippet fra sementproduksjonen tas opp igjen av betongtilslaget.

For nybygg vil dette utgjøre en reduksjon på mellom 686 594 til 915 458 kg CO₂-ekvivalenter etter 120 år. Et gjennomsnitt på 70% reduksjon, ville redusert bidraget fra betong med totale 801 026 kg CO₂-ekvivalenter etter 120 år.

Det totale utslippet fra nybygg, inkludert fratrukk av karbonatisering av betong ved 1-8mm kornstørrelse, blir dermed på 5 431 713 kg CO₂-ekvivalenter etter 120 år. Dette utgjør en reduksjon på 13% fra det opprinnelige registrerte utslippet av CO₂-ekvivalenter.

For rehabilitering ville tilsvarende resultater gi en reduksjon i kg CO₂-ekvivalenter på mellom 343 297 til 457 729. Et gjennomsnitt på 70% reduksjon, ville redusert bidraget fra betong med totale 400 513 kg CO₂-ekvivalenter etter 120 år.

Det totale utslippet fra rehabilitering, inkludert fratrukk av karbonatisering av betong ved 1-8mm kornstørrelse, blir dermed på 3 619 613 kg CO₂-ekvivalenter etter 120 år. Dette utgjør en reduksjon på 9% fra det opprinnelige registrerte utslippet av CO₂-ekvivalenter.

Sammenligning: nybygg og rehabilitering:

- Forholdstall uten karbonatisering: 35,5%
- Forholdstall med karbonatisering: 33,4%

Forholdstallet viser 1,9% forskjell i CO₂-utslipp mellom nybygg og rehabilitering uten karbonatisering mot forholdstallet med karbonatisering. Dette fordi det i nybygg benyttes dobbelt så stor mengde betong som i rehabilitering, og dermed utgjør større prosentvis andel av byggets masse. Tilsvarende er det benyttet større mengde trevirke i nybygg enn det er i rehabilitering. Trevirke har positiv virkning på global oppvarming og fungerer som et fratrekk på det totale CO₂-avtrykket. Samlet sett med både effekten fra karbonatisering og positiv innvirkning fra trevirke, oppstår denne differansen i forhåndstallene med og uten karbonatisering.

Fyllmasser. Ren betong har et stort gjenvinningspotensial ved knusing og benyttet som fyllmasser (Byggforsk, 2015a). I følge Byggforsk (2002) vil knust betong fra 32 mm eller større ha liten effekt ved karbonatisering.

Ved riving av bygg kan det med fordel benyttes kvern på byggeplass, som separerer armering og betong, sistnevnte til pukk (Anlegg&Transport, 2020). Pukken kan i så måte benyttes som fyllmasse direkte på byggeplass eller som drenering. Det spares både transportavstand og bruk av pukk som er en ikke-gjenvinnbar ressurs. Samtidig reduseres også mengden betong deponert til byggeavfall. Opparbeidelse av tomt er ikke medregnet i analysen, men dette viser utnyttingspotensialet og bruksmuligheter av gjenvunnet betong ved riving og oppføring av nytt bygg på samme sted.

For nybygg vil det genereres dobbel mengde potensiell fyllmasse som ved rehabilitering. Dette fordi nybygg rives to ganger inklusive all betong, mens rehabilitering rives kun en gang inklusive all betong i løpet av levetiden på 120 år.

Ombruk. I de tilfeller betongen som et helt element kan ombrukes, vil energien i produksjonsfasen også tas vare på. Det er derfor aller mest ønskelig med ombruk og dernest gjenvinning av betong (Leland, 2008). Det er enklere å demontere betongelementer, men som Ytterstad (2018) skriver er hovedutfordringen med ombruk at eksisterende bygg ikke er

prosjektert med tanke på dette. Dette gjelder blant annet innfestingsmetoder for elementer og design (Leland, 2008).

I Smaragdbygget er 70% av betongen prefabrikkerte elementer, som hulldekker, kompaktvegger, trapper med mer. Det betyr at 70% av totale mengder betong som er registrert i modul C4 har ombrukspotensiale, og ville dermed redusert utslipp av CO₂ tilsvarende i henhold til type betong som er benyttet i elementene. Den prosentvise mengden vil være den samme for nybygg og rehabilitering. Men det vil være dobbel mengde reduksjon i CO₂-ekvivalenter ved nybygg sammenlignet med rehabilitering. Dette fordi nybygg rives to ganger inklusive all betong, mens rehabilitering rives kun en gang inklusive all betong i løpet av levetiden på 120 år. Ved ombruk benyttes en ressurs flere ganger i løpet av dens levetid, og reduserer dermed avfallet.

Avfallsreduksjon. Som nevnt i teksten ovenfor er materialgjenvinning og ombruk en viktig brikke i reduksjon av betong som avfall og CO₂-avtrykk. Norsk Betongforening (u.å.) nevner også følgende punkter for besparelse av mengde betong benyttet i konstruksjoner, og dermed avfallsreduksjon: Betong med større styrke vil få høyere utslipp pr m³, men slankere konstruksjon og dermed mindre bruk av betong slik at det totale utslippet blir lavere. Bærekonstruksjoner med optimale spenn og tverrsnitt, vil kunne gi besparelser i volum. I Smaragdbygget er det benyttet hulldekker i stedet for plass-støpte dekker som reduserer mengden betong.

Både for nybygg og rehabilitering er det stort potensiale i å redusere avfallsmengde ved deponi. Nybygg med dobbel så stor mengde betong sammenlignet med rehabilitering.

6.2.2 Trevirke

Sammenligning for nybygg mellom trevirkets bidrag og byggets totale bidrag til global oppvarming, reduserer trevirke det totale bidraget med 1 045 771 kg CO₂-ekvivalenter. Dette utgjør en reduksjon på 16,8%. Tilsvarende for rehabilitering reduserer trevirke det totale bidraget med 731 890 kg CO₂-ekvivalenter. Dette utgjør en reduksjon på 18,2%.

Reduksjonen utgjør kun 1,4% forskjell mellom nybygg og rehabilitering, i sistnevntes favør ved denne sammenligningen.

Sammenligner vi kun materialfraksjoner, utgjør trevirkets bidrag ved nybygg i henhold til resterende materialfraksjoner 18,1% av dette. Byggets totale bidrag av CO₂ reduseres altså med 18,1% på grunn av trevirke. Tilsvarende for rehabilitering reduseres byggets totale CO₂-avtrykk med 22,6% på grunn av trevirke. Trevirket bidrar med 4,5% større reduksjon av CO₂-avtrykket i rehabilitering enn ved nybygg ved sammenligning mot materialfraksjoner.

For begge sammenligningene mellom nybygg og rehabilitering over, er mengde redusert kg CO₂-ekvivalenter fra trevirke 30% større ved nybygg sammenlignet med rehabilitering. Grunnen til at rehabilitering kommer bedre ut er grunnet større utskifting av masse i nybygg. I nybygg benyttes blant annet 100% mere betong som bidrar til økt global oppvarming, samtidig som det kun benyttes 30% mer trevirke som bidrar til en reduksjon.

Ut fra sammenligningene ovenfor samt tabell 33 og figur 12 i kapittel 5: «Resultater», kan man se at trevirke er det eneste materialet som reduserer bidraget til global oppvarming hvis vi ser bort fra modul D, som er utenfor byggets systemgrense.

Karbonlagring i skog og trevirke

Skogens bidrag til å motvirke klimaforandringer er enormt (Allskog, u.å.). 60% av de menneskeskapte klimagassene i landet vårt fanger de norske skogene, ved at trærne binder CO₂ fra luften gjennom fotosyntesen og lagrer det i biomassen, men tallet vil synke i årene som kommer dersom det ikke fokuseres på nyplanting av trær. Det burde også stilles krav til bærekraftig skogbruk.

Trevirke er basert på fornybare ressurser. Trevirke benyttet i bygg, deltar i karbonsyklusen som en midlertidig opplagring av CO₂, mens nye trær vokser opp. Karbonet som er lagret i trevirket slippes ut i atmosfæren når materialet brennes eller råtner. Det er derfor ønskelig at trevirke lagres, for eksempel i byggemassen, så lenge som mulig.

Det er omdiskutert om biogen lagring skal medregnes i LCA. I denne analysen er biogen lagring inkludert. Den reduserer mengden CO₂-utslipp tilsvarende mengde CO₂ lagret i trevirket benyttet i Smaragdbygget. Dette er synlig som negative tall i CO₂-bidrag fra trevirke i tabellene i resultatkapittelet.

Produksjonsfase

Fra resultatene i figur 12 viser at modulene A1-A3: Produksjonsfasen, bidrar med 87,4% av det totale bidraget fra trevirket til å redusere global oppvarming for nybygg. Tilsvarende 86,6% av det totale bidraget fra trevirket til å redusere global oppvarming for rehabilitering.

Differansen i CO₂-ekvivalenter mellom nybygg og rehabilitering utgjør 26,2% i favør nybygg. Dette på grunn av større mengde trevirke benyttet ved nybygg. Dette viser trevirkets karbonlagring: CO₂ som ved brenning eller forråtnelse vil slippes ut i atmosfæren og bidra til global oppvarming dersom det ikke plantes nye trær tilsvarende nedhuggede trær som ble brukt i produksjonen av materialer.

Siden studien ser på sammenligning mellom nybygg og rehabilitering og tilsvarende materialer er valgt for begge scenario, er det ikke vurdert sammenligning av miljøpåkjenninger i henhold til transport, dersom det ble valgt lokal produsent for massivtre som er importert fra Østerrike. Dette kan vurderes ved videre studie av oppgaven.

Bruksfase

Fra resultatene i figur 12, ser vi at trevirke ikke bidrar til klimagassregnskapet i bruksfasen, B5 - B7. Indirekte har eksponert trevirke positiv virkning på energiforbruket til bygget, ved varmelagringsevnen til materialet.

Varmelagringsevne. Tunge materialer som massivtre og limtre har god varmelagringsevne, bidrar på tilsvarende måte som betong til å redusere energibruk til kjøling og oppvarming. Denne fordelingen er medregnet i energirapport, «Energi NTNU Gjøvik, 3. utgave» (Solbakken og Halderaker, 2017). Spørsmålet er om hele potensialet for varmelagringsevne er benyttet, eller om større andel av massivtre/limtre kunne vært eksponert og effektivt bidratt til reduksjon av varme- og kjølebehovet, og dermed redusert energibehovet og CO₂-utslippet enda mer. Reduksjon av energiforbruk ville vært det samme for nybygg som for rehabilitering da byggets utforming er den samme.

Fjernvarme. I Smaragdbygget er 100% av oppvarmingsbehovet dekket av fjernvarme. Det er i analysen gjort forenklingen av fjernvarmemiksen til 100% trevirke. Dette er trevirke som ikke

er egnet til ombruk og materialgjenvinning, men kan benyttes til produksjon av varme ved forbrenning (Miljødirektoratet, 2013).

Rapport fra SSB (2020) som viser at 97,9% av totale trevirke levert som avfall går til energiutnyttelse. Det vil si at i henhold til dagens avfallssystem er dette tilsvarende prosentvise mengde trevirke benyttet i Smaragdbygget som kan energigjenvinnes, og benyttes som fjernvarme for en annen bygning i framtiden. Dette er nærmere beskrevet under «Livsløpets slutfase».

Livsløpets slutfase

Totale bidrag til global oppvarming fra trevirke, er på 1 194 978 kg CO₂-ekvivalenter for nybygg og 937 679 kg CO₂-ekvivalenter for rehabilitering. Dette bidraget kommer fra modul A4, C2 og C4, vist i figur 14.

Sammenligning mellom modul C4 og trevirkets totale bidrag til global oppvarming, viser at trevirke i modul C4 står for 94,5% av dette for nybygg og 95,7% for rehabilitering. Dette gir differanse på 1,2% som tilsvarer 232 322 kg CO₂-ekvivalenter.

Energigjenvinning. Det er kjent at tre er en fornybar ressurs som har høy verdi både som byggemateriale og som biomasse til energiutnyttelse. Biomasse anses å ha en helt nødvendig rolle som erstatning for fossilt brensel i overgangen til en fornybar økonomi og en oppbremsing av den globale oppvarmingen (IPCC (International Panel on Climate Change), 2014). Det kan derfor argumenteres for at energiutnyttelse av brukt trevirke har en verdi som konkurrerer med verdien av ombruk, i større grad enn for de andre materialgruppene. Trevirke kan også være forurenset med ulike kjemikaler som man ikke ønsker inn i nye produkter, for videre fare å spres i miljøet. Sørnes *et al.* (2014) sitt motargument er at det er mer ressursvennlig å ombruke om man inkluderer uttak, bearbeidelse og transport inn i karbonregnskapet.

Ved å benytte statistikk fra SSB om at 97,9% av alt trevirke går til energiutnyttelse, tilsvarer dette 1 105 729 kg CO₂-ekvivalenter for nybygg og 878 285 kg CO₂-ekvivalenter for rehabilitering. Dette bidrar til økt global oppvarming.

Materialgjenvinning. Det kan stilles spørsmål ved om løsninger for materialgjenvinning av trevirke bygger på riktige prinsipper for den sirkulære økonomien, spesielt angående overskudd av flis fra treforedlingsindustrien som kan være egnet for materialgjenvinning i stedet for å brukes til energiutnyttelse (Wågønes, Sørensen og Syversen, 2018). Det skal heller ikke legges skjul på at disse strømmene hovedsakelig går dit det er best betalingsvilje. Flis kunne vært benyttet til kutterspon, papir- eller plateproduksjon (Treindustrien, u.å.), for på den måten å forlenge levetiden til trevirket før det eventuelt benyttes til forbrenning.

Retura, sammen med selskapene EcoMaterials og Arbor, men også NTNU og SINTEF byggforsk, er i gang med å gjenvinne rent trevirke i produksjon av nye sponplater (Retura, 2018). Andel returtrevirke per i dag ligger på 25%, men målet er å komme opp i 60% så raskt som mulig. Rent og ubehandlet trevirke kan lettere gjenvinnes, da det er en enklere prosess å omdanne dette til nytt råstoff enn behandlet trevirke.

Trevirke som per i dag går til energiutnyttelse og materialgjenvinning utgjør 99,6% av alt trevirke som går til avfall fra nybygg, rehabilitering og riving (SSB, 2020). Alt dette kan i utgangspunktet gjenvinnes, da det i analysen er antatt rene masser for byggavfallet fra Smaragdbygget.

Dersom 99,6% av alt trevirke fra Smaragdbygget hadde gått til gjenvinning i stedet for energiutnyttelse, ville det med en forenklet beregning utsatt den globale oppvarmingen med henholdsvis 1 124 929 kg CO₂-ekvivalenter for nybygg og 894 433 kg CO₂-ekvivalenter for rehabilitering. Forenkling i form at det ikke er tatt hensyn til energibruk, transport og behandling av gjenvinningsprosessen.

Trevirket som materiale hadde fått lengere levetid, før det senere gikk til energiutnyttelse som siste del av livsløpet.

Ombbruk. Ombbruk er i utgangspunktet mulig for alle typer trevirke og trefiberprodukter, men svært lite tilrettelagt i dagens samfunn (Sørnes *et al.*, 2014). Det er utfordringer blant annet i henhold til regelverk, design av produktene og sammenføyninger av disse slik at demontering kan utføres uten å ødelegge materialene. Andre punkter kan være om den funksjonelle, strukturelle og estetiske kvaliteten er ivaretatt.

Større produksjon og bygging med elementer bidrar til ombrukspotensiale, restvirke kan samles for lokal gjenvinning eller energiutnyttelse på produksjonssted og det blir mindre avfall på byggeplass.

Alt trevirke som per i dag går til energiutnyttelse og materialgjenvinning kan i utgangspunktet ombrukes. I denne oppgaven er det benyttet massivtre, limtre, konstruksjonsvirke, kryssfiner, trekledning og trefiberplater. Samtlige produkter har ombrukspotensiale. Dersom 99,6% av alt trevirke fra Smaragdbygget hadde gått til ombruk i stedet for gjenvinning og energiutnyttelse, ville det utsatt den globale oppvarmingen tilsvarende beregningene ovenfor under materialgjenvinning.

I forhold til dagens krav og regelverk ville det ved helriving være mulig at bærende søyler og bjelker av limtre, dekker av massivtre blir levert til ombruk. Disse vil kunne transporteres hele fra byggeplass til ombrukssted (Leland, 2008).

Avfallsreduksjon

Mye av årsaken til de økte mengdene avfall av tre er økt bruk av tre generelt. Mengden og antall produkter man kjøper har betydning for hvor mye avfall vi genererer (Aakre, 2019). Ved å forbruke mindre blir det samtidig mindre avfall. Ved både materialgjenvinning og ombruk blir det reduksjon av avfall. Kvalitet, vedlikehold og levetid spiller også en rolle for utskiftningsintervaller som vil redusere avfallsmengden. Men for trevirke går det aller meste av avfallet til slutt til enriggjenvinning som nevnt tidligere.

6.3 Hvor stor betydning har D-fasen for sluttresultatet?

Bidraget fra D-fasen gir en reduksjon på mellom 4 - 15% på miljøkategoriene for begge scenarioene: nybygg og rehabilitering av Smaragdbygget. Dette er vist på figur 7 og 8 under resultater. Bidraget utgjør bare en liten del av sluttresultatet, men fasen har også stor betydning utover sluttresultatet.

D-fasen er leddet som gjør at kretsløpet går fra en lineær «vugge til grav»-prosess til en sirkulær «vugge til vugge»-prosess ved at materialfraksjonene fra avfallsprosessen blir

gjenvunnet til nye materialer eller brukt om igjen i nye konstruksjoner. D-fasen tar for seg fordeler og ulemper som kommer fra materialgjenvinning, energiutnyttelse av materialer i form av elektrisitet og varme, og ombruk av materialer. Det kan også inkludere andre fordeler som eksport av egenprodusert solstrøm til strømmettet.

Ved gjenvinning av materialer kan kun den «jomfruelige» delen av materialet benyttes, det vil si at hvis et materiale allerede består av en andel som er blitt gjenvunnet tidligere: kan den ikke benyttes ved beregning av bidrag for materialet på nytt. For Smaragdbygget som har en andel stål som er 70% resirkulert kan kun de resterende 30% av materialet beregnes som bidrag ved materialgjenvinning.

Ved å øke andelen materialer som blir gjenvunnet vil man samtidig redusere mengden som går til deponering. Effekten av dette er større enn bidraget fra D-fasen alene. Dette er fordi bidraget fra deponering utgjør rundt 60% for rehabilitering og nærmere 80% for nybygg på sluttresultatet. Den største bidragsyteren til deponeringen er betong og består av 57% for rehabilitering og 69% for nybygg. Dette tilsvarer 1 783 tonn CO₂-ekvivalenter for rehabilitering og 3 566 tonn CO₂-ekvivalenter for nybygg. Dette er et betydelig høyt bidrag ettersom det kun er 40% av betongen som blir sendt til deponering. Det vil derfor være ønskelig å redusere mengden som går til deponering og heller satse på større andel materialgjenvinning av materialer, og i stor grad betong.

Et alternativ til materialgjenvinning er ombruk av materialer. De materialene som er mest aktuelle for ombruk (og for gjenvinning) vil være ikke-fornybare materialer, materialer med lang levetid og energikrevende utvinningsprosesser og høy råvarepris (Nordby, Berge og Hestnes, 2007).

Som nevnt i teorikapittelet, oppfatter mange tiltak for ombruk og materialgjenvinning i byggenæringen som en merkostnad. Ser man på kostnadene i hele livsløpet og ikke bare på investeringskostnadene, vil man se det annerledes ifølge Leland (2008). Det er flere faktorer som vil bidra til at materialgjenvinning kan bli god økonomi i et livsløpsperspektiv. Dette er blant annet endret råvaretilgang, økte energipriser, endringer i avgiftspolitikken med bl.a. økt krav til kildesortering, utvikling av bedre metoder og innsamlingsordninger for gjenvinning, mindre kostnader i riveprosessen ved bedre planlegging av fremtidens bygg og endrede avskrivningsregler.

Smaragdbygget produserer også strøm til eget bruk gjennom solcellepaneler på taket. Da tidspunktene for høy solstrømproduksjon og høyt energibehov ikke samsvarer, vil noe av solstrømmen som produseres bli eksportert til strømmettet. Dette regnes som et fordelaktig bidrag i D-fasen samtidig som det fører til at den totale strømmiksen i nettet får lavere utslipp, dersom solstrømmen erstatter strøm produsert med fossile kilder.

I livsløpsanalysen ble det i fase B6 «Driftsmessig energibruk» satt opp produksjon av solstrøm med eget forbruk og eksport. Det som går til eksport skal inkluderes i D-fasen slik at man avskriver det eksporterte fra sluttresultatet. Ettersom det ikke ble inkludert produksjon av selve solcellepanelene i livsløpsanalysen så kan dette bidraget dessverre ikke inkluderes i sluttresultatet, men man kan se på påvirkningen det kunne hatt hvis det ble medregnet.

Solcellepanelene til Smaragdbygget produserer 8 880 000 kWh i løpet av 120 år, hvis man antar lik strømproduksjon hvert år. Dette blir erstatning for direkte EL fra nettet. Mengden som eksporteres til strømmettet er 2 582 640 kWh. Dette tilsvarer 29% av mengden egenprodusert strøm. Totalt dekker egenprodusert strøm 18,9% av levert energibehov for direkte-EL for campusbygningen (teknisk utstyr er da ikke medregnet, siden det ikke inngår i livsløpsanalysen.)

Produksjon av egen strøm for økonomiske eller miljømessige besparelser leder ofte til skepsis da folk har den oppfatning at strømproduksjon fra solceller belaster miljøet mer enn innsparingen (Nikolaisen, 2016; Eidsiva Energi, u.å.), men bransjen har de senere årene gjort en stor innsats for å få produksjonen av solcellepanel enda mer miljøvennlig. I dag har solcellepanel en levetid på 30-35 år, og beregninger fra det internasjonale energibyrådet IEA viser at det normalt tar mindre enn to år før solcellene har produsert like mye energi som det trengs for å produsere dem (Fthenakis *et al.*, 2011; Nikolaisen, 2016; Eidsiva Energi, u.å.).

Ettersom levetiden på solceller er estimert til 30-35 år kan man anta utskiftning av paneler opp til 3 ganger gjennom hele livsløpet til Smaragdbygget. Dette er noe som må tas til betraktning sammen med bidraget dette vil medføre. Dette vil medføre at det som avskrives i D-fasen blir mindre. Ettersom egen strømproduksjonen kun utgjør 18,2% av levert energibehov av direkte-EL brukt i livsløpsanalysen og 7,7% av disse blir eksportert til strømmettet, kan man stille spørsmål om dette har vært et gjennomtenkt tiltak da bygget skal

være, i henhold til Statsbygg (2018): «et bygg for fremtiden med en svært høy energiytelse og bygget har nesten-nullenergistandard».

Ettersom nesten-nullenergistandard er i påvente av myndighetene til å bli et forskriftskrav, er det per dags dato ikke fastsatt hva definisjonen er, men de viktigste prinsippene er; at bygget skal ha lavt, eller nesten null energibehov og at energibehovet skal i stor grad dekkes av fornybare kilder (Tennbakk, Landet og Magnus, 2017). Smaragdbygget benytter fjernvarme, basert på 99,7% fornybar energi som dekker romoppvarming, tappevann, ventilasjonskjøling/varme. I forhold til totalt levert energibehov, med fratrukk av fjernvarme og teknisk utstyr, utgjør egenprodusert solstrøm som kan benyttes 6% av dette. Basert på egen strømproduksjon kan man si at Smaragdbygget oppnår dette i mindre grad, men ettersom definisjonen ikke er ferdig definert er det rom for tolkning.

Som tidligere nevnt er D-fasen leddet som gjør at kretsløpet går fra en lineær «vugge til grav»-prosess til en sirkulær «vugge til vugge»-prosess. Dette er fundamentet for en sirkulær økonomi i byggebransjen og blir viktig for at bransjen skal utnytte ressursene maksimalt og gjenbruke mer avfall. Og på den måten redusere råvareforbruk, avfall, utslipp og energi til et minimum. For å etablere sirkulær økonomi i byggebransjen vil det være viktig å legge til rette for riktig og bedre avfallshåndtering. Det vil også være viktig at produktene er designet for ombruk og materialgjenvinning da mange eldre bygg ikke er egnet for demontering og ombruk (Avfall Norge, 2019; COWI, 2019). Det vil også være hensiktsmessig å etablere en infrastruktur for produkter til ombruk (Avfall Norge, 2019). Jo mer som legges til rette for god materialgjenvinning og ombruk av materialer, jo mer vil D-fasen ha å si for sluttresultatet for en bygning. Slik at man kan, som Boye (2019, s. 3) skriver:

Ta vare på verdien i materialene vi omgir oss med. Målet er å gjøre oss stadig mindre avhengige av å hente ut ressurser fra naturen og isteden finne måter å beholde de materialene vi har i sirkulasjon. Det er en økonomi uten avfall, der alt avfall er en framtidig ressurs.

6.4 Hvilke muligheter og utfordringer oppstår ved rehabilitering?

Det er mye som tyder på at selve rehabiliteringen har lavere miljøpåvirkning enn å bygge nytt med tanke på miljøpåvirkning fra materialene. Dette stemmer godt med funnene gjort i Wiik (2020), Førland-Larsen, Bramslev og Hammer (2013) og Rønning og Vold (2008). Likevel er Rønning og Vold (2008) uenige med de andre hvorvidt et rehabiliteringsprosjekt er bedre sett i et livsløp på 60 år. Dette kommer av deres søkelys på at et rehabilitert bygg vil ha et større energibehov i bruksfasen enn hva man vil få i et nytt bygg, samtidig som et nytt bygg trolig vil ha bedre arealeffektivitet og bedre tilpasningsdyktighet til strukturelle endringer.

Førland-Larsen, Bramslev og Hammer (2013) på den annen side kom frem til at ved å velge rehabilitering av det eksisterende bygget var eneste måten å oppnå nullutslippsbygg på. På grunn av de høye miljøpåvirkningene knyttet til materialer som kreves for å produsere nye bæresystemer i stedet for å bevare den eksisterende bærende konstruksjonen.

Ved å velge rehabilitering vil det også kunne føre til at bygningen raskere kan være tilgjengelig for normal bruk ettersom man ikke er avhengig av å bygge hele konstruksjonen på nytt. På den annen side er mye av konstruksjonen i Smaragdbygget basert på prefabrikkerte materialer, som monteres opp i løpet av relativt kort tid.

Ettersom 70-80% av den bygningsmassen som skal være i bruk i Norge i 2050 allerede er bygd, er det i Holtmoen (2017) sett på hvilke utfordringer og tiltak som kan påvirke at den eksisterende bygningsmassen forvaltes på best mulig måte.

Spesielt nevnes økonomi som en av de store utfordringene for å velge rehabilitering fremfor nybygg. Dette fordi det kreves en relativt stor investeringskostnad for å sette i gang en rehabilitering (Krøvel, 2015). Her vises det til at eiers motivasjon for rehabilitering ofte er drevet av økonomisk motivasjon. Lund (2016) fant i sin studie ut at det kunne være svært vanskelig å beregne et økonomisk sikkert budsjett for rehabiliteringsprosjekter i en tidligfase, om ikke byggherren involverte entreprenørene tidlig. Dette fordi man ved involvering av entreprenører fra begynnelsen, tidligere kan oppdage eventuelle bygningsfeil og -skader.

Tenker man fremover i tid vil de byggetekniske forskriftene bli stadig strengere for å forholde seg til klimaloven (Lovdata, 2017) og nå FN's klimamål. Etter hvert som et nytt bygg tas i bruk vil det bli utsatt for nye påkjenninger som gjør at tilstanden på bygget forringes over tid (Larsen og Bjørberg, 2007).

Byggetekniske forskrifter blir strengere med årene og tilstanden til byggene blir dårligere gjennom bruk. De fleste bygg vil etter en periode, hvis det ikke er gjennomført tilstrekkelige utskiftninger og rehabiliteringer, komme til et punkt hvor bygget ikke er økonomisk forsvarlig å oppgradere til en standard som tilfredsstillende bygningsforskriftene. Har et bygg kommet i en slik situasjon, hvor bygget er i en så dårlig teknisk stand, eller har dårlig funksjonalitet, ender det i de aller fleste tilfeller opp med avhending.

Når det kommer til punktene funksjonalitet og tilpasningsdyktighet, som ble nevnt som en av utfordringene knyttet til miljøpåvirkninger av Rønning og Vold (2008), har rehabiliteringsprosjekter ofte andre utfordringer enn nybygg, som har klare retningslinjer å forholde seg til. For rehabiliteringsprosjekter derimot er de fysiske rammene allerede gitt (Nakstad og Engebakken, 2019).

I denne studien

I analysen av rehabilitering opp mot nybygg av Smaragdbygget, har disse utfordringene ikke blitt tatt hensyn til i beregningene, da bygget er beregnet til å ha samme standard som da det var nytt etter rehabiliteringen eller nybygget etter de første 60 årene av byggets beregnede livsløp på 120 år.

Det er også antatt at mye av bruken av Smaragdbygget vil være den samme i fremtiden, og derfor ikke tatt med i beregningene eventuelle behov for strukturelle endringer for å gi større arealeffektivitet. Sistnevnte er et av argumentene som ofte blir brukt når eiere velger rivning fremfor rehabilitering (Grønn byggallianse, 2019). Etersom analysen i dette studiet er gjort etter dagens standarder, er det ikke vurdert hvilke tiltak som må gjøres for at bygget skal oppfylle fremtidens byggeforskrifter, da det er vanskelig å forutse hvordan disse vil se ut.

Rapporten til Førland-Larsen, Bramslev og Hammer (2013), viser at det vil være nærliggende å tro at rehabilitering vil være gunstig for Smaragdbygget også i fremtiden. En begrunnelse til dette er fordi fasaden ikke består av kun stål og betong, men av en god del trevirke. Trevirke

gjør det lettere å oppnå både høyere energi- og arealeffektivitet sammenlignet med eldre bygninger som enten krever større og mer miljøpåvirkende rehabiliteringer, eller er avhengige av etterisolering på innervegg for å oppnå samme energieffektivitet som et nytt bygg. Denne etterisoleringen vil da føre til et mindre areal, noe som for byggherren ikke er en ønsket effekt.

Tiltak

Selv om det er mange utfordringer som blir nevnt ved rehabiliteringer og da spesielt knyttet til kostnader og tilpasningsdyktighet, ser det ut som at rehabilitering (hvor man i tillegg tenker sirkulær økonomi) må være en del av løsningen for at byggebransjen skal være med på å bidra til at man på verdensbasis klarer å nå FN's klimamål. For å få til dette, er det trolig nødvendig å innføre en belønningsordning for rehabilitering. Som et forslag til dette har Grønn byggallianse (2020) planer om å innføre en sertifisering av rehabilitering og ombyggingsprosjekter. Det er planlagt å tilby en piloteringsløsning for rehabiliterings- eller ombyggingsprosjekter med miljøsertifiseringsstandarden BREEAM Refurbishment & Fit-Out. Dette vil kunne gjøre det mer attraktivt å velge miljøvennlige alternativer som rehabilitering og ombygging, ettersom disse valgene vil bli belønnet i BREEAM, noe som ikke gjøres i dag.

I tillegg har de utviklet en veileder til hvordan man kan gjennomføre vellykkede byggeprosjekter uten å rive (Grønn byggallianse, 2019), om hvordan man kan forholde seg til de vanligste utfordringene i forbindelse med rehabiliteringsprosjekter.

6.5 Innovasjon og bruk av «ny teknologi»: hvilke utfordringer og løsninger møter vi ved omlegging til en sirkulær fremtid?

Byggebransjen i Norge står for betydelige mengder avfall og ombruksgraden av materialer er lav. For å nå 2°C målet må produktene man benytter oss av produseres av noe annet enn ikke-fornybare ressurser. Materialene som skal benyttes i oppføringen av nye bygg må i større grad

komme fra materialgjenvinning eller ombruk. Dette vil si fra riving eller rehabilitering: materialer som allerede er produsert. Hvordan kan bruk av ny teknologi føre til mindre avfall, mindre nyproduksjon, bedre utnyttelse av materialer og mindre miljøavtrykk?

FNs bærekraftsmål nr. 9: «Innovasjon og infrastruktur» legger det fram at:

Teknologiske fremskritt er vesentlige for å finne varige løsninger på både økonomiske og miljømessige utfordringer, som å skape nye jobber og fremme energieffektivitet. Vi kan legge til rette for bærekraftig utvikling ved å fremme bærekraftige industrier og investere i vitenskapelig forskning og innovasjon.

(FNs utviklingsprogram, u.å.)

For en mer bærekraftig utvikling innen byggebransjen vil det være hensiktsmessig, i likhet med Statsbygg (2019) sin reviderte miljøstrategi, «å redusere etterspørselen etter nybygg gjennom arealeffektivisering og ombruk av eksisterende bygninger». Det må bli lagt større fokus på etterspørsel av ombrukte eller resirkulerte materialer uten innhold av skadelige stoffer. Man kan prosjektere for fremtiden ved å legge til rette for ombruk og resirkulering av materialer slik at levetiden for materialene øker og produktene som er i omløp bevares lenger.

Utfordringer

Utfordringer som kan oppstå er ved dekonstruksjon av bygninger ettersom nye sammensatte materialer gjør denne prosessen vanskeligere enn å rive (Ytterstad, 2018). Regelverket er heller ikke tilrettelagt for ombruk av materialer. I rapporten til SINTEF (Sørnes *et al.*, 2014) menes det at ombruk vil bli mer utbredt dersom det kommer nye krav i byggevarereforordningen om at deler av byggverk skal kunne benyttes på ny eller gjenvinnes.

Rapporten opplyser om en rekke tiltak og insentivordninger som kan hjelpe ombruk på vei (Moldekleiv og Mynors, 2017):

- FDV-dokumentasjon som inneholder informasjon om konstruksjon, bæreevne og demonteringsveiledning.
- Veiledere for ombruk bør utarbeides.
- Panteordning på byggevarer vil kunne bidra til å finansiere tiltak med det formål å gjøre ombruk og gjenvinning lettere.
- Økonomiske tiltak som støtter ombrukstiltak.

- Økonomiske insentiver gjennom støtteprogrammer.
- Markedsdrivere som BREEAM- NOR bør utvikles mer.

Skal disse tiltakene gjennomføres trengs det at næringslivet tar ansvar og at myndighetene legger til rette og stiller strengere krav, som f.eks. større andel resirkulert materiale i nye produkter og bruk av ombrukmaterialer i prosjekter. Samtidig må produsentene være mer villige til å benytte seg av resirkulerte råvarer i produktene sine.

Ny tankegang

Det som trengs er en ny tankegang i hele bransjen: ved å tenke sirkulærøkonomi og «vugge til vugge». Dette ved å betrakte alle materialer som verdifulle stoffer som i sin helhet og uten reduksjon i kvalitet kan føres tilbake i kretsløpet og på den måten unngå avfall. Resirkulering av materialer uten tap av kvalitet, testet fri for skadelige stoffer og produsert ved hjelp av fornybar energi blir den avgjørende faktoren (Schüco, u.å.).

Sirkulærøkonomi kan også føre til økte arbeidsplasser. I Tønseth (2020) kommer det frem at: «EU la nylig frem ambisiøse planer for overgangen til en sirkulær økonomi. Dette er ordninger som holder materialer og ferdigvarer lengre i omløp. Resepten er grønn, fordi den vil krympe uttaket av råvarer og redusere utslippet av klimagasser».

SINTEF viser til ferske beregninger som er gjort i samarbeid med International Labour Organization (FNs særorganisasjon for arbeidslivet)(Tønseth, 2020), som poengterer at sirkulærøkonomien kan øke sysselsettingen. Fra beregningene kom et svar som trolig vil overraske:

I scenariet vi regnet på, vil sirkulære grep i verdensøkonomien øke antallet arbeidsplasser med 2,5 prosent innen 2030 – sammenlignet med en fremtid der verden fortsetter med 'business-as-usual'. Forklaringen er denne: trass i lavere nyproduksjon, vil en sirkulær økonomi dekke behovene våre like godt som det vi er vant til. Men de nye virksomhetene som sørger for dette – resirkulering/gjenvinning, reparasjon, leasing og bruktsalg – er mer arbeidsintensive enn jobbene som erstatter i gruver og fabrikker. Derfor vil antall jobber gå opp, og ikke ned.

Tønseth (2020)

Mulige løsninger

En mulig løsning er å finne gode løsninger for ombruk av produkter og materialer i byggebransjen. Mulige løsninger vil være å tenke langsiktig: små endringer som til sist skaper et større bilde. Viktigheten i valg av materialer og deres miljøpåvirkning, bedre planleggingsfase da prosjekter med ombruk av materialer krever lengre tid i byggefasen. Og til slutt design for ombruk. Dette vil si å legge til rette for ombruk helt fra starten av i produksjons- og prosjekteringsfasen. Moldekleiv og Mynors (2017) tar opp dette med design for ombruk og legger frem mulige løsninger, som:

- Mekanisk innfesting/monteringsmuligheter. Dette kan være å unngå spiker og heller benytte seg av skruer, bolter og muttere under montering.
- Standardisering av festemidler. Dette vil gjøre prosessen ved dekonstruksjon mye enklere.
- Unngå kjemiske forbindelsesmidler da sammensatte materialer er vanskelig å skille fra hverandre ved materialgjenvinning eller dekonstruksjon. Heller benytte seg av oppløselige bindemidler.
- Benytte færre materialer i bygningsdesignet.

Mulige utfordringer som kan oppstå ved design for ombruk og standardisering er at løsningen kan bli mer nøytrale i den grad det blir mer «standardløsninger». Samtidig er det økonomiske aspektet noe man må ta til betraktning da en omlegging av løsninger vil kunne bli en større utgift. Dette må ses på som en investering for fremtiden, selv om det følger en viss risiko ettersom det ikke er tilrettelagt fra statlige hold enda.

Bruk av livsløpsanalyse

Klimaproblemet er vårt tids største miljøproblem. Det haster med å redusere utslippene. Ved omlegging til en sirkulær fremtid vil det være viktig å ta i bruk livsløpsanalyser i prosjektering i større grad enn det gjøres i dag. Å ta hensyn til når i et livsløp et produkt påfører miljøet størst belastning, og hvilke miljøkategorier som bidrar mest, vil kunne bidra til å ta riktige materialvalg for prosjektet.

For klimagassutslipp skriver Nordby, Solli og Dahlstrøm (2015), at det er viktig å ta hensyn til tidspunkt for både utslipp og opptak av CO₂ for å fremskaffe et beslutningsgrunnlag om klimakonsekvenser for en løsning eller materiale. Det vil bli mer aktuelt å benytte verdier fra biogen lagring av trevirke og karbonatisering av betong, for å imøtekomme kravet om sirkulært livsløp fra «vugge til vugge». Dette er to punkter som er omdiskutert innenfor livsløpsanalyser i dag, og ikke påkrevd.

Biogen lagring

EPD-Norge besluttet i 2015 å inkludere karbonopptak i trevirke, innenfor et regnskapsperspektiv (Nordby, Solli og Dahlstrøm, 2015). Karbonlagring i treprodukter kan inngå i et nasjonalt regnskap dersom landet kan dokumentere at eksisterende lagre av langsiktig skog ikke reduseres. I Norge er det «overproduksjon» av skog i forhold til uttak av trevirke. Biogen lagring i LCA registreres i den modulen det skjer (opptak i A og utslipp i C). Den vanlige måten å ta høyde for karbonopptak for treprodukter i EPD er å anta at det som tas opp under vekst av trærne slippes ut på slutten av livsløpet ved avfallshåndtering. Dermed vil summen av opptak og utslipp bli null.

Karbonatisering

Karbonatisering er fortsatt omdiskutert og derfor ikke påkrevd for livsløpsanalyser. Rapporten «Karbonopptak om betong i LCA og EPD» (Lyng *et al.*, 2014) konkluderer med at karbonatisering i liten grad inkluderes i LCA. Grunnen til dette er stor usikkerhet i beregninger og at opptaket er lite, og fordi reglene for hva som kan tas med i en EPD styres av PCR, Product Category Rules (produktkategoriregler).

En europeisk arbeidsgruppe jobber med en ny felles- europeisk standard for PCR for betong, slik at det vil bli mulig å ta hensyn til karbonatisering i bruksfasen ved utarbeidelse av EPD (Norsk Betongforenings Miljøkomité, 2016). Ofte er EPD av sement og betongprodukter fra vugge til port, det vil si at opptak i bruksfasen og etter endt levetid er dermed ikke inkludert (Lyng *et al.*, 2014). Dersom en fremtidig PCR åpner for å inkludere karbonopptak i de aktuelle livsløpsfasene, vil det være nødvendig å ta med alle livsløpsfaser fra vugge til grav.

Lyng *et al.* (2014) skriver videre at deres prøveberegninger viser at betongproduktene må være så produktspesifikke som mulig for å kunne estimere hvor mye karbon som tas opp gjennom livsløpet, da forskjellige betongprodukter har forskjellige evne til karbonatisering. «Ved å ta hensyn til både type produkt, type sement og hvor i livsløpet karbonopptaket skjer vil en kunne inkludere så realistiske og spesifikke scenarier som mulig for karbonopptak i livsløpsanalyser og EPDer.» (Lyng *et al.*, 2014, s. 2).

Karbonfangst- og lagring

Man kommer ikke utenom karbonfangst- og lagring (CCS) når man diskuterer bruk av ny teknologi for å redusere klimautslippene og for å nå klimamålene, som 2°C målet.

Kvellheim og Bramslev (2020) la nylig fram en kronikk hvor dem påstår at betong er en del av klimaløsningen hvor dem henviser til tre av fire scenarier fra FN's klimapanel som viser at man er avhengig av karbonfangst- og lagring skal man oppnå klimamålene.

Teknologien finnes, det er finansieringsløsningene som er den største utfordringen, for hvem skal betale for de første anleggene? Det etablerte kvotehandelssystemet i EU vil ikke utløse CCS i de nærmeste årene, noe som tilsier at vi trenger andre virkemidler. Til syvende og sist må sluttbrukerne være med på å betale regningen.

(Kvellheim og Bramslev, 2020)

Det å være først ute med ny teknologi har ofte en høyere kostnad, men det er også et forretningsmessig potensial i det å være først ute og det er nettopp her Norge kan være med å ta del i utviklingen.

Norge har de to eneste fullskala CCS-anleggene i Europa, tilknyttet gassproduksjonen vår. Norcem legger nå til rette for CCS-anlegg i sementfabrikken på Brevik utenfor Porsgrunn (Kvellheim og Bramslev, 2020). Norcem har en visjon om null utslipp av CO₂ fra betongprodukter, sett over et livsløpsperspektiv, innen 2030. For at dem skal oppnå denne visjonen må dem klare å fange all CO₂ fra sementproduksjonen (Norcem AS, u.å.).

Norcem sitt CCS-anlegg vil bli det første i tilknytning til sementproduksjonen i verden og dermed er innovasjonsgraden svært høy og fører med seg høy spredningspotensial (Kvellheim og Bramslev, 2020).

I Byggenæringens Landsforening (2019b) sin rapport fra i fjor framkommer det at 24% av utslippene fra BAE-næringen (bygg, anlegg og eiendom) kommer fra produksjon av byggevarer i Norge. Utover dette kommer materialutslipp knyttet til byggevarer fra utlandet som er importert til Norge. Dette er beregnet å utgjøre hele 44% av utslippene.

Kvellheim og Bramslev (2020) avslutter med at:

Det er derfor avgjørende å velge produkter med lave klimagassutslipp: både norske og importerte byggevarer. Når det gjelder produksjon av sement og betong trenger vi CCS for å redusere utslippene tilstrekkelig. Man ser at mange i næringen ønsker å bygge med lavt klimafotavtrykk uansett, men for å nå nasjonale klimamål må alle bygge slik, og da trenger vi offentlige virkemidler.

Digitalisering

Statsbygg er en av dem som etterlyser mer bærekraftig digitalisering (Øyvind Berild, 2019). Byggebransjen sitter i dag på enorme mengder informasjon om bygg og materialer som ikke er digitalisert. Resultatet er en liten bærekraftig jungel av PDFer og andre dokumenter hvor det nærmest er umulig å finne frem (Bartolomei, 2019). Manglende dokumentasjon skaper merarbeid og hodebry og hindrer utvikling av sirkulærøkonomien (Øyvind Berild, 2019).

Man kan øke bærekraften i bygg og byggeprosesser ved å benytte seg av digitale verktøy. Disse verktøyene benyttes for å få bedre oversikt over bruk av materialer, energibruk i byggeprosesser, klimagassutslipp, levetid på materialer, livsløpskostnader og driftskostnader (Bartolomei, 2019).

Det vil være viktig å få på plass gode rutiner for digitaliseringen av denne informasjonen. Skal byggebransjen nå disse målene må aktørene samarbeide om å skaffe den nødvendige informasjonen som behøves, samt et sted og system for oppbevaring av denne informasjonen. Som svar på dette sier Elin Hansen i Statsbygg (Øyvind Berild, 2019) at: «Når vi har det på plass, kan vi mye enklere sørge for at når vi er ved slutten av levetiden til et bygg, så er vi ikke nødvendigvis ved slutten av levetiden til byggevarene.»

7 Konklusjon

I denne bacheloroppgaven er det gjennomført en livsløpsanalyse fra «vugge til vugge» av Smaragdbygget på campus Gjøvik. Det er sett på to mulige scenarier for ny campusbygning etter 60 år: nybygg og rehabilitering. Problemstillingen som resultatet fra livsløpsanalysen skal besvare er:

«Hva gir størst miljøgevinst for campusbygg av rehabilitering eller nybygg hvis vi betrakter bygget over en periode på 120 år, hvor hver bygningskropp har en estimert funksjonell levetid på 60 år?».

Lokal ombruk av blant annet fundamenter, gulv på grunn, bærekonstruksjoner og dekker i rehabilitering fører til 44,3% reduksjon i materialforbruket. Ettersom store deler av denne materialreduksjonen er betong, kuttet også mengde materiale som går til deponi. Dette utgjør sløsing av store mengder ressurser på to måter; ved deponi hvor ressursene går til spille, og utvinning av nye råmaterialer i erstatning for deponerte. Produkter som hverken ombrukes, materialgjenvinnes eller energiutnyttes, men som går til deponering, gir størst negativ miljøbelastning, tilsvarende Leland (2008) sin konklusjon i veilederen «Prosjektering for ombruk og gjenvinning».

Ved sammenligning av de to scenariene: nybygg og rehabilitering i en livsløpsanalyse, kan man fra resultatene i rapporten se at rehabilitering gir størst miljøgevinst i løpet av analysens tidsperspektiv på 120 år, for alle de seks utvalgte miljøkategoriene. Global oppvarming får den største reduksjon med 35%. De andre miljøkategoriene reduseres et sted mellom 7 og 29%, ettersom de forskjellige materialfraksjonene har ulik påvirkningsgrad på miljøkategoriene. Dette viser viktigheten i å se på hele byggets levetid og flere miljøkategorier for sammenligning og betydningen av materialvalg (hvor EPD vil være et nyttig verktøy).

Det kan derfor konkluderes med at mindre materialbruk gir mindre avfall og miljøpåkjenninger, som resulterer i at rehabilitering kommer bedre ut enn å bygge nytt i casestudien. Dette stemmer godt overens med studien av livsløpsanalyser for over 120 ulike byggeprosjekter utført av Wiik (2020). Disse viser bygningenes totale klimautslipp hvor 13 av

prosjektene var rehabiliteringsbygg. Studien viste, som Wiik (2020) selv uttaler: «Å bygge nytt lønner seg, men å rehabilitere gamle bygg er enda bedre».

Data fra studien til Wiik viser også at rehabiliteringsprosjektene kommer inn under kravet om 40% reduksjon av klimagasser innen 2030, sammenlignet med referanseåret 1990.

Ut fra dette kan man se viktigheten i å integrere miljømål og miljøtiltak i tidlig prosjekteringsfase av et bygg, som fører til reduserte avfallsmengder og miljøbelastninger. Viktige fremtidsrettede miljøtema er design og bygging av løsninger som øker materialers og bygningers gjenvinning- og ombrukspotensiale ved avhending (Leland, 2008) og tilrettelegging for dette i samfunnet. For å bli et lavutslippssamfunn og for å nå FNs bærekraftsmål, er omstillingen til sirkulær økonomi en nødvendighet (Miljødirektoratet, u.å.-b).

Resultatet vil trolig se annerledes ut om 60 år, da det vil være andre krav til både byggeteknikk og avfallshåndtering. Ifølge §4 i klimaloven skal klimagassutslippene ha blitt redusert med 80 til 95 prosent sammenlignet med referanseåret 1990 (Lovdata, 2017). Det vil dermed si at selv om rehabilitering viser seg å være betydelig bedre enn nybygg. Er reduksjonen i klimagassutslipp ikke stor nok for å oppnå reduksjonene i klimaloven, med dagens produksjons, byggeteknikker og avfallshåndtering. Men det er helt klart et verktøy som kan brukes på veien for å nå målet.

Det vil derfor være av interesse å utføre en ny detaljert livsløpsanalyse når spørsmålet om rehabilitering eller nybygg dukker opp i fremtiden. For å finne ut hva som vil være best av de to scenariene i fremtiden, og hvordan resultatene ville ha sett ut med fremtidens krav.

Litteraturliste

- Aakre, G. (2019) *Ser på ombruk av treavfall*. Tilgjengelig fra: <https://www.skog.no/nyheter/ser-pa-ombruk-av-treavfall/> (Hentet: 16.05 2020).
- Adeoye, O. J. og Aina, S. A. (2019) An Appraisal of Ozone Layer Depletion and Its Implication on the Human Environment, *Journal of Law, Policy and Globalization*, 83. doi: 10.7176/JLPG
- Aksnes, A. og Holtet, J. A. (2019) Ozonlaget *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/ozonlaget> (Hentet: 04.02.2020).
- Allskog (u.å.) *Skog og klima*. Tilgjengelig fra: <https://www.allskog.no/skog-og-klima> (Hentet: 15.05 2020).
- Almemark, M. (2015) *Steel reinforcement products for concrete*. Celsa Steel Service AS. Tilgjengelig fra: <https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/8379/epd306%20Celsa%20Steel%20Service%202018.pdf> (Hentet: 05.04.2020).
- Anlegg&Transport (2020) *Gjenvinner armert betong på plass*. Tilgjengelig fra: <https://www.at.no/artikler/gjenvinner-armert-betong-pa-plass/482047> (Hentet: 05.04 2020).
- Anne Sigrid Nordby, C. S., Oddbjørn Dahlstrøm (2015) *Helhetlig miljøvurdering av byggematerialer*. Tilgjengelig fra: <http://biblioteket.husbanken.no/arkiv/dok/Komp/helhetlig%20miljovurdering%20av%20byggematerialer.pdf> (Hentet: 15.05.2020).
- Artsdatabanken (u.å.) *Eutrofiering*. Tilgjengelig fra: <https://www.artsdatabanken.no/Pages/181914/Eutrofiering?Key=1440398009#182662> (Hentet: 14.02 2020).
- Avfall Norge (2016) *Avfalls- og gjenvinningsbransjens veikart for en sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/avfall-norge-no/dokumenter/Veikart-for-sirkulaer-okonomi_executive-summary.pdf (Hentet: 11.04.2020).
- Avfall Norge (2019) *Riktig avfallshåndtering – en forutsetning for etablering av sirkulær økonomi i byggebransjen?* Tilgjengelig fra: <https://www.tekna.no/contentassets/c098c4f8ea9b435cac3996e18a132ce9/tekna-frokostmc3b8te.pdf> (Hentet: 12.05 2020).
- Baca Plastindustri AS (2020) *Baca dampspærre*. EPD-Norge.no. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1312796-1584550916/EPDer/Byggevarer/Takbelegg_membraner/NEPD-2100-951_Baca-Dampspærre.pdf (Hentet: 05.04.2020).

- Bartolomei, R. T. (2019) *Digitale verktøy gjør byggebransjen mer bærekraftig: Gir også færre feil*. Tilgjengelig fra: <https://www.fremtidensbygg.no/digitale-verktoy-gjor-byggebransjen-mer-baerekraftig-gir-ogsaa-faerre-feil/> (Hentet: 13.05 2020).
- Bjerkli, C. L. (2015) *Økt materialgjenvinning av byggavfall*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/avfall-og-miljosanering5/publikasjoner/okt-materialgjenvinning-av-byggavfall.-cowi-for-nhp-nettverket.pdf> (Hentet: 14.04.2020).
- Boye, E. (2019) *Sirkulær framtid – om skiftet fra lineær til sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.framtiden.no/aktuelle-rapporter/874-sirkulaer-framtid-om-skiftet-fra-lineaer-til-sirkulaer-okonomi/file.html> (Hentet: 13.05.2020).
- Bratland, H. (u.å.) *Materialgjenvinning*. Tilgjengelig fra: <https://www.avfallnorge.no/hva-jobber-vi-med/gjenvinning> (Hentet: 15.04 2020).
- Bryhni, I., Olerud, K. og Mamen, J. (2019) *Klimagasser, Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/klimagasser> (Hentet: 16.02.2020).
- Byggenæringens Landsforening (2019a) *Import utgjør stort miljøfotavtrykk*. Tilgjengelig fra: <https://www.bnl.no/artikler/2019/klimagassutslipp-bae/> (Hentet: 19.05 2020).
- Byggenæringens Landsforening (2019b) *Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp*. Tilgjengelig fra: https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf (Hentet: 15.05.2020).
- Byggforsk (2002) *Veileder for bruk av resirkulert tilslag*. (Byggforskserien). Tilgjengelig fra: http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/10/04_2002_Veileder_resirkulert_tilslag.pdf (Hentet: 05.04.2020).
- Byggforsk (2011) *700.806: Gjennomføring av rivearbeider*. (Byggforskserien). Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/646/gjennomfoering_av_rivearbeider (Hentet: 04.04.2020).
- Byggforsk (2014) *470.101: Livsløpsvurdering (LCA) av byggevarer og bygninger. Innføring og begreper*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/205/livsloepsvurdering_lca_av_byggevarer_og_bygninger_innfoering_og_begreper (Hentet: 02.05 2020).
- Byggforsk (2015a) *572.111: Resirkulert tilslag av tegl og betong*. (Byggforskserien). Byggforskserien. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/3162/resirkulert_tilslag_av_tegl_og_betong (Hentet: 05.04.2020).
- Byggforsk (2015b) *470.102 Metodiske valg og problemstillinger ved livsløpsvurdering (LCA)*. (Byggforskserien). Tilgjengelig fra: https://test.byggforsk.no/dokument/4144/metodiske_valg_og_problestillinger_ved_livsloepsvurdering_lca (Hentet: 13.04.2020).

- Byggforsk (2017) 700.320: *Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler*. (Byggforskserien). Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/3312/intervaller_for_vedlikehold_og_utskifting_av_bygningsdeler (Hentet: 04.04.2020).
- Byggpartner (2017) Byggpartner Øst er på NTNU Gjøvik 600m2 med 50mm EPS og 1 lags Isola Kraftunderlag. Tilgjengelig fra: <https://www.tak.as/blog/byggpartner-st-er-pa-ntnu-gjovik-600m2-med-50mm-eps-og-1-lags-isola-kraftunderlag> (Hentet: 05.04.2020).
- Byggutengrenser (2017) *Varmelagringsevne – termisk masse*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggutengrenser.no/2017/08/28/varmelagringsevne-termisk-masse/> (Hentet: 12.05 2020).
- Chaudhary, M. (2019) Grønt skifte og andre endringer. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/gront-skifte-og-andre-endringer> (Hentet: 18.05.2020).
- COWI (2019) *Fortsatt mange barrierer i veien for en sirkulær byggsektor*. Tilgjengelig fra: <https://www.cowi.no/om-cowi/nyheter-og-presse/kan-byggsektoren-bli-mer-sirkulaer> (Hentet: 12.05 2020).
- De Nasjonale Forskningsetiske Komiteene (2016) *Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap, humaniora, juss og teologi*. Tilgjengelig fra: https://www.etikkom.no/globalassets/documents/publikasjoner-som-pdf/60125_fek_retningslinjer_nesh_digital.pdf (Hentet: 20.02 2020).
- Direktoratet for byggkvalitet (2017) Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/> (Hentet: 13.04.2020).
- Direktoratet for byggkvalitet (2018) Ombruk av byggevarer – hvilke krav må oppfylles? Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/energi/ombruk-av-byggevarer--hvilke-krav-ma-oppfylles/> (Hentet: 12.04.2020).
- Direktoratet for byggkvalitet (u.å.) *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggeregler/dok/veiledning-til/12.-ce-merking/> (Hentet: 14.04 2020).
- E. A. Smith AS (2015) *Ribbed bars made from reinforcement steel, in the form of mesh as well as straight and shaped*. (NEPD-321-200-EN). Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/135916-1469037804/EPDer/Byggevarer/St%C3%A5lkonstruksjoner/NEPD-321-200-EN_Ribbed-bars-made-from-reinforcement-steel--in-the-form-of-mesh-as-well-as-straight-and-shaped-bars.pdf (Hentet: 16.03.2020).
- Eidsiva Energi (u.å.) *Belaster produksjonen av solcellepaneler miljøet?* Tilgjengelig fra: <https://www.eidsivaenergi.no/lev-energismart/myter-om-solceller/myte-3/> (Hentet: 11.05 2020).

- Engelsen, C. J. (2018) *Betong og miljø – karbonatisering*. Tilgjengelig fra: <https://betong.net/wp-content/uploads/6-NBweb-Betong-og-milj%C3%B8-%E2%80%93-karbonatisering.pdf> (Hentet: 20.04.2020).
- Engelsen, C. J. (2020) *Bruken av miljømasser – begrensninger og muligheter ved resirkulert tilslag*. Tilgjengelig fra: <https://www.gronnby.no/wp-content/uploads/2020/02/Innlegg-4-Christian-John-Engelsen-1.pdf> (Hentet: 11.05.2020).
- EPD-Norge (u.å.-a) *Bruksanvisning for hvordan tolke EPD'er. Byggevarer*. Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/getfile.php/136570-1470750719/Dokumenter/Bruksanvisninger%20tolke%20EPDer/Bruksanvisning%20for%20EPD%20-%20byggevarer.pdf> (Hentet: 03.02 2020).
- EPD-Norge (u.å.-b) *Hvilke typer EPD'er finnes og hvordan er de forskjellige?* Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/getfile.php/139193-1531476240/Dokumenter/Hvilke%20typer%20EPDer%20finnes%20og%20hvordan%20er%20de%20forskjellige%20korr%20signe110718.pdf> (Hentet: 03.05 2020).
- EPS-gruppen (2015) *EPS isolasjon (trykkklasse 80)*. (NEPD-322-185-NO). Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/135850-1468951262/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD-322-185-NO_EPS-isolasjon--trykkfasthet-80---rev-June-2015.pdf (Hentet: 16.03.2020).
- FN (2019) *Bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Baerekraftig-utvikling> (Hentet: 22.02 2020).
- FN (2020a) *Parisavtalen*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen> (Hentet: 27.02 2020).
- FN (2020b) *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal> (Hentet: 20.02 2020).
- FNs utviklingsprogram (u.å.) *Mål 9: Innovasjon og infrastruktur*. Tilgjengelig fra: https://www.no.undp.org/content/norway/no_no/home/post-20151/sdg-overview/goal-9.html (Hentet: 15.05 2020).
- Folkehelseinstituttet (2017) *Svevestøv, Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/svevestov/svevestov/#partikkelegenskaper-og-viktige-definisjoner-av-svevestoev> (Hentet: 05.02.2020).
- Folvik, K. (2011) *Veileder for utarbeidelse av miljødeklarasjoner*. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/134741-1575466571/Dokumenter/DM-%23367992-v2-Veileder_for_EPD.pdf (Hentet: 03.05).
- Frydenlund, J. (2020) *Dette er kravene til kildesortering på byggeplass*. Tilgjengelig fra: <https://blogg.norskjenvinning.no/dette-er-kravene-til-kildesortering-pa-byggeplass> (Hentet: 05.05 2020).

- Fthenakis, V. *et al.* (2011) *Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems*. (IEA-PVPS T12-02:2011). International Energy Agency (IEA). Tilgjengelig fra: http://www.clca.columbia.edu/Task12_LCI_LCA_10_21_Final_Report.pdf.
- Fuglseth, M. (2016) LCC-VURDERINGER NTNU GJØVIK.
- Fuglseth, M. (2017) Klimagassberegninger NTNU Gjøvik. Sluttrapport as built.
- Fuglseth, M. *et al.* (2018) *Utredning av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK* Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/utredning_av_livsløpsbaserte_miljøkrav_i_tek_asplan_viak_2018.pdf (Hentet: 26.02.2020).
- Førland-Larsen, A., Bramslev, K. T. og Hammer, E. A. (2013) *Nullutslippsbygg - Er det mulig?* Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Nullutslippsbygg-Veileder.pdf> (Hentet: 11.05.2020).
- Gjøvik Kommune (2018) *Gjøvik inn i framtida*. Tilgjengelig fra: https://gjovik-kommuneplan.no/assets/pdf/Kommuneplanens_samfunnsdel.pdf (Hentet: 22.02.2020).
- Glava AS (2019) *Glava glassull*. (NEPD-1696-683-NO). Tilgjengelig fra: <https://media.glava.net/mediabank/store/10634/EPD-221N-ver3-Glassull.pdf> (Hentet: 16.03.2020).
- Grønn byggallianse (2017) *Grønn Materialguide*. Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Gronn-Materialeguide-V2.pdf> (Hentet: 11.04.2020).
- Grønn byggallianse (2019) *Tenk deg om før du river. Tips for å gjennomføre et vellykket byggeprosjekt uten å rive*. Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2019/11/Tenk-deg-om-f%C3%B8r-du-river.pdf> (Hentet: 11.05.2020).
- Grønn byggallianse (2020) *Handlingsplan 2020*. Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/01/Handlingsplan-2020-Gr%C3%B8nn-Bbyggallianse.pdf> (Hentet: 11.05.2020).
- Grønt Punkt Norge (u.å.) *Sett konkrete mål for avfallshåndteringen*. Tilgjengelig fra: <https://www.grontpunkt.no/kampanje/avfallsguiden/maalsetting/> (Hentet: 11.04.2020).
- Halvorsen, K. (2018) *Å forske på samfunnet: en innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. 5. utg. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Holtmoen, K. (2017) *Myndighetenes krav til arbeid på eksisterende bygninger - fra praksis til teori*. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2464030> (Hentet: 16.05.2020).
- Homleid, Å. (2017) *N-bygget, NTNU Gjøvik*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1336561> (Hentet: 05.04.2020).

- Huijbregts, M. A. J. (1998) Application of uncertainty and variability in LCA, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 3(5), s. 273-280. doi: 10.1007/BF02979835.
- Huijbregts, M. A. J. *et al.* (2003) Evaluating Uncertainty in Environmental Life-Cycle Assessment. A Case Study Comparing Two Insulation Options for a Dutch One-Family Dwelling, *Environmental Science & Technology*, 37(11), s. 2600-2608. doi: 10.1021/es020971+.
- IPCC (International Panel on Climate Change) (2014) *Climate Change 2014. Synthesis Report - Summary for Policymakers*. Tilgjengelig fra: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf (Hentet: 16.02.2020).
- Isola (u.å.) *Manufacturing locations*. Tilgjengelig fra: <https://www.isola.com/about-isola/manufacturing-locations-2/> (Hentet: 05.04 2020).
- Jacobsen, S. (2018) *Resirkulering og gjenbruk av betong*. Tilgjengelig fra: <https://betong.net/wp-content/uploads/7-web-Resirkulering-og-gjenbruk-av-betong.pdf> (Hentet: 05.04.2020).
- Kilvær, L. *et al.* (2019) *Forsvarlig ombruk av byggevarer*. Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/forsvarlig-ombruk-av-byggevarer_resirgel-2019.pdf (Hentet: 13.04.2020).
- Kjørstad, E. (2019) Ny FN-rapport: Verden er på vei mot en temperaturøkning på 3,2 grader. Tilgjengelig fra: <https://forskning.no/energi-klimate/ny-fn-rapport-verden-er-pa-vei-mot-en-temperaturokning-pa-32-grader/1598222> (Hentet: 18.05.2020).
- Krøvel, L. M. (2015) *Miljøvennlig rehabilitering - hvor er vi, hvor skal vi og hvordan skal vi lykkes?* Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2349890> (Hentet: 15.05.2020).
- Kvellheim, A. K. og Bramslev, K. (2020) *Betong er en del av klimaløsningen*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/-betong-er-en-del-av-klimalosningen/> (Hentet: 15.05 2020).
- Larsen, A. og Bjørberg, S. (2007) *Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger. Innføring og prinsipper*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/livslopsplanlegging-og-tilpasningsdyktighet-i-bygninger---innforing-og-prinsipper.pdf> (Hentet: 15.05.2020).
- LCA.no (2019) *3.3 Beskrivelse av scenarier i moduler etter fabrikkport*. Tilgjengelig fra: <https://lca45.zendesk.com/hc/no/articles/360019523494-3-3-Beskrivelse-av-scenarier-i-moduler-etter-fabrikkport> (Hentet: 04.04 2020).
- Leland, B. N. (2008) *Prosjektering for ombruk og gjenvinning*. Rådgivende Ingeniørers Forening Tilgjengelig fra: <http://www.byggemiljo.no/wp->

- content/uploads/2014/10/26_Prosjektering-for-Ombruk-og-Gjenvinning.pdf (Hentet: 11.04.2020).
- Lian Trevarefabrikk AS (2015) *2-veis innadslående åpningsvindu*. (NEPD-329-212-NO). Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/135732-1468928922/EPDer/Byggevarer/D%C3%B8rer%20og%20vinduer/NEPD-329-212-NO_2-veis-innads-l--ende---pningsvindu.pdf (Hentet: 25.03.2020).
- Lovdata (2017) *Lov om klimamål (klimaloven)*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60> (Hentet: 15.05 2020).
- Lund, O. B. (2016) *Tidligfase i rehabiliteringsprosjekter*. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2397546?show=full> (Hentet: 14.05.2020).
- Lyng, K.-A. og Bjerke, A. (2011) *Livsløpsanalyse for gjenvinning av brukte dekk*. (OR.36.10): Østfoldforskning. Tilgjengelig fra: <https://www.ostfoldforskning.no/media/1188/3610.pdf> (Hentet: 11.02.2020).
- Lyng, K.-A. et al. (2014) *Karbonopptak i betong i LCA og EPD*. Tilgjengelig fra: <https://www.ostfoldforskning.no/media/1084/720-1.pdf> (Hentet: 12.05.2020).
- Mamen, J. og Benestad, R. (2019) *Drivhuseffekten*, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/drivhuseffekten> (Hentet: 05.02.2020).
- Mathisen, G. (2019) *Staten hindrer ombruk av byggematerialer*. Tilgjengelig fra: <https://nemitek.no/arkitekter-asplan-viak-byggematerialer/staten-hindrer-ombruk-av-byggematerialer/104152> (Hentet: 14.04 2020).
- Mayr-Melnhof Holz (u.å.) *Kontakt*. Tilgjengelig fra: <http://www.mm-holz.com/unternehmen/kontakt/> (Hentet: 05.04 2020).
- Miljødirektoratet (2013) *Energiutnyttelse*. Tilgjengelig fra: <http://tema.miljodirektoratet.no/no/Tema/Avfall/Gjenvinning/Energiutnyttelse/> (Hentet: 15.04 2020).
- Miljødirektoratet (2017) *Overgjødsling*. Tilgjengelig fra: <https://www.environment.no/no/Tema/Hav-og-kyst/Overgjodsling/> (Hentet: 05.02 2020).
- Miljødirektoratet (2019a) *Europa når ikke fastsatte miljømål*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2019/desember-2019/europa-nar-ikke-fastsatte-miljomal/> (Hentet: 18.05 2020).
- Miljødirektoratet (2019b) *Forsuring av havet*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/hav-og-kyst/forsuring-av-havet/> (Hentet: 06.02 2020).

- Miljødirektoratet (2019c) *Ozonlaget*. Tilgjengelig fra:
<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/Tema/Klima/Ozonlaget/?viewType=Print&viewClass=Print> (Hentet: 05.02.2020).
- Miljødirektoratet (2019d) *Avfallsplan 2020-2025*. Tilgjengelig fra:
<https://www.regjeringen.no/contentassets/c6a9a384d90c4af18bfd8458f3167708/avfallsplan-2020-2025.pdf> (Hentet: 14.04.2020).
- Miljødirektoratet (u.å.-a) *Norges 23 nasjonale miljømål*. Tilgjengelig fra:
<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/miljomal/> (Hentet: 18.05.2020).
- Miljødirektoratet (u.å.-b) *Sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra:
<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/> (Hentet: 12.04.2020).
- Miljøstyrelsen (2015) *Udredning af teknologiske muligheder for at genbruge og genanvende beton*. (978-87-93352-03-2). Tilgjengelig fra:
<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2015/04/978-87-93352-03-2.pdf> (Hentet: 16.05.2020).
- Moelven (u.å.-a) *Skurlast til limtreproduksjon*. Tilgjengelig fra:
<https://www.moelven.com/no/no/skurlast/skurlast-limtre/> (Hentet: 05.04.2020).
- Moelven (u.å.-b) *MDF/Trefiber*. Tilgjengelig fra:
<https://www.moelven.com/no/no/plater/mdftrefiber/> (Hentet: 05.04.2020).
- Moelven (u.å.-c) *Skurlast til produksjon av konstruksjonsprodukter*. Tilgjengelig fra:
<https://www.moelven.com/no/no/skurlast/skurlast-konstruksjon/> (Hentet: 05.04.2020).
- Moelven Industrier ASA (2018) *Vänerply kryssfinér av gran*. (NEPD-1579-604-NO). Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/139413-1538388653/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1579-604_Kryssfiner_1.pdf (Hentet: 16.03.2020).
- Moelven Limtre AS (2018) *Standard limtrebjelke*. (NEPD-1576-605-NO). Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/139068-1530528866/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1576-605_Standard-limtrebjelke.pdf (Hentet: 16.03.2020).
- Moldekleiv, R. S. og Mynors, M. E. T. (2017) *Gjenbruk av bygningskomponenter og -materialer*. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2465488> (Hentet: 15.05.2020).
- Nakstad, S. og Engebakken, F. (2019) *En undersøkelse av rehabilitering av eksisterende bygg i et bærekraftig perspektiv*. NTNU. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2632950> (Hentet: 15.05.2020).
- Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (2017) *Handlingsplan 2017 – 2020: Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall (NHP4)*. Tilgjengelig fra:

- http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2017/12/Nasjonal-handlingsplan-for-bygg-og-anleggsavfall_NHP4-2017-2020.pdf (Hentet: 13.04.2020).
- Nikolaisen, P.-I. (2016) *Grønt kappløp: Dette er de reneste og skitneste solcellene*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/gront-kapplop-dette-er-de-reneste-og-skitneste-solcellene/363458> (Hentet: 12.05 2020).
- Norcem AS (2015) *CEM II, Anleggsement FA (CEM II/A-V) og Standardsement FA (CEM II/B-M)*. (NEPD-24-201-NO). Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/136375-1470164982/EPDer/Byggevarer/Sement/NEPD-024-201-NO_CEM-II--Anleggsement-FA--CEM-II-A-V--og-Standardsement-FA--CEM-II-B-M-.pdf (Hentet: 25.03.2020).
- Norcem AS (u.å.) *Karbonfangst ved Norcem Brevik: Viktig for klima, nullutslipp og samfunn*. Tilgjengelig fra: <https://www.norcem.no/no/karbonfangst> (Hentet: 15.05 2020).
- Nordby, A. S., Berge, B. og Hestnes, A. G. (2007) Byggematerialer: klimabelastning, miljømessig forsvarlig levetid og design for gjenbruk, *Byggekunst*, s. 26-32.
- Nordby, A. S., Solli, C. og Dahlstrøm, O. (2015) Helhetlig miljøvurdering av byggematerialer. Tilgjengelig fra: <http://biblioteket.husbanken.no/arkiv/dok/Komp/helhetlig%20miljovurdering%20av%20byggematerialer.pdf> (Hentet: 16.05.2020).
- Nordby, A. S. og Wærner, E. R. (2017) *Hvordan planlegge for mindre avfall*. Tilgjengelig fra: https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/07/NGBC_veileder_Hvordan-planlegge-for-mindre-avfall.pdf (Hentet: 14.04.2020).
- Norgips Norge AS (2015a) *Norgips standard type A (STD)*. (NEPD-113-177-EN). Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/135705-1468924280/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-113-177-EN_Norgips-Standard-type-A.pdf (Hentet: 16.03.2020).
- Norgips Norge AS (2015b) *Norgips Windliner-X/utvendig-X type EH2 (GU-X)*. (NEPD-109-177-EN). Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/135693-1468922947/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-109-177-EN_Norgips-Windliner-X-utvendig-X-type-EH2.pdf (Hentet: 16.03.2020).
- Norgips Norge AS (u.å.) *Kontakt oss*. Tilgjengelig fra: <https://norgips.no/kontakt-oss> (Hentet: 05.04 2020).
- Norsk Betongforening (u.å.) *Visste du dette om betong og miljø?* Tilgjengelig fra: <https://betong.net/wp-content/uploads/17966-Visste-du-dette-om-betong-og-milj%C3%B8-WEB.pdf> (Hentet: 14.05.2020).
- Norsk Betongforenings Miljøkomité (2010) *Økt fokus på miljø og klimaendringer. Nye muligheter for betong* Tilgjengelig fra: https://betong.net/wp-content/uploads/NB-Rapport-nr-2-Nye-muligheter-for-betong-1_juni10.pdf (Hentet: 11.05.2020).

- Norsk Betongforenings Miljøkomité (2016) *Betong og miljø*. Tilgjengelig fra: <http://murbetong.no/wp-content/uploads/2017/01/1603-milj%C3%B8.pdf> (Hentet: 16.05.2020).
- Norsk Fjernvarme (u.å.) *Gjøvik: Energikilder i Gjøvik 2019*. Tilgjengelig fra: <https://www.fjernkontrollen.no/gjovik/> (Hentet: 21.03 2010).
- Norsk Gjenvinning (u.å.) *Bransjeløsning: Bygg og anlegg*. Tilgjengelig fra: <https://www.norskgjenvinning.no/bedrift/bransjeloesninger/bygg-og-anlegg/> (Hentet: 09.04.2020).
- Norsk Stålforbund (2014a) *I, H, U, L, T and wide flats hot-rolled sections (Type 2.1) Steel component to be used as construction material*. (NEPD-00252E). Tilgjengelig fra: https://www.stalforbund.no/uploads/source/files/Materialet/EPDer/NEPD%2000252%20I-H-U-L-T-and-wide-flats-hot-rolled-sections-Type-21-GODKJENT_v4.pdf (Hentet: 16.03.2020).
- Norsk Stålforbund (2014b) *Hot finished structural hollow sections (Type 4.1). Steel components to be used as construction material*. (NEPD-00254E). Tilgjengelig fra: <https://norskstaal.no/wp-content/uploads/2018/01/EPD-HUP-RR2.pdf> (Hentet: 16.03.2020).
- Norske Metallfasader AS (2017) *NTNU Gjøvik*. Tilgjengelig fra: <https://metallfasader.no/prosjekt/ntnu-gjovik/> (Hentet: 05.04 2020).
- Norske Metallfasader AS (u.å.) *Om oss*. Tilgjengelig fra: <https://metallfasader.no/om-oss/> (Hentet: 05.04 2020).
- NTNU (u.å.) *Teknologiveien 22 - Smaragdbygget*. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/campusutvikling/teknologiveien22> (Hentet: 19.05 2020).
- Næss, A. (2017) *Byggavfall som materialressurs*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Blogg#!/Blogg/Byggavfall-som-materialressurs> (Hentet: 14.04 2020).
- Opplandske Betongindustri AS (u.å.) *Kontakt*. Tilgjengelig fra: <https://www.opplandskebetong.no/kontakt> (Hentet: 05.04 2020).
- Oyenuga, A. A. og Bhamidimarri, R. (2017) *Upcycling ideas for Sustainable Construction and Demolition Waste Management: Challenges, Opportunities and Boundaries*, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6(3). doi: 10.15680/IJRSET.2017.0603187
- Protan AS (2019) *Litex banemembran/våtromsmembran*. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1310239-1554826884/EPDer/Byggevarer/Takbelegg_membraner/NEPD-1749-736_Litex-Banemembran--Vatromsmembran.pdf (Hentet: 05.04.2020).
- Regjeringen (2013) *Rammedirektivet for avfall*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos->

- notatbasen/notatene/2006/apr/rammedirektivet-for-avfall/id2432014/ (Hentet: 11.04 2020).
- Regjeringen (2016) Avfalls- og gjenvinningsbransjens veikart mot sirkulær økonomi. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/ab557e6446d84b1c9c348c9912b47535/2016-xx-avfalls-og-gjenvinningsbransjens-veikart-for-en-sirkulaer-okonomi.pdf> (Hentet: 18.05.2020).
- Regjeringen (2018) *Etikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/kommuner-og-regioner/kommunereform/Verktoy/lokaldemokrativeilederen/del-a/etikk/id2424157/> (Hentet: 19.02 2020).
- Regjeringen (2020) Handlingsplan for sirkulær økonomi, 2020. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2020/jan/veikart-for-sirkular-okonomi-2019/id2691183/> (Hentet: 18.05.2020).
- Retura (2018) *Retura først ute med materialgjenvinning av returtre i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://retura.no/blog/retura-forst-ute-med-materialgjenvinning-av-returtre-i-norge/> (Hentet: 16.05 2020).
- ROCKWOOL International A/S (2019) *ROCKWOOL stone wool thermal insulation* (NEPD-1762-738-EN). Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1310353-1572610649/EPDer/Utenlandsk%20registrerte%20EPD/NEPD-1762-738_ROCKWOOL-stone-wool-thermal-insulation.pdf (Hentet: 16.03.2020).
- Rønning, A. og Vold, M. (2008) *Miljøvurdering av nytt hovedkontor for SpareBank 1SMN. Sammenligning av to alternative løsninger*. Østfoldforskning AS. Tilgjengelig fra: <https://www.ostfoldforskning.no/media/1211/1008.pdf> (Hentet: 18.02.2020).
- Rønningen, O. (2000) *Bygg- og anleggsavfall: Avfall fra nybygging, rehabilitering og riving. Resultater og metoder*. Tilgjengelig fra: https://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/rapp_200008/rapp_200008.pdf (Hentet: 05.04.2020).
- Sapa (u.å.-a) Sapa Fasade 4150 - Isolert. Tilgjengelig fra: <https://www.sapabuildingsystem.com/no/no/bygg/Produkter/fasadepartier/Sapa-Fasade-4150-/> (Hentet: 05.04.2020).
- Sapa (u.å.-b) Sapa Dør 2050. Tilgjengelig fra: <https://www.sapabuildingsystem.com/no/no/bygg/Produkter/dorer/2050---dorsystemer-til-innvendige-losninger/Sapa-Dor-2050/> (Hentet: 05.04 2020).
- Schüco (u.å.) *Cradle to Cradle® - fra vugge til vugge*. Tilgjengelig fra: https://www.schuco.com/web2/no/om_schuco/ansvar/baerekraft/verdiorienterte_per_spektiver/cradle_to_cradle (Hentet: 15.05 2020).
- Sintef Certification (u.å.) *TG 2042*. Tilgjengelig fra: https://www.sintefcertification.no/product/index/40/isola_dobbelt_lag_tolags_asfalt_ta_kbelegg (Hentet: 05.04.2020).

- Sivertsen, K. H. og Surnflødt, E. (2007) *BuildingSMART og miljøvurdering av bygninger*. (Masteroppgave). Universitetet for miljø- og biovitenskap. Tilgjengelig fra: https://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/2007_umb_kim_hugo_sivertsen_and_erling_surnflodt.pdf (Hentet: 17.02.2020).
- Solbakken, K. M. og Halderaker, I. D. (2016) Energi NTNU Gjøvik. 2. Utgave.
- Solbakken, K. M. og Halderaker, I. D. (2017) Energi NTNU Gjøvik. 3. Utgave.
- Spenncon (u.å.) *Fabrikker*. Tilgjengelig fra: <https://spenncon.no/spenncon/om-spenncon/fabrikker/fabrikker/> (Hentet: 05.04 2020).
- Spenncon AS (2016) *HULLDEKKEELEMENT TYPE HD 265 B45 M45*. (NEPD-14-317-NO). Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/135229-1465939637/EPDer/Byggevarer/Betongvarer/NEPD-14-317-NO_HULLDEKKEELEMENT-TYPE-265-B45M45.pdf (Hentet: 25.03.2020).
- SSB (2020) *Avfall fra byggeaktivitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfbygganl> (Hentet: 11.04 2020).
- Standard Norge (2006a) *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer (ISO 14044:2006)*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=236803> (Hentet: 12.05 2020).
- Standard Norge (2006b) *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk*. (NS-EN ISO 14040:2006). Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=236802> (Hentet: 17.02.2020).
- Standard Norge (2011a) *Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøprestasjon - Beregningsmetode*. (NS-EN 15978:2011). Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=600241> (Hentet: 18.02.2020).
- Standard Norge (2011b) *Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygninger i et bærekraftsperspektiv - Del 2: Rammeverk for vurdering av miljøprestasjon*. (NS-EN 15643-2:2011). Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=600238> (Hentet: 18.02.2020).
- Standard Norge (2019a) *Bygningsdelstabell*. (NS 3451:2009+A1:2019). Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1107101> (Hentet: 16.03.2020).
- Standard Norge (2019b) *Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1105165> (Hentet: 16.05.2020 2020).

- Statsbygg (2018) *Ny juvel på Gjøvik*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/Nytt-fra-Statsbygg/Nyheter/2018/Ny-juvel-pa-Gjovik/> (Hentet: 22.02.2020).
- Statsbygg (2019) *Miljøstrategi 2019–2020*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/globalassets/files/samfunnsansvar/miljo/miljostrategi2019-2020.pdf> (Hentet: 15.05.2020).
- Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (2016) *Cross-laminated timber (X-lam)*. (EPD-SHL-2012211-EN). Tilgjengelig fra: http://www.mm-holz.com/mmholz/uploads/tx_mmholz/en_epd_bsp_2016.pdf (Hentet: 16.03.2020).
- Sørnes, K. *et al.* (2014) *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. (SINTEF Fag 978–82–536–1384–0). Tilgjengelig fra: https://www.sintefbok.no/book/index/985/anbefalinger_ved_ombruk_av_byggematerialer (Hentet: 12.04.2020).
- Tennbakk, B., Landet, I. B. og Magnus, E. (2017) *Norsk definisjon av nesten nullenergibygg*. (978-82-8368-004-1). Tilgjengelig fra: <https://www.energinorge.no/contentassets/fa5408b0d2d94d989a0f0e1e1acd195c/thema-notat-norsk-definisjon-av-nesten-nullenergibygg.pdf> (Hentet: 17.05.2020).
- Tommen Gram Folie AS (2015) *Gram dampsperre*. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/136006-1482315694/EPDer/Byggevarer/Takbelegg_membraner/NEPD-341-230-NO_Dampsperre.pdf (Hentet: 05.04.2020).
- Treindustrien (2015) *Konstruksjonsvirke av gran og furu*. (NEPD-308-179-NO). Tilgjengelig fra: <https://www.moelven.com/no/no/byggtre-og-konstruksjonsvirke/barende-konstruksjon/c24-36-mm/> (Hentet: 16.03.2020).
- Treindustrien (u.å.) *Treets miljøegenskaper*. Tilgjengelig fra: <http://www.treindustrien.no/miljo> (Hentet: 15.05.2020).
- Tønne, M. (2019) *Krav til kildesortering på byggeplassen*. Tilgjengelig fra: <https://www.franzefoss.no/blogg/krav-til-kildesortering-pa-byggeplassen> (Hentet: 13.04.2020).
- Tønseth, S. (2020) *Sirkulærøkonomi kan få flere i arbeid*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/sirkularokonomi-kan-fa-flere-i-arbeid/> (Hentet: 15.05.2020).
- Ulvan, V. og Reenaas, M. (2018) *Rehabilitering Bergen rådhus klimagassberegning*. Tilgjengelig fra: https://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjO5rjThLzpAhXv_CoKHUO7Ay0QFjAAegQIBBAB&url=http%3A%2F%2Fwww.mercell.com%2Fm%2Ffile%2FgetFile.ashx%3Fid%3D113655687%26version%3D0&usg=AOvVaw2Y6s81wdy2xJRRob9IG5xo (Hentet: 16.05.2020).

- Unicon AS (u.å.) *Kontakt din nærmeste butikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.unicon.no/kontakt/> (Hentet: 05.04 2020).
- Vik, G. og Moisland, T. B. (2015) *Etikk, Bygg og Anlegg*. Tilgjengelig fra: <https://www.tekna.no/globalassets/filer/etikk/arbeidsnotat-7-2015-etikk-bygg-og-anlegg1.pdf> (Hentet: 19.02 2020).
- Wiik, M. R. K. (2020) *Norge bør satse på rehabilitering framfor nybygg*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/norge-bor-satse-pa-rehabilitering-framfor-nybygg/?fbclid=IwAR1fxKKjKZbcRjh8tiWRVQw3cqZfVb4S91CdeahfuX8JqGEYASuOBGJm-IM> (Hentet: 12.05 2020).
- Wågønes, T., Sørensen, G. A. og Syversen, F. (2018) *Materialgjenvinning av returtrevirke*. Tilgjengelig fra: https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/avfall-norge-no/dokumenter/Avfall_Norge_rapport_6-2018_Materialgjenvinning_av_returtrevirke.pdf?mtime=20190130103501 (Hentet: 15.05.2020).
- Ytterstad, E. G. (2018) Omkast: en tekst om ombruk. Tilgjengelig fra: https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2569637/EnTekstOmOmbruk_EliseGaareYtterstad.pdf?sequence=3 (Hentet: 04.04.2020).
- Zero (u.å.) *Bygg og anlegg*. Tilgjengelig fra: <https://zero.no/fagomrade/bygg-og-anlegg/> (Hentet: 19.05.2020 2020).
- Øyvind Berild (2019) Statsbygg etterlyser bærekraftig digitalisering. Tilgjengelig fra: <https://byggjeneste.no/aktuelt/digitalisering-for-barekraft> (Hentet: 15.05.2020).

Vedlegg

A.1	Benevnelser benyttet i SimaPro	129
A.2	Deklarasjonsnummer (EPD)	132
A.3	Transport av materialer	135
A.4	Miljøfaktorer til beregning	137
B	Intervaller for fase: B2 – B5.....	142
C	Begrunnelse for datagrunnlag av EPD	148
D.1	EPD Unicon: B45M45 – Gjøvik	152
D.2	EPD Unicon: B35M45 16mm 25%red – Gjøvik	158
D.3	EPD Opplandske Betongindustri AS: Trapper.....	164
D.4	FDV-dokumentasjon av søyler og bjelker	172
D.5	FDV-dokumentasjon av isolerte sandwichvegger.....	173
E.1	Statsbygg: avlesing av strøm og strømforbruk.....	174
E.2	Opplandske Betongindustri AS: armering i prefabrikkert betong	175
E.3	Betonmast Innlandet AS: Modul 5.....	176

A.1 Benevnelser benyttet i SimaPro

Tabell 35:
Benevnelser benyttet i SimaPro.

PRODUKT/MATERIALE	BENEVNELSE I SIMAPRO
Aluminium 40% resirkulert	Aluminium, primær 40% resirk
Aluminiumsprofil ekstrudert	Aluminiumsprofil, ekstrudert (Aluminium, cast alloy GLO market for Cut-off, U)
Armeringsstål: gulv og såler	Reinforcing steel (GLO) market for Cut-off, U
Armeringsstål: prefab betong	Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U
Armeringstau HD (220, 320 og 400)	Reinforcing steel (GLO) market for Cut-off, U
Asfaltpapp	Asfaltpapp (Bitumen adhesive compound, cold GLO market for Cut-off, U)
Betong: gulv på grunn	Concrete Gulv på grunn
Betong: såler og fundamenter	Concrete Såler og fundamenter
Betong: bjelker	Concrete K.vegg/I.S.vegg/Søyler/Bjelker
Betong: hulldekke HD220/320/400	Concrete HD 220/320/400
Betong: kompaktvegger	Concrete K.vegg/I.S.vegg/Søyler/Bjelker
Betong: sandwichvegger	Concrete K.vegg/I.S.vegg/Søyler/Bjelker
Betong: søyler	Concrete K.vegg/I.S.vegg/Søyler/Bjelker
Betong: trapper/repos	Concrete Trapper
EPS trykkfasthet 80	Polystyrene, extruded GLO market for Cut-off, U
Gips lavutslipp	Gips Innvendig lavutslipp. NO
Gips GU lavutslipp	Gips Utvendig lavutslipp. NO
Glass 6mm	Flat glass, uncoated {GLO} market for Cut-off, U
Glassfasade	Vindu utvendig glassfasade
Glava glassull	Glass wool mat (GLO) market for Cut-off, U
Konstruksjonslast (inkl trespiler kledning)	Sawnwood NO
Konstruksjonsstål: I, H, U, L, T	Steel, low-alloyed, hot rolled (GLO) market for Cut-off, U (Konstruksjonsstål, bjelker)

Konstruksjonsstål: VF HUP	Steel, low-alloyed, hot rolled (GLO) market for Cut-off, U (Konstruksjonsstål, søyler)
Kryssfinér (plywood)	Plywood, for indoor use {NO} production Cut-off, U (Kryssfinér)
Limtre: søyler og bjelker	Limtre NO (Glued laminated timber, for outdoor use {NO} production Cut-off, U)
Massivtre: dekker	Massivtredekker NO (Glued laminated timber, for outdoor use {NO} production Cut-off, U)
Propylen-membran	Polypropylen, granulate {GLO} market for Cut-off, U
PVC-membran	Polyvinylchloride, emulsion polymerised {GLO} market for Cut-off, U
Steinull /rockwool	Stone wool (GLO) market for stone wool Cut-off, U
Stål fra malm, 70% resirkulert	Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U S 70% (of project Smaragdbygget)
Trefiberplater medium densitet	Medium density fibreboard (NO) market for Cut-off, U
Vindu, 3-lags, aluminiumskledning	Vindu, 3 lags glass, trekarm med aluminiumskledning
Transport - båt	Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO} market for Cut-off, U
Transport – lastebil > 32 tonn	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro6 {RER} market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 Cut-off, U
Elektrisitet (Norsk strømmiks)	Electricity, Low voltage {NO} market for Cut-off, U
Fjernvarme: biobasert - returvirke	Heat, district or industrial, other than natural gas {NO} heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 Cut-off, U
Solcelleproduksjon	Electricity, low voltage {RoW} electricity production, photovoltaic, 3kWp flat-roof installation, multi-Si Cut-off, U
Tappevann	Tap water {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U
Avfallshåndtering mineralull	Waste mineral wool {Europe without Switzerland} treatment of waste mineral wool, sorting plant Cut-off, U
Avfallshåndtering gips	Waste gypsum plasterboard {CH} treatment of, sorting plant Cut-off, U

Avfallshåndtering betong	Waste concrete, not reinforced {Europe without Switzerland} treatment of waste concrete, not reinforced, sorting plant Cut-off, U
Avfallshåndtering armeringsstål	Waste reinforcement steel {RoW} treatment of waste reinforcement steel, sorting plant Cut-off, U
Avfallshåndtering glass	Waste glass sheet {Europe without Switzerland} treatment of waste glass sheet, sorting plant Cut-off, U
Avfallshåndtering aluminium	Aluminium scrap, post-consumer, prepared for melting {RoW} treatment of aluminium scrap, post-consumer, by collecting, sorting, cleaning, pressing Cut-off, U
Avhending: deponi	Municipal solid waste {GLO} treatment of municipal solid waste, unsanitary landfill, dry infiltration class (100mm) Cut-off, U
Avhending: energiutnyttelse	Municipal solid waste {NO} treatment of, incineration Cut-off, U
Potensial: fra betong	Gravel, crushed {RoW} production Cut-off, U
Potensial: fra stål	Steel, low-alloyed, hot rolled{RoW} production Cut-off, U
Potensial: fra aluminium	Aluminium alloy, AlMg3 {RoW} production Cut-off, U
Potensial: fra trevirke	Wood chips, from post-consumer wood, measured as dry mass {GLO} market for Cut-off, U
Potensial: fra glass	Glazing, triple, $U < 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ {RoW} production Cut-off, U
Potensial: fra gips	Stucco {GLO} market for Cut-off, U
Potensial: fra EPS	Polystyrene, general purpose {RoW} production Cut-off, U
Potensial: elektrisitet fra materialgjenvinning	Electricity, high voltage {NO} electricity production, hydro, reservoir, alpine region Cut-off, U
Potensial: fjernvarme fra materialgjenvinning	Heat, district or industrial, other than natural gas {GLO} market group for Cut-off, U

A.2 Deklarasjonsnummer (EPD)

Tabell 36:
Deklarasjonsnummer (EPD).

PRODUKT/MATERIALE	DEKLARASJONSNUMMER (EPD)	KILDE TIL EPD
Aluminium 40% resirkulert	Ikke funnet	Hentes ut fra databasen til SimaPro: Ecoinvent 3. Se vedlegg A.2 for benevnelse.
Aluminiumsprofil ekstrudert	Ikke funnet	Hentes ut fra databasen til SimaPro: Ecoinvent 3. Se vedlegg A.2 for benevnelse.
Armeringsstål: gulv, såler og prefab betong	NEPD-321-200-EN	Hentet fra (E. A. Smith AS, 2015)
Armeringstau HD (220, 320 og 400)	Ikke funnet	Det foreligger ingen prosjektdata på produsent eller leverandør. Hentes ut fra databasen til SimaPro: Ecoinvent 3. Se vedlegg A.2 for benevnelse.
Asfaltpapp	Ikke funnet	Det foreligger ingen prosjektdata på produsent eller leverandør. Hentes ut fra databasen til SimaPro. Se vedlegg A.2.
Betong: bjelker	NEPD-1846-787-NO	Samme som for betong: kompaktvegger. Se vedlegg D.4 for dokumentasjon av betongkvalitet.
Betong: gulv på grunn	Se vedlegg D.2.	Rapport er tilsendt på epost fra førsteamanuensis Thomas Haavi, ved Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk
Betong: hulldekke HD220/320/400	NEPD-14-317-NO, NEPD-24-201-NO	Hentet fra Norcem AS (2015) og sement fra Spenncon AS (2016)
Betong: kompaktvegger	NEPD-1846-787-NO	Tilsendt på epost fra Opplandske Betongindustri AS.
Betong: sandwichvegger	NEPD-1846-787-NO	Samme som for kompaktvegger. Se vedlegg D.5 for dokumentasjon av betongkvalitet.
Betong: søyler	NEPD-1846-787-NO	Samme som for kompaktvegger. Se vedlegg D.4 for dokumentasjon av betongkvalitet.
Betong: såler og fundamenter	Se vedlegg D.1.	Rapport er tilsendt på epost fra førsteamanuensis Thomas Haavi,

		ved Institutt for vareproduksjon og byggteknikk
Betong: trapper/repos	Se vedlegg D.3	Tilsendt på epost fra Opplandske Betongindustri AS.
EPS trykkfasthet 80	NEPD-322-185-NO	Hentet fra EPS-gruppen (2015)
Gips lavutslipp	NEPD-113-177-EN	Hentet fra Norgips Norge AS (2015a)
Gips GU lavutslipp	NEPD-109-177-EN	Hentet fra Norgips Norge AS (2015b)
Glass 6mm	Ikke funnet	Det foreligger ingen prosjektdata på produsent eller leverandør som er Norske Metallfasader AS. Hentes ut fra databasen til SimaPro. Se vedlegg A.2.
Glassfasade	Ikke funnet	Det foreligger ingen prosjektdata på produsent eller leverandør som er Norske Metallfasader AS. Hentes ut fra databasen til SimaPro. Se vedlegg A.2.
Glava glassull	NEPD-1696-683-NO	Hentet fra Glava AS (2019)
Konstruksjonslast (inkl. trespiler kledning)	NEPD-308-179-NO	Hentet fra Treindustrien (2015)
Konstruksjonsstål: I, H, U, L, T	NEPD-00252E	Hentet fra Norsk Stålforbund (2014a)
Konstruksjonsstål: VF HUP	NEPD-00254E	Hentet fra Norsk Stålforbund (2014b)
Kryssfinér (plywood)	NEPD-1579-604-NO	Hentet fra Moelven Industrier ASA (2018)
Limtre: søyler og bjelker	NEPD-1576-605-NO	Hentet fra Moelven Limtre AS (2018)
Massivtre: dekker	EPD-SHL-2012211-EN	Hentet fra Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (2016)
Propylen-membran	Ikke funnet	Det foreligger ingen prosjektdata på produsent eller leverandør. Hentes ut fra databasen til SimaPro. Se vedlegg A.2.
PVC-membran	Ikke funnet	Det foreligger ingen prosjektdata på produsent eller leverandør. Hentes ut fra databasen til SimaPro. Se vedlegg A.2.
Steinull /rockwool	NEPD-1762-738-EN	Hentet fra ROCKWOOL International A/S (2019)
Stål fra malm, 70% resirkulert	Ikke funnet	Det foreligger ingen prosjektdata på produsent eller leverandør.

		Hentes ut fra databasen til SimaPro: Ecoinvent 3. Se vedlegg A.2 for benevnelse.
Trefiberplater medium densitet	Ikke funnet	Det foreligger ingen prosjektdata på produsent eller leverandør. Hentes ut fra databasen til SimaPro: Ecoinvent 3. Se vedlegg A.2 for benevnelse.
Vindu, 3-lags, aluminiumskledning	NEPD-329-212-NO	Hentet fra Lian Trewarefabrikk AS (2015)

A.3 Transport av materialer

Tabell 37:

Kildehenvisning til valg av transportsted til byggeplass (fase A4).

MATERIALE	TRANSPORT FRA	KILDE
Aluminium 40% resirkulert	Uthusvegen 21, 2335 Stange.	Tilhører vinduer fra Sapa. Leverandør er Norske Metallfasader AS (u.å.)
Aluminiumsprofil ekstrudert	Uthusvegen 21, 2335 Stange.	Tilhører vinduer fra SAPA. Leverandør er Norske Metallfasader AS (u.å.)
Armeringsstål: gulv	Bentsrudvn. 3, 3080 Holmestrand	(E. A. Smith AS, 2015)
Armeringsstål: såler	Bentsrudvn. 3, 3080 Holmestrand	(E. A. Smith AS, 2015)
Armeringsstål: prefab	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	(Opplandske Betongindustri AS, u.å.)
Armeringstau hulldekker	Hensmoveien 88, 3516 Hønefoss	Tilhører HD 220/230/400
Asfaltapp	Prestemoen 9, 3945 Porsgrunn	(Isola, u.å.)
Betong: gulv på grunn	Raufossvegen 632, 2811 Hunndalen	(Unicon AS, u.å.)
Betong: bjelker	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	(Opplandske Betongindustri AS, u.å.)
Betong: hulldekker HD220	Hensmoveien 88, 3516 Hønefoss	(Spenncon, u.å.)
Betong: hulldekker HD320	Hensmoveien 88, 3516 Hønefoss	(Spenncon, u.å.)
Betong: hulldekker HD400	Hensmoveien 88, 3516 Hønefoss	(Spenncon, u.å.)
Betong: kompaktvegger	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	(Opplandske Betongindustri AS, u.å.)
Betong: sandwichvegg	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	(Opplandske Betongindustri AS, u.å.)
Betong: søyler	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	(Opplandske Betongindustri AS, u.å.)
Betong: såler og fundamenter	Raufossvegen 632, 2811 Hunndalen	(Unicon AS, u.å.)
Betong: trapper/repos	Vesttorpveien 22, 2870 Dokka	(Opplandske Betongindustri AS, u.å.)

Dekker, massivtre	Mayr-Melnhof Holz Leoben GmbH, Turmgasse 67 - 8700 Leoben - Austria	(Mayr-Melnhof Holz, u.å.)
EPS trykkfasthet 80	Generell for EPS produsenter i Norge.	(EPS-gruppen, 2015)
Gips GU lavutslipp	Svelvikveien 625, NO 3060 Svelvik	(Norgips Norge AS, u.å.)
Gips lavutslipp	Svelvikveien 625, NO 3060 Svelvik	(Norgips Norge AS, u.å.)
Glass 6mm	Uthusvegen 21, 2335 Stange.	(Norske Metallfasader AS, u.å.)
Glassfasade	Uthusvegen 21, 2335 Stange.	(Norske Metallfasader AS, u.å.)
Glava glassull	300km representativ transportavstand	(Glava AS, 2019)
Konstruksjonslast	Sagvegen 10, 2074 Eidsvoll Verk	(Moelven, u.å.-c)
Konstruksjonsstål: bjelker	Gjennomsnitt fra Europeisk produksjon	NEPD 00252E/00253E/00254E
Konstruksjonsstål: søyler	Gjennomsnitt fra Europeisk produksjon	NEPD 00252E/00253E/00254E
Kryssfinér (plywood)	Otterbäcken, Sverige.	(Moelven Industrier ASA, 2018)
Limtre: søyler og bjelker	Lundemovegen 1, 2390 Moelv	(Moelven Limtre AS, 2018)
Propylen-membran	Gjennomsnittlig avstand av 2 stykk EPD	(Baca Plastindustri AS, 2020; Tommen Gram Folie AS, 2015)
PVC-membran/tettesjikt	Drammen, Norge	(Protan AS, 2019)
Steinull /Rockwool	225km. vektet gjennomsnitt	(ROCKWOOL International A/S, 2019)
Stål fra malm, 70% resirkulert	Gjennomsnitt fra Europeisk produksjon	Mangler EPD, så bruker samme transport som «Konstruksjonsstål»
Trefiberplater	Sagvegen 10, 2074 Eidsvoll Verk	(Moelven, u.å.-b)
Vindu, 3-lags glass, aluminiumskledning	Industriveien 10, 7200 Kyrksæterøra	(Lian Trewarefabrikk AS, 2015)

A.4 Miljøfaktorer til beregning

Tabell 38:
Miljøfaktorer til beregning.

Materialer/prosesser	Kg CO ₂ ekv.	Kg cfc-11 ekv.	CTUh	Kg PM _{2,5} ekv.	H ⁺ -ekv.	Kg P-ekv.
(1 kg) Aluminium 40% resirkulert	6,3567613 04	3,26367E- 07	1,74483E- 06	0,0066875 36	0,0562263 7	0,00751009 6
(1 kg) Aluminiumprofil ekstrudert	4,2537510 36	1,7051E- 07	1,18181E- 06	0,0067978 91	0,0279419 64	0,00213831
(1 kg) Armeringstau HD (100% resirkulert)	2,1378529 29	1,45292E- 07	1,23093E- 06	0,0020869 07	0,0109577 15	0,00130979 5
(1 kg) Asfaltapp	0,6185331 11	4,31423E- 07	4,25598E- 08	0,0006082 13	0,0056448 81	0,00021931 5
(1 m ³) Concrete, Gulv på grunnen	243,20632	9,33506E- 06	6,74052E- 06	0,0480048 84	0,6745085 12	0,01794791 6
(1 m ³) Concrete, HD 220/320/400	238,75889 79	9,42379E- 06	6,66538E- 06	0,0486275 33	0,6748162 94	0,01798878 4
(1 m ³) Concrete, K.vegg/L.S.vegg/Søyler/Bjelker	310,73283 9	1,1063E- 05	7,97009E- 06	0,0556213 28	0,8169538 74	0,02073845 9
(1 m ³) Concrete, Såler og fundamenter	234,86480 04	9,20739E- 06	6,58984E- 06	0,0475367 16	0,6610062 21	0,01769717
(1 m ³) Concrete, Trapper	398,58594 33	1,3006E- 05	9,54047E- 06	0,0638163 07	0,9875981 41	0,02400432 4
(1 kg) EPS 80	3,8307402 09	8,84196E- 08	1,25635E- 07	0,0016056 28	0,0158370 82	0,00020290 7
(1 kg) Flat glass, uncoated	1,0153276 96	9,04458E- 08	2,16E-08	0,0007993 65	0,0108000 3	0,00014966 6
(1 kg) Gips innvendig lavutslipp. NO	0,2226413 82	1,8013E- 08	1,02726E- 08	0,0002364 44	0,0017734 99	7,28812E- 05

(1 kg) Gips utvendig lavutslipp. NO	0,2373457 56	1,97537E- 08	1,15157E- 08	0,0002619 83	0,0019337 24	8,37221E- 05
(1 kg) Glass wool mat	2,6594363 38	2,33509E- 07	3,8196E- 07	0,0024508 09	0,0204316 51	0,00128757 8
(1 m3) Glued laminated timber	- 1442,3908 33	1,91745E- 05	1,26867E- 05	0,5170233 28	1,3875668 83	0,09252786 6
(1 m3) Limtre NO	- 1246,9416 94	2,64796E- 05	9,80679E- 06	0,5353772 65	1,5712958 01	0,02794147 9
(1 kg) Medium density fibreboard	- 0,0153624 15	9,88107E- 08	6,90273E- 08	0,0012914 23	0,0056953 11	0,00019712 7
(1 kg) Plywood, for indoor use	- 1,1702013 02	4,72956E- 08	2,17134E- 08	0,0009828 8	0,0279804 81	8,76027E- 05
(1 kg) Polypropylene	2,0604955 81	1,43685E- 08	5,55289E- 08	0,0008370 26	0,0080459 75	7,52214E- 05
(1 kg) Polyvinylchloride	2,5928157 1	1,53737E- 08	2,681E-07	0,0010377 78	0,0090587 09	0,00012247 6
(1 kg) armeringsstål (såler, gulv og prefab)	0,6803372 39	7,17861E- 08	1,44275E- 06	0,0004843 32	0,0038873 04	0,00047321 2
(1 m3) Sawnwood, softwood	- 1306,5501 59	9,32234E- 06	6,44568E- 06	0,3673411 36	0,5140397 54	0,01295301 2
(1 kg) Steel, 70% resirkulert	1,0405577 51	9,33872E- 08	2,7203E- 06	0,0010289 23	0,0061674 64	0,00084549 7
(1 kg) Steel, bjelker	1,3949126 68	1,06328E- 07	2,50415E- 06	0,0015069 11	0,0080463 46	0,00125109 3
(1 kg) Steel, søyler	1,3949126 68	1,06328E- 07	2,50415E- 06	0,0015069 11	0,0080463 46	0,00125109 3

(1 kg) Stone wool	1,2596361 6	7,97235E- 08	6,29967E- 08	0,0012314 81	0,0119780 53	0,00047295 6
(1 m2) Vindu 3-lags glass aluminiumskledning	51,684674	0,0000223 07	7,23455E- 05	0,4003935 1	2,6811487 17	4,94312920 2
(1 m2) Vindu utvendig glassfasade	108,28407 78	2,42688E- 05	7,41293E- 05	0,4591902 08	2,8757278 74	0,16924598 4
(1 TKM) Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO} market for Cut-off, U	0,0112433 66	1,79983E- 09	3,11128E- 10	1,27866E- 05	0,0002886 97	0,00000153 8
(1 TKM) Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 {RER} transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO6 Cut-off, U	0,0858634 86	1,72699E- 08	2,4237E- 09	4,81483E- 05	0,0002802 13	7,17466E- 06
(1 MJ) Electricity, Low voltage {NO} market for Cut-off, U	0,0088996 7	8,24283E- 10	1,81753E- 09	5,44877E- 06	4,9117E- 05	6,74632E- 06
(1 MJ) Heat, district or industrial, other than natural gas {NO} heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 Cut-off, U	0,0023717 2	7,3739E- 10	2,75283E- 10	1,48496E- 05	9,4858E- 05	1,80729E- 06
(1 MJ) Electricity, low voltage {RoW} electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, single-Si, laminated, integrated Cut-off, U	0,0211024 78	2,03657E- 09	2,61634E- 09	2,203E-05	0,0001594 65	2,04684E- 05
(1 kg) Tap water {Europe without Switzerland} market for Cut-off, U	0,0003515 09	3,60504E- 11	1,6915E- 10	2,40935E- 07	2,51658E- 06	2,77573E- 07
(1 kg) Waste mineral wool {Europe without Switzerland} treatment of waste mineral wool, sorting plant Cut-off, U	0,0181357 74	4,10658E- 09	9,34505E- 10	7,6852E- 05	0,0001829 39	2,53288E- 06
(1 kg) Waste gypsum plasterboard {CH} treatment of, sorting plant Cut-off, U	0,0120966	3,22929E- 09	2,36582E- 09	0,0013409 34	0,0273983 72	1,83455E- 06
(1 kg) Waste concrete, not reinforced {Europe without Switzerland}	0,0090330 2	1,66618E- 09	1,01484E- 09	6,43829E- 05	8,24021E- 05	2,77331E- 06

treatment of waste concrete, not reinforced, sorting plant Cut-off, U						
(1 kg) Waste reinforcement steel {RoW} treatment of waste reinforcement steel, sorting plant Cut-off, U	0,0602756 4	1,05539E- 08	1,83514E- 09	7,79491E- 05	0,0006250 11	4,35639E- 06
(1 kg) Waste glass sheet {Europe without Switzerland} treatment of waste glass sheet, sorting plant Cut-off, U	0,0049995 21	9,33764E- 10	9,02219E- 10	3,81961E- 06	3,96052E- 05	2,58334E- 06
(1 kg) Aluminium scrap, post-consumer, prepared for melting {RoW} treatment of aluminium scrap, post-consumer, by collecting, sorting, cleaning, pressing Cut-off, U	0,3079122 63	1,4169E- 08	1,53478E- 08	0,0001851 93	0,0012869 92	0,00011929 9
(1 kg) Municipal solid waste {NO} treatment of, incineration Cut-off, U	1,2725732	3,92E-09	4,53E-08	2,82E-05	0,0003124 64	0,0000388
(1 kg) Municipal solid waste {GLO} treatment of municipal solid waste, unsanitary landfill, dry infiltration class (100mm) Cut-off, U	1,109713	8,0661E- 10	5,9525E- 08	7,5025E- 06	8,36852E- 05	7,3759E-05
(1 kg) Gravel, crushed {RoW} production Cut-off, U	0,0102860 34	6,71008E- 10	1,15607E- 09	1,01049E- 05	7,15438E- 05	4,9758E-06
(1 kg) Steel, low alloyed, hot rolled{RoW} production Cut-off, U	1,8892453 13	1,16607E- 07	2,21669E- 06	0,0022228 79	0,0106671 62	0,00178483 1
(1 kg) Aluminium alloy, AlMg3 {RoW} production Cut-off, U	7,1258183 06	2,64633E- 07	1,62945E- 06	0,0097405 78	0,0440422 42	0,00296142 9
(1 kg) Wood chips, from post-consumer wood, measured as dry mass {GLO} market for Cut-off, U	- 1,7880048 02	2,38507E- 09	3,62995E- 09	1,79065E- 05	0,0001358 93	9,6664E-06
(1 m2) Glazing, triple, U<0,5 W/m2K {RoW} production Cut-off, U	57,892836 34	4,35652E- 06	4,66307E- 06	0,0520436 8	0,4917070 09	0,01845500 9
(1 kg) Stucco {GLO} market for Cut-off, U	0,0998411 05	9,50123E- 09	3,56099E- 09	0,0001070 51	0,0006560 17	2,23612E- 05

(1 kg) Polystyrene, general purpose {RoW} production Cut-off, U	3,5266077 06	2,38886E- 09	8,84002E- 08	0,0013538 13	0,0136060 69	4,7323E-05
(1 MJ) Electricity, high voltage {NO} electricity production, hydro, reservoir, alpine region Cut-off, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification - unit)	- 0,0017136 35	-1,10409E- 10	-3,36335E- 10	-1,50226E- 06	-7,47473E- 06	-5,08023E- 07
(1 MJ) Heat, district or industrial, other than natural gas {GLO} market group for Cut-off, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification - unit)	- 0,1222531 5	-2,35563E- 09	-3,78248E- 09	-0,0001755	- 0,0009970 88	-3,68721E- 05

B Intervaller for fase: B2 – B5

Tabell 39:

Intervaller for fase: B2 – B5.

MATERIALER	GRUPPERING AV MATERIALER	TILTAK	KOMMENTAR	INTERVALL (ÅR)			KILDE
				Korte	Medium	Lange	
Betong: såler og fundamenter (B35M45 D-max 22)	Betong, såler og fundament		Byggets levetid		60		Unicon: EPD B35M45-Gjøvik (vedlegg D.1)
Armeringsstål såler (25kg/tonn)		Reparasjon, utskifting av ødelagte deler		40	60	80	(Byggforsk, 2017)
Betong: gulv på grunn (B35M45 D-max 16 25% red)	Betong, dekker og gulv		Byggets levetid		60		Unicon: EPD B35M45 16mm 25%red-Gjøvik (vedlegg D.2)
Armeringsstål gulv (20kg/tonn)		Reparasjon, utskifting av ødelagte deler		40	60	80	(Byggforsk, 2017)
Stål fra malm, 70% resirk							

HD220 (371kg/m2 inkl armering - 1,39%)							
HD320 (371kg/m2 inkl armering - 1,39%)							
HD400 (500kg/m2 inkl armering - 2,3%)							
Armeringstau HD (220, 320 og 400)							
Massivtre: dekker	Massivtre, dekker		Byggets levetid		60		(Studiengemein schaft Holzleimbau e.V., 2016)
		Reparasj on, utskifting av ødelagte deler		40	60	80	(Byggforsk, 2017)
		Vedlikeh old, må behandle s hvert 10ende år.			10		(Fuglseth, 2016)

Betong: søyler	Betong, søyler og bjelker		Byggets levetid		60		Opplandske Betongindustri AS: FDV-Dokumentasjon, Søyler og bjelker (vedlegg D.4)
Betong: bjelker		Reparasjon		10	25	40	(Byggforsk, 2017)
Limtre: søyler	Limtre, søyler og bjelker		Byggets levetid		60		(Moelven Limtre AS, 2018)
Limtre: bjelker		Reparasjon, utskifting av ødelagte deler		40	60	80	(Byggforsk, 2017)
		Vedlikehold, må behandles hvert 10ende år.			10		(Fuglseth, 2016)
Konstruksjonss tål: søyler	Stål, søyler og bjelker		Produktets levetid		100		(Norsk Stålforbund, 2014b)
Konstruksjonss tål: bjelker							
Betong: kompaktvegger	Betong, vegger		Produktets levetid		60		Opplandske Betongindustri AS: EPD

							Kompaktvegg, Opplandske Betongindustri AS: FDV- Dokumentasjon av isolerte sandwichvegger (vedlegg D.5)
Betong: sandwichvegg		Utbedring, mekanisk		15	25	40	(Byggforsk, 2017)
Norsk konstruksjonsla st	Trespiler ubehandlet, yttervegg		Byggets levetid		60		(Treindustrien, 2015)
		Utskifting		40	50	60	(Byggforsk, 2017)
		Ettersyn, skifte 10% spiler (står ikke hvor ofte)					(Fuglseth, 2016)
Betong: trapper/repos	Betong, trapper		Byggets levetid		60		Opplandske Betongindustri AS: EPD Trapper (vedlegg D.3)
Vindu, 3-lags glass, aluminiumskle dning	Vindu og dør med aluminium profil		Produktets levetid		60		(Sapa, u.å.-a; u.å.-b; Lian Trevarefabrikk AS, 2015)

Glassfasade			Vedlikehold, innvendig maling		20		(Lian Trevarefabrikk AS, 2015)
Glass 6mm							
Aluminiumspr ofil ekstrudert				40	60	80	(Byggforsk, 2017)
Aluminium, primær 40% resirk							
Trefiberplater medium tetthet	Fiberboard		Byggets levetid		60		
Kryssfinér (plywood)	Kryssfiner		Byggets levetid		60		(Moelven Industrier ASA, 2018)
Gips lavutslipp	Gips, inne og ute		Byggets levetid		60		(Norgips Norge AS, 2015a)
Gips GU lavutslipp			Byggets levetid		60		(Norgips Norge AS, 2015b)
PVC- membran/tettes jikt	PVC-membran		Produktets levetid		30		Tilsvarende, kun for henvisning til levetid: NEPD- 1749-736-NO (Protan AS, 2019)
			Byggets levetid		60		

Propylen-membran	Propylen-membran		Produktets levetid		60		Tilsvarende, kun for henvisning til levetid: (Tommen Gram Folie AS, 2015)
Steinull /rockwool	Steinull		Byggets levetid		60		(ROCKWOOL International A/S, 2019)
Glava glassull	Glassull		Byggets levetid		60		(Glava AS, 2019)
EPS trykkfasthet 80	EPS		Produktets levetid		60		NEPD-322-185-NO (EPS-gruppen, 2015)
Asfaltpapp	Asfalttakpapp	Reperasjon av lokale skader		5	10	15	(Byggforsk, 2017)
		Omlegging. Legges vanligvis oppå eksisterende.		15	25	35	(Byggforsk, 2017)
		Omlegging.			30		(Fuglseth, 2016)

C Begrunnelse for datagrunnlag av EPD

Tabell 40:
Begrunnelse for datagrunnlag av EPD.

Materiale	Kommentar
Aluminium 40% resirkulert	Det foreligger ingen opplysninger om materialet fra BIM eller rapport fra Asplan Viak. E-post sendt til Norske Metallfasader AS som er leverandør av produktet, men ikke mottatt svar. Det er tatt utgangspunkt i databasen til SimaPro for aluminium, men siden 40% skal være resirkulert aluminium er det foretatt endring til 40% gjenvunnet aluminium fra SimaPro sin database. Se vedlegg A.1 for benevnelse brukt i SimaPro og vedlegg A.2 for deklarasjonsnummer (EPD).
Aluminiums-profil ekstrudert	Det foreligger ingen opplysninger om materialet fra BIM eller rapport fra Asplan Viak. E-post sendt til Norske Metallfasader AS som er leverandør av produktet, men ikke mottatt svar. Det antas å være profiler til vinduer. Det er derfor benyttet følgende fra SimaPro: «Aluminium alloy, AlMg3{NO} production Cut-off, U»; med anbefalinger fra veileder. da denne er nærmeste vi kommer produktet ut fra opplysninger vi har i henhold til produsenten av vinduene, som er SAPA. Det antas bruk av resirkulert aluminium. Denne settes til 40% ifølge veileder. Antar norskproduserte profiler så el-mix endres i henhold til dette. Antar samme transport informasjon som SAPA.
Armeringsstål: gulv, såler og prefab	Importert 100% resirkulert jern. I SimaPro er pig iron og cast iron byttet ut med scrap iron. For mengde armeringsstål benyttet i de forskjellige prefabrikkerte delene se vedlegg E.2.
Armeringstau (HD 220, 320 og 400)	Antar norskprodusert 100% resirkulert jern. Antatt tetthet til å være tilsvarende Celsa Steel, 7700kg/m ³ i henhold til EPD: S-P-00306 (Almemark, 2015). I SimaPro er cast iron byttet ut med iron scrap, det er benyttet norsk el-mix og vann ifølge råd fra veileder.
Asfaltapp	E-post sendt til Byggpartner. Ikke svar tilbake. (Byggpartner, 2017; Sintef Certification, u.å.). «Ett lags Iso kraftunderlag» er nevnt i Byggpartners utførelse av taktekingen på Smaragdbygget (Byggpartner, 2017). Dette produktet er beskrevet i «Isola dobbelt lag, tolags asfalt takbelegg» (Sintef Certification, u.å.), men ingen informasjon om oppbyggingen av materialet. Antar norskprodusert og gjort endringer på el-mix. Tatt utgangspunkt i databasen til SimaPro: Ecoinvent 3.
Betong: bjelker	Det er tatt utgangspunkt i FDV-Dokumentasjon «Søyler og bjelker» fra Opplandske Betongindustri AS (vedlegg D.4), som kun gir informasjon om at det er benyttet betong B35. B35 er også benyttet i Kompaktveggene

	fra Opplandske Betongindustri AS. Det er derfor, med aksept fra veileder, benyttet betong som i Kompaktvegger.
Betong: felles	Felles for betongutregning: Det er ikke oppgitt blandingsforholdet sand/pukk: kun «aggregat». Det er derfor tatt utgangspunkt i generelle fordelingsforhold i SimaPro EPD hvor prosentvis fordeling av sand/ pukk er: sand 51,5%, pukk 48,5%. Det er ikke oppgitt blandingsforhold mellom to sementtyper. Det er da tatt utgangspunkt i sement med høyest FA (flygeaske) innhold.
Betong: gulv på grunn	Det er tatt utgangspunkt i EPD B35M45 16mm 25%red-Gjøvik fra Unicon (Vedlegg D.2). Det er opplyst om sement per e-post fra Unicon. Antatt Norskprodusert. Endringer er utført i henhold til dette.
Betong: hulldekke HD220	Samme som for Betong: hulldekke HD400
Betong: hulldekke HD320	Samme som for Betong: hulldekke HD400
Betong: hulldekke HD400	Det er tatt utgangspunkt i NEPD-14-317-NO for HD 265 (Spenncon AS, 2016). Det antas tilsvarende lik sammensetning av materialer i produksjon for HD 220/320/400. Ingen informasjon om betongens densitet. Det er derfor benyttet densiteten 2400kg/m ³ . Angående benyttet sement i HD fra Spenncon, er det to EPDer som er representert: Norcem NEPD 023N og NEPD 024N. Hvor mye av hver sementtype som er benyttet i betongen er det ikke informasjon om. Det er heller ikke kommet svar på e-post fra Spenncon angående dette. I samtale med rådgiver ble det anbefalt å kun benytte sement: NEPD 024N, dette fordi den inneholder flygeaske (19%), og det er mest vanlig per dags dato å benytte betong med flygeaske. Siden NEPD 024 er utgått på dato er NEPD-24-201-NO benyttet i stedet for. Marginale forskjeller, men det må tas hensyn til i analysen i LCA av Smaragdbygget at det kun er benyttet den ene sementtypen. Denne sementen har benevnelsen: «Cem2, 19% FA» i SimaPro, antas norskprodusert. Endringer er utført i henhold til dette. Armeringstau er separat og ikke medregnet i hulldekkene.
Betong: kompaktvegger	Det er tatt utgangspunkt i EPD Kompaktvegg tilsendt per epost fra Opplandske Betongindustri AS. I denne EPDen er det benyttet sement som henviser til NEPD00024N. Dette er tilsvarende sement NEPD-24-201-NO (Norcem AS, 2015). Antas norskprodusert. Endringer er utført i henhold til dette.
Betong: sandwichvegg	Det er tatt utgangspunkt i FDV-Dokumentasjon «Isolerte sandwichvegger» fra Opplandske Betongindustri AS (vedlegg D.5), som gir informasjon om at det er benyttet betong B35. B35 er også benyttet i Kompaktveggene fra Opplandske Betongindustri AS. Det er derfor, med aksept fra veileder, benyttet betong som i Kompaktvegger.
Betong: søyler	Samme som betong: bjelker
Betong: såler og fundamenter	Det er tatt utgangspunkt i EPD B35M45-Gjøvik fra Unicon (Vedlegg D.1). Fått oppgitt informasjon om sementtype per e-post fra Unicon. Norskprodusert. Endringer er utført i henhold til dette.

Betong: trapper/repos	Det er tatt utgangspunkt i EPD Trapper tilsendt på epost fra Opplandske Betongindustri AS (vedlegg D.3). Det er oppgitt NEPD-24-201-NO (Norcem AS, 2015) for benyttet sement. I denne EPD er det oppgitt to forskjellige typer sement. Det er benyttet Anleggssement FA, da denne har 19% Flygeaske i motsetning til den andre: Standardsement som har 18% flygeaske og kalkmel. Kun benyttet den ene da vi ikke er kjent med blandingsforholdet av disse to. Antas norskprodusert. Endringer er utført i henhold til dette. Dette vil gi fordel i mindre belastning i miljøkategoriene da det er noe mere flygeaske og ikke kalkmel.
EPS trykkfasthet 80	Norskprodusert med utgangspunkt i EPD fra EPS-gruppen (2015). Endringer er utført i henhold til dette med bruk av databasen til SimaPro: Ecoinvent 3.
Gips GU lavutslipp	Opplysninger fra Asplan Viak. Det er tatt utgangspunkt i NEPD-109-177-EN, antas norskprodusert som tar hensyn til fornybar energi. Endringer er utført i henhold til dette.
Gips lavutslipp	Opplysninger fra Asplan Viak. Det er tatt utgangspunkt i NEPD-113-177-EN, antas norskprodusert som tar hensyn til fornybar energi. Endringer er utført i henhold til dette.
Glass, 6mm	Homleid (2017) har oppgitt Norske Metallfasader AS som leverandør av glass- og aluminiumsfasader. Norske Metallfasader AS (2017) har oppgitt bruk av Sapa dør 2050 (Sapa, u.å.-b). 1-lags glass med aluminiumsramme. Ingen EPD funnet. Data i SimaPro er basert på materialtypene oppgitt av produsent.
Glassfasade	Homleid (2017) har oppgitt Norske Metallfasader AS som leverandør av glass- og aluminiumsfasader. Norske Metallfasader AS (2017) har oppgitt bruk av Sapa 4150 (Sapa, u.å.-a). 2-lags glass med aluminiumsramme. Ingen EPD funnet. Data i SimaPro er basert på materialtypene oppgitt av produsent.
Glava glassull	For glassull er det benyttet databasen i SimaPro: Ecoinvent 3.
Konstruksjonsstål: Bjelker	Inngangsdata i SimaPro er basert på materialmengder funnet i EPD fra Norsk Stålforbund (2014a). Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U, med økt andel resirkulert jern. Dette er gjort ved å bytte ut pig iron, med scrap steel
Konstruksjonsstål: Søylar	Inngangsdata i SimaPro er basert på produktspesifikasjoner funnet i EPD fra Norsk Stålforbund (2014b). Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U, med økt andel resirkulert jern. Dette er gjort ved å bytte ut pig iron, med scrap steel
Kryssfinér (plywood)	Inngangsdata til SimaPro er basert på produktspesifikasjoner funnet i EPD fra Moelven Industrier ASA (2018).
Limtre: bjelker	Materiale antas norskprodusert med utgangspunkt i NEPD-1576-605-NO (Moelven Limtre AS, 2018) fra Moelven. Her er tørrvekt og vann i gran separert: disse er addert i SimaPro. Om skurlastens densitet hentet fra Moelven (u.å.-a). Det er benyttet en densitet for gran = 360 kg/m ³ . Har ikke endret limmengden som står i SimaPro, da limmengden i EPD var i tørrvekt og vanskelig å fastslå hvor mye det tilsvarer i våt konsistens.

Limtre: søyler	Samme som for Limtre: bjelker.
Massivtre: dekker	Opplysninger om materiale per e-post fra Moelven KL-tre kommer fra Østerrikt: mm-holtz. EPD-SHL-2012211-EN (Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V., 2016). Endret strøm til AT (Østerrike).
Norsk konstruksjonslast	Norsk konstruksjonslast produsert i Norge og basert på EPD fra Moelven (Treindustrien, 2015). Er tilpasset norsk produksjonsprosess. Endringer som er gjort er forandring til Norsk el-mix.
Propylen-membran	For propylen-membran er det benyttet databasen i SimaPro: Ecoinvent 3.
PVC-membran/tettesjikt	Sendt epost til Betonmast for å få info om denne, men ikke svar Derfor benyttet termoplast av PVC fra databasen i SimaPro: Ecoinvent 3
Steinull /rockwool	For steinull er det benyttet databasen i SimaPro: Ecoinvent 3.
Stål fra malm, 70% resirk,	Basert på Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for Cut-off, U, med økt andel resirkulert jern. Dette er gjort ved å bytte ut pig iron med scrap steel for 70%
Trefiberplater medium tetthet	For trefiberplater er det benyttet databasen i SimaPro: Ecoinvent 3. Men med norske energi og trevirke
Vindu, 3-lags glass, aluminiumskledning	Inngangsdata i SimaPro er basert på materialmengder funnet i EPD av Lian Trevarefabrikk AS (Lian Trevarefabrikk AS, 2015).

D.1 EPD Unicon: B45M45 – Gjøvik

Ver 2.014

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

ISO 14025 ISO 21930 EN 15804

Owner of the declaration	Unicon AS
Program holder	The Norwegian EPD Foundation
Declaration number	Viser til NEPD 158N
Issue date	
Valid to	

B35M45 - Gjøvik

Product

Unicon AS

Owner of the declaration



General information
Product

B35M45 - Gjøvik

Program holder:

 The Norwegian EPD Foundation
 P.O.Box 5250 Majorstuen
 0303 Oslo
 Phone: +47 23 08 80 00
 e-mail: post@epd-norge.no
Declaration number:

Viser til NEPD 158N

This declaration is based on Product Category Rules:

 EN 15804:2012+A1:2013 serve as core PCR
 PCR for Precast Concrete Products, NPCR 20.2011.

Declared unit:

1 m3 B35M45 - Gjøvik

Declared unit with options:

A1,A2,A3

Functional unit:
The EPD has been worked out by:

 The declaration has been developed using EPDGen-version 1.0. Approval: NEPD T03
 Company specific data are collected and registry by:
Rune Hovland 15.08.16
 Company specific data are audited by:
Sven Kirschhausen 15.08.16
Verifications:

Independent verification of data, other environmental information and EPD has been carried out in accordance with ISO14025, 8.1.3 and 8.1.4

externally



 Senior Researcher Anne Ranning
 (Independent verifier approved by EPD-Norway)

Declared unit:

1 m3 B35M45 - Gjøvik

Key environmental indicators	Unit	Cradle to gate A1 - A3	Transport A4
Global warming	kg CO2 eqv	302,84	0
Energy use	MJ	2658,15	0
Dangerous substances		*	*

*The product contains no substances from the REACH Candidate list or the Norwegian priority list

Owner of the declaration:

 Unicon AS
 Contact person: Øyvind Sæter
 Phone: +47 67 55 54 44
 e-mail: info@unicon.no
Manufacturers:

Unicon AS

Place of production:

Unicon Gjøvik

Management system:

NS-EN 14001 No. S-024

Org. No:

No 942822979

Issue date:
Valid to:
Comparability:

EPD of construction products may not be comparable if they not comply with EN 15804 and seen in a building context.

Year of study:

2016

Approved:

 sign
 (Manager EPD-Norway)

Product

Product description:

B35 M45 D-Max 22mm UN55A-B000 Konsistens 200 mm

Technical data:

Prosjektspesifik EPD utarbeidet etter retningslinjer gitt av EPD Norge. Godkjent dato og Gyldig til dato fylles ikke ut for Prosjektspesifikke EPD'er.

Reference service life:

As for the building

Product specifications:

1m³ ferdigbetong styrkeklasse B35 og bestandighetsklasse M45

Materialer	Prosent
Cement	12,31
Aggregater	76,17
Water	7,45
Chemicals	0,10
SCM	3,91

Marked:

LCA: Calculation rules

Declared unit:

1 m³ B35M45 - Gjøvik

Cut-off criteria:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (<1%) er ikke inkludert.

Allocation:

Alokering er gjort i hht bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Påvirkning for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til hovedproduktet der materialet ble brukt. Resirkuleringsprosessen og transport av materialet er allokert til denne analysen.

Data quality:

Energiforbruk på fabrikk er gjennomsnitt 2015.

Materialer	Data quality	Source	Year
Cement	EPD	NEPD001E38	2013
SCM	EPD	TL Denmark	2013
Aggregate	Database	Østfoldforskning	2012
Aggregate	Database	Modified EcoInvent	2012
Chemicals	European average	Eco	0
Water	0	0	0
SCM	Waste	0	0

System boundary:

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet ut fra fabrikkporten er inkludert i analysen.

FlowChart



LCA: Scenarios and additional technical information

The following information describe the scenarios in the different modules of the EPD.

Transport from production site to user (A4)

Type	Capacity utilization (incl. return) %	Type of vehicle	Distance km	Fuel/Energy consumption	Unit	Value (t)
Truck	0 %		0	0	tkm	0
Railway	-	-	-	-	-	-
Boat	-	-	-	-	-	-
Other	-	-	-	-	-	-

Installation in the building (A5)

-	Unit	Value
Auxiliary	kg	0
Water consumption	m ³	0
Electricity consumption	kWh	0
Other energy carriers	MJ	0
Material loss	kg	0
Output materials from waste treatment	kg	0
Dust in the air	kg	0

Label

Maintenance (B2)/Repair (B3)

-	Unit	Value
Maintenance cycle	-	0
Auxiliary	kg	0
Other resources	kg	0
Water consumption	m ³	0
Electricity consumption	kWh	0
Other energy carriers	MJ	0
Material loss	kg	0

Use (B1):

-	Unit	Value
No effect	0	0

End of Life (C1, C3, C4)

-	Unit	Value
Hazardous waste disposed	kg	0
Collected as mixed construction waste	kg	0
Reuse	kg	0
Recycling	kg	0
Energy recovery	kg	0
To landfill	kg	0

Transport to waste processing (C2)

Type	Capacity utilization (incl. return) %	Type of vehicle	Distance km	Fuel/Energy consumption	Unit	Value (t)
Truck	0 %		0	0	tkm	0
Railway	-	-	-	-	-	-
Boat	-	-	-	-	-	-
Other	-	-	-	-	-	-

Benefits and loads beyond the system boundaries (D)

LCA: Results
System boundaries (X=included, MND=module not declared, MNR=module not relevant)

Product stage			Construction/Installation stage		User stage								End of life stage				Beyond the system boundaries
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
X	X	X	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	

Environmental impact

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
GWP	kg CO ₂ -eq	2.85E+002	1.52E+001	2.64E+000				
ODP	kg CFC11-eqv	2.00E-006	0.00E+000	3.29E-007				
POCP	kg C ₂ H ₄ -eqv	3.83E-001	6.96E-002	7.94E-003				
AP	kg SO ₂ -eqv	8.91E-002	1.51E-002	1.54E-003				
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eqv	3.09E-002	2.73E-003	4.01E-004				
ADPM	kg Sb-eqv	9.79E-005	0.00E+000	6.24E-006				
ADPE	MJ	1.50E+003	2.31E+002	3.00E+001				

GWP Global warming potential; **ODP** Depletion potential of the stratospheric ozone layer; **POCP** Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; **AP** Acidification potential of land and water; **EP** Eutrophication potential; **ADPM** Abiotic depletion potential for non fossil resources; **ADPE** Abiotic depletion potential for fossil resources

Resource use

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
RPPE	MJ	2.49E+002	3.25E+000	1.22E+001				
RPPEM	MJ	1.61E+000	9.72E-001	7.76E-002				
TRPE	MJ	2.91E+002	4.22E+000	1.23E+001				
NRPEE	MJ	1.76E+003	2.35E+002	4.67E+001				
NRPEEM	MJ	1.16E+001	0.05E+000	0.00E+000				
TRNPE	MJ	1.77E+003	2.35E+002	4.67E+001				
SM	kg	1.66E+002	0.00E+000	0.00E+000				
RSP	MJ	1.36E+002	0.00E+000	0.00E+000				
NRSP	MJ	2.12E+002	0.00E+000	0.00E+000				
W	m ³	3.37E+000	1.66E-001	3.01E-001				

RPPE Renewable primary energy resources used as energy carrier; **RPPEM** Renewable primary energy resources used as raw materials; **TRPE** Total use of renewable primary energy resources; **NRPEE** Non renewable primary energy resources used as energy carrier; **NRPEEM** Non renewable primary energy resources used as materials; **TRNPE** Total use of virgin, non-renewable resources with energy content; **SM** Use of secondary materials; **RSP** Use of renewable secondary fuels; **NRSP** Use of non renewable secondary fuels; **W** Use of net fresh water

End of life - Waste

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
HW	kg	3.64E-003	1.55E-004	2.55E-005				
NHW	kg	1.57E+001	2.04E+001	4.63E-001				
RW	kg	0.00E+000	0.00E+000	0.00E+000				

HW Hazardous waste disposed; **NHW** Non hazardous waste disposed; **RW** Radioactive waste disposed

End of life - Output flow

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
CR	kg	0.00E+000	0.00E+000	2.31E+001				
MR	kg	4.54E-001	0.00E+000	0.00E+000				
MER	kg	2.79E-002	0.00E+000	0.00E+000				
EEE	MJ	3.49E-001	0.00E+000	0.00E+000				
ETE	MJ	1.20E-002	0.00E+000	0.00E+000				

CR Components for reuse; **MR** Materials for recycling; **MER** Materials for energy recovery; **EEE** Exported electric energy; **ETE** Exported thermal energy

Additional Norwegian requirements

Electricity

The following data from ecoinvent v3 (June 2012) for Norwegian production mix included import, low voltage is used; Energy/Electricity country mix/Low voltage/Market: Electricity, low voltage (NO) market for (Alloc Def, U. Production of transmission lines, in addition to direct emissions and loss in grid are included. Characterisation factors stated in EN 15804:2012+A1:2013 are used. This gives following greenhouse gas emissions: 24 g CO₂-eq/kWh

Hazardous substances

None of the following substances have been added to the product: Substances on the REACH Candidate list of substances of very high concern (checked 15.08.2016) substances on the Norwegian Priority list (checked 15.08.2016) and substances that lead to the product being classified as hazardous waste. The chemical content of the product complies with regulatory levels as given in the Norwegian Product Regulations

Indoor air

Produktet har ingen påvirkning på inneløst.

Bibliography



NS-EN ISO 14025:2010 Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures

NS-EN ISO 14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines

NS-EN 15804:2012+A1:2013 Sustainability of construction works - Environmental product declaration - Core rules for the product category of construction products

ISO 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products

• PCR for Precast Concrete Products, NPCR 20.2011, www.epd-norge.no • Vold M. og Edvardsen T. (2014); EPD-generator for betongindustrien, Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad, Januar 2014. • Vold M. og Edvardsen T. (2014); EPD-generator for betongindustrien, Brukerveileding, OR 05.14 Østfoldforskning, Fredrikstad, Januar 2014

	Program holder and publisher The Norwegian EPD Foundation P.O.Box 5250 Majorstuen 0303 Oslo Norway	Phone: +47 23 08 80 00 email: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	Owner of the declaration Unicon AS Prof. Birkelandsvei 27B 1081 Oslo	Phone: +47 67 55 54 44 Fax: email: info@unicon.no web:
	Author of the Life Cycle Assessment Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy, Norway	Phone: +47 69 35 11 00 Fax: +47 69 34 24 94 email: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no

D.2 EPD Unicon: B35M45 16mm 25%red – Gjøvik

Ver 2.004

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

ISO 14025 ISO 21930 EN 15804

Owner of the declaration	Unicon AS
Program holder	The Norwegian EPD Foundation
Declaration number	Viser til NEPD 158N
Issue date	
Valid to	

B35M45 16mm 25%red - Gjøvik

Product

Unicon AS

Owner of the declaration



General information

Product

B35M45 16mm 25%red - Gjøvik

Program holder:

The Norwegian EPD Foundation
P.O.Box 5250 Majorstuen
0303 Oslo
Phone: +47 23 08 80 00
e-mail: post@epd-norge.no

Declaration number:

Viser til NEPD 158N

This declaration is based on Product Category Rules:

EN 15804:2012+A1:2013 serve as core PCR
PCR for Precast Concrete Products, NPCR 20.2011.

Declared unit:

1 m3 B35M45 16mm 25%red - Gjøvik

Declared unit with option:

A1,A2,A3

Functional unit:

The EPD has been worked out by:

The declaration has been developed using EPDGen-version 1.0. Approval: NEPD T03
Company specific data are collected and registry by:
Rune Hovland 15.08.16
Company specific data are audited by:
Sven Kirschhausen 15.08.16

Verification:

Independent verification of data, other environmental information and EPD has been carried out in accordance with ISO14025, 8.1.3 and 8.1.4

externally



Senior Researcher Anne Renning
(Independent verifier approved by EPD-Norway)

Owner of the declaration:

Unicon AS
Contact person: Øyvind Sæter
Phone: +47 67 55 54 44
e-mail: info@unicon.no

Manufacturer:

Unicon AS

Place of production:

Unicon Gjøvik

Management system:

NS-EN 14001 No. S-024

Org. No:

No 942822979

Issue date:

Valid to:

Comparability:

EPD of construction products may not be comparable if they not comply with EN 15804 and seen in a building context.

Year of study:

2016

Approved:

sign:
(Manager EPD-Norway)

Declared unit:

1 m3 B35M45 16mm 25%red - Gjøvik

Key environmental indicators	Unit	Cradle to gate A1 - A3	Transport A4
Global warming	kg CO2 eqv	317,14	0
Energy use	MJ	2787,43	0
Dangerous substances		-	-

*The product contains no substances from the REACH Candidate list or the Norwegian priority list.

Product

Product description:

B35 M45 Lavvarmebetong D-Max 16mm 25% redusert
UN55A-B110 Konsistens 200 mm

Technical data:

Prosjektsesifik EPD utarbeidet etter retningslinjer gitt av EPD Norge. Godkjent dato og Gyldig til dato fylles ikke ut for Prosjektsesifikke EPD'er.

Reference service life:

As for the building

Product specifications:

1m3 ferdigbetong styrkeklasse B35 og bestandighetsklasse M45

Materials	Percent
Cement	13,16
Aggregate	74,66
Water	7,93
Chemicals	0,11
SCM	4,13

Market:

LCA: Calculation rules

Declared unit:

1 m3 B35M45 16mm 25%red - Gjøvik

Cut-off criteria:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistømmer som inngår med veldig små mengder (<1%) er ikke inkludert.

Allocation:

Allokering er gjort i hht bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Påvirkning for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til hovedproduktet der materialet ble brukt. Resirkuleringsprosessen og transport av materialet er allokert til denne analysen.

Data quality:

Energiforbruk på fabrikk er gjennomsnitt 2015.

Materials	Data quality	Source	Year
Cement	EPD	NEPCO01E28	2013
SCM	EPD	T1, Denmark	2013
Aggregate	Database	Østfoldforskning	2012
Aggregate	Database	Modified EcoInvent	2012
Chemicals	European average	Etha	0
Water	0	0	0
SCM	Waste	0	0

System boundary:

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet ut fra fabrikkporten er inkludert i analysen.

FlowChart



LCA: Scenarios and additional technical information

The following information describe the scenarios in the different modules of the EPD.

Transport from production site to user (A4)

Type	Capacity utilization (incl. return) %	Type of vehicle	Distance km	Fuel/Energy consumption	Unit	Value (t/D)
Truck	0 %		0	0	t/km	0
Railway	-	-	-	-	-	-
Boat	-	-	-	-	-	-
Other	-	-	-	-	-	-

Installation in the building (A5)

	Unit	Value
Auxiliary	kg	0
Water consumption	m ³	0
Electricity consumption	kWh	0
Other energy carriers	MJ	0
Material loss	kg	0
Output materials from waste treatment	kg	0
Dust in the air	kg	0

Label

Maintenance (B2)/Repair (B3)

	Unit	Value
Maintenance cycle	-	0
Auxiliary	kg	0
Other resources	kg	0
Water consumption	m ³	0
Electricity consumption	kWh	0
Other energy carriers	MJ	0
Material loss	kg	0

Use (B1):

	Unit	Value
No effect	0	0

End of Life (C1, C3, C4)

	Unit	Value
Hazardous waste disposed	kg	0
Collected as mixed construction waste	kg	0
Reuse	kg	0
Recycling	kg	0
Energy recovery	kg	0
To landfill	kg	0

Transport to waste processing (C2)

Type	Capacity utilization (incl. return) %	Type of vehicle	Distance km	Fuel/Energy consumption	Unit	Value (t/D)
Truck	0 %		0	0	t/km	0
Railway	-	-	-	-	-	-
Boat	-	-	-	-	-	-
Other	-	-	-	-	-	-

Benefits and loads beyond the system boundaries (D)

LCA: Results

System boundaries (X=included, MND=module not declared, MNR=module not relevant)

Product stage			Construction installation stage		User stage										End of life stage			Beyond the system boundaries
Raw material	Transport	Manufacturing	Transport	Construction installation stage	Use	Maintenance	Repair	Repairment	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	Deconstruction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Final facility recycling potential		
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D		
X	X	X	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR		

Environmental impact

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
GWP	kg CO ₂ -eq	2.95E+002	1.02E+001	2.04E+000				
ODP	kg CFC11-eqv	2.00E-006	0.00E+000	3.29E-007				
POCP	kg C ₂ H ₄ -eqv	4.02E-001	7.52E-002	7.94E-003				
AP	kg SO ₂ -eqv	7.22E-002	1.63E-002	1.54E-003				
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eqv	3.22E-002	2.96E-003	4.01E-004				
ADPM	kg Sb-eqv	9.90E-005	0.00E+000	8.24E-006				
ADPE	MJ	1.50E+003	2.50E+002	3.00E+001				

GWP Global warming potential; **ODP** Depletion potential of the stratospheric ozone layer; **POCP** Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; **AP** Acidification potential of land and water; **EP** Eutrophication potential; **ADPM** Abiotic depletion potential for non fossil resources; **ADPE** Abiotic depletion potential for fossil resources

Resource use

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
RPPE	MJ	2.61E+002	3.33E+000	1.22E+001				
RPPEM	MJ	1.64E+000	1.06E+000	7.76E-002				
TRPE	MJ	2.63E+002	4.59E+000	1.23E+001				
NRPEE	MJ	1.64E+003	2.55E+002	4.67E+001				
NRPEEM	MJ	1.32E+001	0.00E+000	0.00E+000				
TRNPE	MJ	1.66E+003	2.55E+002	4.67E+001				
SM	kg	1.97E+002	0.00E+000	0.00E+000				
RSP	MJ	1.45E+002	0.00E+000	0.00E+000				
NRSP	MJ	2.22E+002	0.00E+000	0.00E+000				
W	m ³	3.33E+000	2.04E-001	3.01E-001				

RPPE Renewable primary energy resources used as energy carrier; **RPPEM** Renewable primary energy resources used as raw materials; **TRPE** Total use of renewable primary energy resources; **NRPEE** Non renewable primary energy resources used as energy carrier; **NRPEEM** Non renewable primary energy resources used as materials; **TRNPE** Total use of virgin, non-renewable resources with energy content; **SM** Use of secondary materials; **RSP** Use of renewable secondary fuels; **NRSP** Use of non renewable secondary fuels; **W** Use of net fresh water

End of life - Waste

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
HW	kg	3.95E-003	1.69E-004	2.55E-005				
NHW	kg	1.60E+001	2.22E+001	4.63E-001				
RW	kg	0.00E+000	0.00E+000	0.00E+000				

HW Hazardous waste disposed; **NHW** Non hazardous waste disposed; **RW** Radioactive waste disposed

End of life - Output flow

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
CR	kg	0.00E+000	0.00E+000	2.31E+001				
MR	kg	4.78E-001	0.00E+000	0.00E+000				
MER	kg	3.64E-002	0.00E+000	0.00E+000				
EEE	MJ	3.56E-001	0.00E+000	0.00E+000				
ETE	MJ	1.26E-002	0.00E+000	0.00E+000				

CR Components for reuse; **MR** Materials for recycling; **MER** Materials for energy recovery; **EEE** Exported electric energy; **ETE** Exported thermal energy

Additional Norwegian requirements

Electricity

The following data from ecoinvent v3 (June 2012) for Norwegian production mix included import, low voltage is used: Energy/Electricity country mix/Low voltage/Market: Electricity, low voltage (NO)| market for | Alloc Def, U. Production of transmission lines, in addition to direct emissions and loss in grid are included. Characterisation factors stated in EN 15804:2012+A1:2013 are used. This gives following greenhouse gas emissions: 24 g CO₂-eq/kWh

Hazardous substances

None of the following substances have been added to the product: Substances on the REACH Candidate list of substances of very high concern (checked 15.08.2016) substances on the Norwegian Priority list (checked 15.08.2016) and substances that lead to the product being classified as hazardous waste. The chemical content of the product complies with regulatory levels as given in the Norwegian Product Regulations

Indoor air

Produktet har ingen påvirkning på inneluft.

Bibliography



NS-EN ISO 14025:2010 Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures

NS-EN ISO 14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines

NS-EN 15804:2012+A1:2013 Sustainability of construction works - Environmental product declaration - Core rules for the product category of construction products

ISO 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products

• PCR for Precast Concrete Products, NPCR 20.2011, www.epd-norge.no • Vold M. og Edvardsen T. (2014); EPD-generator for betongindustrien, Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad, Januar 2014. • Vold M. og Edvardsen T. (2014); EPD-generator for betongindustrien, Brukerveiledning, OR 05.14 Østfoldforskning, Fredrikstad, Januar 2014.

	Program holder and publisher The Norwegian EPD Foundation P.O.Box 5250 Majorstuen 0303 Oslo Norway	Phone: +47 23 08 80 00 email: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	Owner of the declaration Unicon AS Prof. Birkelandsvei 27B 1081 Oslo	Phone: +47 67 55 54 44 Fax: email: info@unicon.no web:
	Author of the Life Cycle Assessment Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerrøy, Norway	Phone: +47 69 35 11 00 Fax: +47 69 34 24 94 email: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no

D.3 EPD Opplandske Betongindustri AS: Trapper

Ver1 2015

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Opplandske Betongindustri AS
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

Trapper

Opplandske Betongindustri AS



www.epd-norge.no



Generell informasjon

Produkt: Trapper	Eier av deklarasjonen: Opplandske Betongindustri AS Kontaktperson: Erik Kolstad Telefon: 959 87 788 e-post: erik.kolstad@opplandske- betong.no
Programoperatør: Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo Phone: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no	Produsent: Opplandske Betongindustri AS
Deklarasjonsnummer:	Produksjonssted: Vest-torpvegen 22, 2870 Dokka
ECO Platform registreringsnummer:	Kvalitet/Miljøsystem:
Deklarasjonen er basert på PCR: EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR	Org. no.: 987 547 847
Erklæringen om ansvar: Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.	Godkjent dato:
Deklarert enhet: 1 tonne Trapper	Gyldig til:
Deklarert enhet med opsjon: A1,A2,A3,A4	Årstall for studien: 2016
Funksjonell enhet:	Sammenlignbarhet: EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.
Verifikasjon: Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4	Miljødeklarasjonen er utarbeidet av: Deklarasjonen er utviklet ved bruk av EPDGen-Version 2 Godkjenning: Bedriftsspesifikke data er Samlet og registrert av: Stian Trettsveen Kontrollert av: Bjørn Dalen
Ekstern Tredjeparts verifikator: Sign  Seniorforsker Anne Rønning (Uavhengig verifikator godkjent av EPD Norge)	Godkjent: Sign (Daglig leder av EPD-Norge)

Produkt

Produktbeskrivelse:

Trapper produsert ved Opplandske Betongindustri AS, fabrikk Dokka.

Produktspesifikasjon:

Produksjons, transport og montasje av 1 Tonn trappeelement, basert på gjennomsnittlig tverrsnitt gjennomsnittlig armeringsmengde. Betongens densitet er på 2,4t/m³.

Materials	Percent
Cement	21,09
Aggregate	63,80
Water	9,48
Chemicals	0,24
Reinforcement	5,41

Tekniske data:

Produsert i samsvar med betongstandarden, NS-EN 206 og de gjeldende produktstandardene NS-EN 13369 og NS-EN 14992.

Markedsområde:

Norge

Levetid, produkt:

Levetid, bygg:

LCA: Beregningsregler

Deklarert enhet:

1 tonne Trapper

Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produktsystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Påvirkning for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til hovedproduktet der materialet ble brukt. Resirkuleringsprosessen og transport av materialet er allokert i denne analysen.

Datakvalitet:

Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD- utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCA databaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

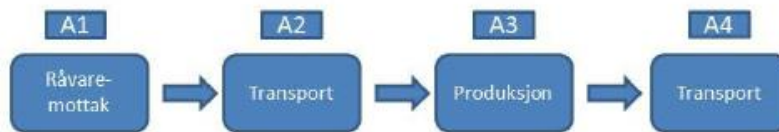
Ekstern data er hentet ut ifra en EPD-generator utviklet av Østfoldforskning i samarbeid med Betongelementforeningen og blir tredjepartsverifisert. Internt i bedriften er dataene plukket ut ifra forbrukstall i 2016.

Materials	Source	Data quality	Year
Water	0	0	0
Aggregate	EcoInvent 3	Database	0
Reinforcement	Østfoldforskning	Database	2012
Chemicals	EPD-EFC-20150091-IAG1-EN	EPD	2015
Cement	NEPD-24-201-NO	EPD	2015

Systemgrenser:

Alle prosesser ifra råvareuttak til produktet er transportert til byggeplass(A1 - A4).

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:



Teknisk tilleggsinformasjon

Produktet levers med FDV-dokumentasjon

LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (lt)
Bil	53,0 %	Truck, EURO 3	75	0,020559	l/tkm	1,54
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Byggefase A5

.	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling	kg	
Støv i luften	kg	
VOC utslipp	kg	

Monterte produkter i bruk (B1)

.	Unit	Value

Vedlikehold (B2)/Reparasjon (B3)

.	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	-	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
VOC utslipp	kg	

Utskifting (B4)/Renovering (B5)

.	Enhet	Verdi
Utskiftingsfrekvens*	stk	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Utskifting av slitte deler	0	

* Tall eller referanselevetid

Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

.	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	kW	

Sluttfase (C1,C3,C4)

.	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning	kg	
Til deponi	kg	

Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (lt)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Gevinst og belastninger etter endt levetid (D)

LCA: Resultater

Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklarerert, MNR=modul ikke relevant)

Product stage				Construction installation stage	User stage								End of life stage				Beyond the system boundaries
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons/ installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbrukspotensial/ resirkuleringspotensiale	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
X	X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	

Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
GWP	kg CO ₂ -eq	3,29E+02	1,41E+01	1,51E-02	2,00E-01
ODP	kg CFC11 -eq	8,86E-06	2,43E-06	3,29E-09	3,76E-08
POCP	kg C ₂ H ₄ -eq	9,74E-02	3,43E-03	6,28E-06	3,76E-05
AP	kg SO ₂ -eq	1,98E+00	7,11E-02	7,65E-05	1,07E-03
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq	6,14E-01	2,52E-02	2,78E-05	2,37E-04
ADPM	kg Sb -eq	3,58E-04	2,84E-05	9,27E-08	4,39E-07
ADPE	MJ	1,98E+03	2,14E+02	1,79E-01	3,07E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0*10⁻³ = 0,009

Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
RPEE	MJ	1,12E+03	3,04E+00	1,52E-01	4,68E-02
RPEM	MJ	2,28E+01	9,31E-01	3,45E-03	1,43E-02
TPE	MJ	1,14E+03	3,97E+00	1,55E-01	6,11E-02
NRPE	MJ	2,07E+03	2,17E+02	4,29E-01	3,13E+00
NRPM	MJ	2,17E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	2,09E+03	2,17E+02	4,29E-01	3,13E+00
SM	MJ	2,20E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NRSF	MJ	4,90E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
W	m ³	1,90E+03	2,95E-01	7,49E-02	2,78E-03

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

Leseeksempel $9,0 \text{ E-03} = 9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
HW	kg	1,33E-02	1,52E-04	7,50E-07	2,35E-06
NHW	kg	5,21E+01	1,98E+01	2,75E+00	3,07E-01
RW	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

Leseeksempel $9,0 \text{ E-03} = 9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	1,70E+01	0,00E+00	1,31E+00	0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	2,67E+00	0,00E+00
EEE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
ETE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

Leseeksempel $9,0 \text{ E-03} = 9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

Norske tilleggskrav

Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmiks inkludert import, produksjon av overføringslinjer og tap i nett (lav spenning), er brukt som elektrisitetsmiks. Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmiks	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	Ecoinvent 3	25,30	g CO ₂ -ekv/kWh

Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH kandidatliste eller stoffer på den norske prioritetslisten

Inneklima

Produktet har ingen negativ innvirkning på inneklima.

Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer.

NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer

NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer

ISO 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products.

ecoinvent v3, Alloc Rec, Swiss Centre of Life Cycle Inventories.

Iversen et al., (2017) EPD generator v2.0 - Background information for system verification, OR 10.17, Østfoldforskning, Fredrikstad.

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerking og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type 3 - Prinsipper og prosedyrer.
NS-EN ISO 14044:2006

Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - krav og retningslinjer.
NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - miljødeklarasjoner - Grunnleggende

produktkategorier for byggevarer.
ISO 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products.

	Programoperatør og utgiver Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner Pb. 5250 Majorstuen 0303 Oslo Norway	Telefon: +47 23 08 82 92 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	Eier av deklarasjon Opplandske Betongindustri AS Vest-torpaveien 22 2870 Dokka	Telefon: 959 87 788 Fax: e-post: erik.kolstad@opplandske-betong.no web: opplandske-betong.no
	Forfatter av livsløpsrapporten Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 Fax: +47 69 34 24 94 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no

D.4 FDV-dokumentasjon av søyler og bjelker

Skjemanr.: 11.05

Rev. nr.:1, 20.08.2018

Opplandske
Betong.

FDV-DOKUMENTASJON

Produkt	Søyler og bjelker
Betongkvalitet:	B35.
Armeringskvalitet:	B500NC
Innstøpningsgods:	
Rengjøring:	Kan vaskes med høytrykkspyler, maks 100bar. Mild avfettingssåpe kan benyttes. Ikke spyl i fuger da dette kan medføre vanninntrenging.
Etterbehandling:	Ved evt. maling må det benyttes diffusjonsåpen maling.
Reparasjon og flikk ved skader:	Det må være min. 5 ^o C ved utbedringsstedet. Såret/skaden renses for eventuelle løse partikler og fuktes med vann og latex etter blandeforhold som anvist av leverandør. Ved større skader kontaktes fagpersonell for besiktigelse.
Miljø:	Produktet har ingen negativ innvirkning på miljøet. Ved evt. destruksjon: Betongavfall kan leveres på de fleste større avfallsanlegg Gjenvinning: Betong og armering må skilles ut hver for seg. Armering kan gå til metallgjenvinning. Betong kan da gjenvinnes og benyttes til f.eks. fyllmasse eller tilslag i betong.
Eventuelt:	Ved øvrige spørsmål ta kontakt med kontakt Opplandske Betongindustri AS. www.opplandskebetong.no/kontakt

D.5 FDV-dokumentasjon av isolerte sandwichvegger

Skjemanr.: 11.09

Rev. nr.:1, 20.08.2018

Opplandske
Betong.

FDV-DOKUMENTASJON

Produkt	Isolerte sandwichvegger
Betongkvalitet:	B35
Armeringskvalitet:	B500NC
Isolasjon:	250 mm Super XPS
Fugemasse:	I mykfuger er det benyttet Sikaflex LM 15.
Innstøpningsgods:	
Rengjøring:	Kan vaskes med høytrykkspyler, maks 100bar. Mild avfettingssåpe kan benyttes. Ikke spyl i fuger da dette kan medføre vanninntrenging.
Etterbehandling:	Ved evt. maling må det benyttes diffusjonsåpen maling.
Reparasjon og flikk ved skader:	Det må være min. 5 ^o C ved utbedringsstedet. Såret/skaden renses for eventuelle løse partikler og fuktes med vann og latex etter blandeforhold som anvist av leverandør. Ved større skader kontaktes fagpersonell for besiktigelse.
Miljø:	Produktet har ingen negativ innvirkning på miljøet. Ved evt. destruksjon: Betongavfall kan leveres på de fleste større avfallsanlegg Gjenvinning: Betong og armering må skilles ut hver for seg. Armering kan gå til metallgjenvinning. Betong kan da gjenvinnes og benyttes til f.eks. fyllmasse eller tilslag i betong.
Eventuelt:	Ved øvrige spørsmål ta kontakt med kontakt Opplandske Betongindustri AS. www.opplandskebetong.no/kontakt

E.1 Statsbygg: avlesing av strøm og strømforbruk

 **[REDACTED]** 👍 ↶ ↷ → ...

g.no>
ma. 02.03.2020 12:00
Marthe Olsberg ↕

 Energimerke NTNU Gjøvik by...
143 kB

Hei

Avlesning er i dag 02.03.2020

Solcelle har produsert 84 186 672 W/h siden oppstart 2018. (har feil ved overføring av data så det er bare registret 1/3 av produksjonen, vet ikke hvor lenge)
EL måler er 2602 kW/h med omregnings faktor på 300 Startet på 498kW/h 26.03.2018
Fjernvarme: Til ventilasjon 247 525 kWh
 Til Radiatorer 179 392 kWh
Fjernvarme måler 828,83 MW/h Startet på 295,15MW/h 26.03.2018
Vannmåler: 2040 m3 startet på 185 m3 26.03.18

Håper dette er til hjelp. Ikke fått noe svar om vi har LCC beregninger forhold til vedlikehold.

Vennlig hilsen

[REDACTED]

driftsleder
Avdeling for drift og vedlikehold
[REDACTED]

 **STATSBYGG**

...

E.2 Opplandske Betongindustri AS:

armering i prefabrikkert betong

██████████ @
SV: Bacheloroppgave
Til: molsberg@mail.com

i går kl. 20:39

Hei,

Vi har EPD på trapper og KV. Håper det kan brukes. Se også FDV for utvalgte produkter.

Tommelfingerregel armering:

- Betongsøyler: 150 kg per m3
- Betongbjelker: 200 kg per m3
- Trapper/ repos: 120 kg per m3
- Sandwichvegg: 90 kg per m3
- Kompaktvegg 80 kg per m2

██████████
Leder støttefunksjoner
██████████
opplandskebetong.no

**Opplandske
Betong.**

E.3 **Betonmast Innlandet AS: Modul 5**

on. 15.04.2020 13:16

Marthe Olsberg: Betonmast Innlandet <innlandet@betonmast.no> ☞

Hei

Beklager, men her kan jeg ikke hjelpe dere. Dataene om energibruk er borte grunn programvareoppdatering og frakting av anleggsmaskiner har jeg dessverre ikke oversikt over.

Lykke til med oppgaven deres.

Med vennlig hilsen
BETONMAST INNLANDET AS


Prosjektingenior

