



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Industriell Økonomi Spesialisering i prosjektledelse	Vårsemesteret, 2015 Åpen
Forfatter: Audun Pedersen (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Frank Asche Veileder(e): Frank Asche	
Tittel på masteroppgaven: LCA i bygningsbransjen – En studie av takkonstruksjoner Engelsk tittel: LCA in the building industry – A study of roof constructions	
Studiepoeng: 30	
Emneord: LCA BREEAM NOR EPD Prosjektering Miljø	Sidetall: 63 + vedlegg/annet: 19 Stavanger 15.06.2015

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på fem års skolegang ved Universitetet i Stavanger. Valg av tema er gjort på bakgrunn av tanker rundt hvilke verdier som bør være sentrale for fremtidens industrielle virksomhet. I et forsøk på å bevare verden slik vi kjenner den synes et miljørettet fokus å være på sin plass.

Jeg vil takke Kruse Smith Entreprenør for muligheten til å skrive oppgave i samarbeid med dem. Å kunne samarbeide med en sentral aktør i byggebransjen har for meg gitt oppgaven mer mening, og jeg føler at resultatene er styrket av dette. Aslaug Helberg fortjener en stor takk for veiledning gjennom våren. Gode svar har ikke vært mangelvare, og hun har vært tilgjengelig for alle henvendelser.

Erlend Kulander Kvitrud i smi energi & miljø fortjener takk for å ha bidratt til bedre innsikt i bruken av LCA.

Jeg vil gjerne takke Håvard Lunder i CORE Technology for hjelp med byggtekniske problemstillinger.

Til slutt vil jeg rette en takk til Frank Asche, veileder ved UiS, for tips og råd til gjennomføring av oppgaven.

Audun Pedersen

Stavanger, 15.06.2015

Sammendrag

Som et svar på verdens økende klimautfordringer har byggebransjen tatt i bruk stadig flere miljøverktøy for å minimere driftens utslipp av ulike miljøskadelige stoffer. Bruken av livsløpsanalyse (LCA) for vurdering av byggematerialer er en av disse verktøyene, og har i de senere år særlig blitt tatt i bruk i forbindelse med miljøsertifisering gjennom BREEAM NOR. Denne oppgaven har i samarbeid med Kruse Smith vurdert LCA som prosjekteringsverktøy gjennom en analyse av to ulike takkonstruksjoner for det planlagte Arkivenes Hus i Stavanger. En oppbygning av stålprofiler isolert med steinull er sammenlignet med hulldekker i betong isolert med ekspandert polystyren (EPS). Analysen har bedømt de ulike materialenes utslipp av ulike miljøfiendtlige stoffer.

Fra resultatene fremgår det at stålkonstruksjonen er det mest miljøvennlige alternativet, dersom transport av materialer utelukkes. Studiene i oppgaven peker imidlertid på at disse i størst mulig grad bør inkluderes i regnskapet. I så fall vil hulldekkene være det beste alternativet med hensyn til global oppvarming og forsurening. Stålkonstruksjonen bærer preg av at anvendte materialer fraktes over store avstander.

For hulldekkene viser analysen at betong er den største bidragsyteren til forurensende utslipp. Derfor kan en mer miljøvennlig produksjonsprosess for betong bidra i stor grad til reduksjon av miljøpåvirkningen fra dette alternativet.

LCA som prosjekteringsverktøy drar nytte av grundig analysering av ulike faktorer. Måten man vurderer hele livsløpet i detalj sørger for at man får god kjennskap til de ulike påvirkningene, og man slipper problemforskyvning. Dersom datagrunnlaget er godt nok kan man lære seg det som er å lære om miljøutslipp fra et produkt eller produksjonsprosess. Nettopp dette er imidlertid også noe av svakheten til verktøyet. Den tidvis sviktende miljødokumentasjonen som finnes for ulike produkter gjør at man ikke alltid kan være helt trygg på resultatene fra en LCA. Samtidig er tendensen for anskaffelse av nye miljødeklarasjoner (EPD) for byggematerialer de senere år mer positiv. Det er all grunn til å tro at datagrunnlaget for fremtidige analyser bare vil bli bedre, og at dette vil kunne bidra til en mer miljøvennlig byggeprosess.

FIGURLISTE

Figur 1: Systemmiljøet.....	11
Figur 2: Livsløpsfaser	14
Figur 3: Oppbygning av Lett-tak (Lett-tak Systemer AS, 2015).....	17
Figur 4: Oppbygning av hulldekke.....	18
Figur 5: Transportutslippenes innvirkning på CO ₂ -utslipp for Lett-tak	37
Figur 6: Transportutslippenes påvirkning på CFC-11-utslipp for Lett-tak.....	37

TABELLISTE

Tabell 1: EPD for Lett-tak	26
Tabell 2: EPD for hulldekker	28
Tabell 3: EPD felles for begge.....	29
Tabell 4: Analyseresultater for Lett-tak.....	37
Tabell 5: Analyseresultater for hulldekke i betong.....	38
Tabell 6: Totale utslipp for takkonstruksjonene	33
Tabell 7: Totale utslipp for takkonstruksjonene, ekskludert transportpåvirkning	33
Tabell 8: Største bidragsytere til utslipp	34
Tabell 9: Utslipp for ulike transportmetoder.....	36

BEGREPSTABELL

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

EPD – Environmental Product Declaration. Miljødeklarasjon

Eutrofiering – Økt planteproduksjon forårsaket av økt tilførsel av næringsalter

ISO – International Standards Organization

LCA – Life Cycle Assessment. Livsløpsanalyse

PCR – Product Category Rules. Produktkategoriregler

360optimi – Programvaren brukt til å gjennomføre LCA. Tilbys av finske Bionova

KJEMISKE FORKORTELSER

CFC-11 – En type klorfluorkarbon-gass

CO₂ – Karbondioksid

CH₄ – Metan

C₂H₄ – Etylen

N₂O – Lystgass

PO₄ – Fosfat

SO₂ – Svoveldioksid

Innhold

FORORD	III
FIGURLISTE	VI
TABELLISTE	VII
BEGREPSTABELL	VIII
KJEMISKE FORKORTELSER	VIII
INNLEDNING	1
KRUSE SMITH	3
TEORI	5
BREEAM	5
<i>Hva er BREEAM?</i>	5
<i>Hvordan fungerer det i praksis?</i>	5
<i>Materialpunktet</i>	6
LCA	7
<i>Fasene i en LCA</i>	9
<i>Funksjonell enhet</i>	10
<i>Systemgrenser</i>	11
<i>Påvirkningskategorier</i>	12
EPD	13
<i>PCR</i>	13
<i>Livsløpsfasene</i>	13
<i>Sammenlignbarhet av EPDer for bygningsprodukter</i>	16
<i>Krav til datakvalitet</i>	16
BYGNINGSMATERIALER OG KONSTRUKSJONSPRINSIPPER	17
METODE	21
CASE STUDIE	21
USTRUKTURERT INTERVJU	21
LCA	22
<i>Vurdering av analyseresultater for en LCA</i>	22
<i>Evaluering</i>	22
KILDEKRITIKK	23
LCA FOR TAK PÅ ARKIVENES HUS	24
MÅL	24
FUNKSJONELL ENHET	24
SYSTEMGRENSER	24
LIVSLØPSINVENTAR	25
<i>Lett-tak</i>	25

<i>Hulldekker</i>	27
<i>For begge konstruksjoner:</i>	29
OM SAMMENLIGNING AV DE TO TAKKONSTRUKSJONENE.....	30
FUNN I ANALYSEN AV TAKKONSTRUKSJONENE	30
DISKUSJON	35
FOR ANALYSEN.....	35
<i>Analysens dekning av faser og stadier i livsløpet</i>	35
<i>Gradering av resultater</i>	41
<i>Om sammenligning av isolasjonsmaterialer</i>	41
<i>EPD - unøyaktigheter og variasjoner</i>	43
LCA SOM BESLUTNINGSVERKTØY	44
<i>Databegrensninger</i>	44
<i>Problemforskyvning</i>	45
<i>Praktisk bruk av LCA</i>	46
<i>Programvaren</i>	47
<i>Anvendelse hos Kruse Smith</i>	47
VIDERE FORSKNING.....	48
<i>Analyse</i>	48
<i>Metodikken</i>	48
KONKLUSJON	49
SITERTE VERK	51
VEDLEGG	54

Innledning

I senere år har verden sett et økende fokus på miljøbevissthet og klimavennlige løsninger på flere områder. Trender for både CO₂-konsentrasjoner, havnivå og middeltemperaturer verden over viser kraftig økning – særlig fra rundt 1950 og fremover. Det levnes liten tvil om at disse er menneskeskapt. Tall fra Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) viser at menneskets handlinger, blant annet gjennom generell industri og forbrenning av fossile brennstoffer, har gitt en unaturlig stigning i konsentrasjonen av drivhusgasser de siste årene (IPCC, 2014).

På grunn av disse utfordringene er byggebransjen i Norge de senere årene blitt mer og mer opptatt av miljøvennlighet. I en stortingsmelding fra 2012 sier regjeringen blant annet at de vil vurdere å gjøre bruk av miljødeklarasjoner (EPD) for byggevarer til et krav i TEK 10 (Det kongelige kommunal- og regionaldepartementet, 2012). Man ser allerede en tydelig trend til å anskaffe slike i byggebransjen. I 2014 økte antallet EPDer med 50% (Byggeindustrien, 2015). Denne plutselige økningen sies å være drevet fram av at flere ønsker BREEAM NOR-sertifisering, der disse dokumentene er sentrale (NGBC - Norwegian Green Building Council, 2015). Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) er Europas ledende miljøklassifiseringsverktøy for bygninger. I Norge brukes den norske versjonen BREEAM NOR.

Grunnet denne økningen i både produksjon og bruk av EPDer vil det være interessant å undersøke hva som ligger bak disse tallene. Det hevdes at BREEAM gjør bygg mer miljøvennlige (NGBC - Norwegian Green Building Council, 2012). Hvordan gjør de dette? En måte å oppnå en bedre forståelse av dette er å undersøke prosessene rundt tilvirkning av en EPD.

Kruse Smith er for tiden i prosessen med å bygge Arkivenes Hus på Ullandhaug i Stavanger. Bygget skal etter planen BREEAM NOR-sertifiseres til Excellent. I forbindelse med denne sertifiseringen skal det blant annet gjennomføres livsløpsanalyse (LCA) for forskjellige bygningsdeler, i tråd med BREEAM NORs krav. En viktig brikke i bruken av LCA er å anvende EPDer fra de ulike materialene i

bygningdelen. Denne oppgavens formål er å gjennomføre en LCA for yttertaket til Arkivenes Hus, og på den måten lære mer om metodikken i seg selv. Utfallet av analysen vil kunne bidra til å styrke ressursgrunnlaget Kruse Smith gjør sine beslutninger om konstruksjonsteknikk og materialbruk på. Resultatene kan også gi nyttige erfaringer hva gjelder både hvilke materialer som bidrar mest til miljøutslipp fra bygninger og arbeidsmetodene for utarbeidelsen av EPDer i praksis. Et dypere dykk i sistnevnte vil skape en bredere plattform for å kunne forstå på hvilken måte en EPD representerer miljøpåkjenninger fra materialet.

Til å begynne med kommer en presentasjon av Kruse Smith og deres arbeid. Deretter vil oppgaven gjennomgå relevant teori for å beskrive de ulike elementene som inngår i analysen. Denne starter på et overordnet nivå og snevrer seg inn mot kjernen i arbeidet som er gjort i analysen, på samme måte som entreprenører tilnærmer seg verktøyet i daglig drift. Deretter følger et metodekapittel hvor det beskrives hvilke arbeidsmetoder som er tatt i bruk. For denne oppgaven blir metodikk og teori om LCA noe blandet ettersom teorien stort sett omhandler metodikken. Etter dette følger en beskrivelse av analysen, samt resultater fra denne. Til slutt drøftes bruken av LCA blant annet på bakgrunn av den presenterte analysen.

Kruse Smith

Kruse Smith er Norges sjette største entreprenør og en betydelig eiendomsutvikler. Konsernets primære markedsområde er Sør-Norge, men deres engasjement strekker seg over hele landet (Kruse Smith AS, 2015). I Rogaland er de en sentral aktør, med prosjekter som DnB Arena og Rundeskogen (Tre Tårn). Kruse Smith deler sin aktivitet inn i forretningsområdene bygg, byggfornyelse, anlegg og bolig- og eiendomsutvikling.

Klimafokuset er stort i Kruse Smith. De har veldig tro på miljøklassifiseringssystemet BREEAM NOR, og satser på dette som et verktøy for fremtiden. Dette gjør de for eksempel ved å lede et forum kalt BREEAM Support Rogaland som blant annet arrangerer kurs for å øke interessen for ordningen og for å sikre at næringen har nødvendig kompetanse og gjennomføringsevne. Kruse Smith var også en bidragsyter til utvikling av den norske versjonen av BREEAM (Kruse Smith AS, 2015).

Stavangerkontoret har utdannet flere ansatte innenfor BREEAM, for å ytterligere øke deres kompetanse på dette området.

Kruse Smith velger gjerne å samarbeide med studenter om oppgaveskriving, og tilbyr ofte flere typer oppgaver. Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Kruse Smith, etter de ytret et ønske om å studere BREEAM ytterligere ved hjelp av denne typen samarbeid. Valget falt til slutt på en studie av LCA. Dette verktøyet er et av flere som tas i bruk i Kruse Smith når de står ovenfor valg av materialer i byggene sine.

Teori

BREEAM

Hva er BREEAM?

Som et svar på verdens klimaproblemer tenderer byggebransjen mot å ta i bruk mer miljøvennlige metoder for daglig drift. En metode som brukes stadig mer i Norge de siste år er miljøsertifiseringsprogrammet BREEAM NOR. Dette er en norsk modifisering av BREEAM, som opprinnelig ble lansert i Storbritannia i 1990. Det er verdens eldste miljøsertifiseringsverktøy, og det mest brukte verden over med 425 000 sertifiserte bygg og over 2 millioner registrerte i 2012. (BRE Global, 2015)

BREEAM er et prosjekteringsverktøy som gir det ferdige bygget eller området en klassifisering ut fra hvor miljøvennlig det er. Miljøytelsen beregnes og kvantifiseres før det sammenlignes med tilsvarende verdier for gitte referansebygg, satt ut fra byggeforskriftenes standarder. Miljøvennlighet måles gjennom verktøyet på flere måter; bygningens energibruk, avfallshåndtering, materialvalg og inneklima for å nevne noen. I hver kategori kan man oppnå et gitt antall poeng. Flere av poengene gis ut fra hvor mye bedre ytelse enn referansen bygget har. Basert på hvor mange poeng som scores i de ulike kategoriene gis bygget en av følgende BREEAM-klassifiseringer: Pass, Good, Very Good, Excellent, Outstanding.

Et viktig moment i BREEAM-klassifiseringen er at den vurderes av en uavhengig tredjepart, en person med nødvendige kvalifikasjoner som leies inn for å gjøre vurderingen av arbeidet med bygget.

Hvordan fungerer det i praksis?

BREEAM NORs manual er delt inn i 9 kategorier. Spesielt for den norske versjonen er at vektingen for noen av kategoriene er tilpasset norske forhold. For eksempel er kategorien vannbruk ikke vektlagt like sterkt som i den internasjonale versjonen, da Norge regnes med å ha bedre tilgang på vann enn verden generelt. Vektleggingen er nødvendig for å unngå at klassifiseringen ikke blir gitt på skjevt grunnlag. Det er nødvendigvis slik at ikke alle punkter i manualen bidrar til like stor beskyttelse av miljøet, og noen poeng må også legges mer ressurser i å oppnå enn andre. Man belønnes i større grad for å ta poeng i kategorier som har stor innvirkning på miljøet,

enten det er gjennom utslipp av klimagasser eller konsekvenser for inneklimate i bygget.

Brukt fra tidlig fase i prosjektet egner det seg som et styringsverktøy under prosjektering og utførelse av byggingen (Kruse Smith AS, 2015). Man velger seg ut de poengene man vil oppnå, gjerne etter å ha valgt en sluttklassifisering å gå etter. BREEAM-NOR gir mulighet for en sertifisering ved slutten av design- og prosjekteringsfasen, og en "As Built" som er den endelige klassifiseringen etter bygget står ferdig. Dette er ment som en hjelp for å nå de målene man setter seg til å begynne med.

Materialpunktet

BREEAM-NORs manual vektet poengkategorien *materialer* som den tredje viktigste, bak *energi* og *helse og innemiljø*. Det er i den norske versjonen lagt ekstra vekt på materialer for å "støtte robuste løsninger som bidrag til tradisjonen med manglende vedlikehold/teknisk etterslep". (NGBC - Norwegian Green Building Council, 2012) Å fokusere på materialer gir derfor mening med tanke på poengsanking i sertifiseringsverktøyet.

I kategorien materialer kan man oppnå totalt 12 poeng. Disse er tilgjengelige i underkategoriene:

- Mat 1 - Materialspesifikasjon
- Mat 3 - Gjenbruk av fasader
- Mat 4 - Gjenbruk av eksisterende bærekonstruksjoner
- Mat 5 - Ansvarlig innkjøp av materialer
- Mat 7 - Robust konstruksjon

Merk: Grunnen til at intervallene mellom navnene på underkategoriene er ujevne er at de er tilpasset norske forhold. Noen er fjernet helt, men navnene forblir de samme for å sikre samsvar mellom ulike versjoner av BREEAM verden over.

Materialspesifikasjon har som mål å "fremme bruk av byggematerialer som har liten påvirkning på miljøet i løpet av hele bygningens livssyklus" (NGBC - Norwegian Green

Building Council, 2012). I dette punktet inngår 5 forskjellige områder å hente poeng fra:

- Klimagassberegninger
- LCA
- EPD – miljødeklarasjoner
- Ytelseskrav til bygningsprodukter
- Miljøgifter (minimumskrav)

Denne oppgaven fokuserer på bruk av LCA som et verktøy i bestemmelsen av optimal materialbruk. Derfor vil kun dette punktet beskrives i detalj, selv om de andre punktene naturligvis også er bidragsyttere på veien mot en bedre miljøprofil.

Punktet kalt LCA i BREEAM-NORs manual beskrives på følgende måte, noe forkortet:

- Bruk av et nasjonalt anerkjent LCA-verktøy for å evaluere minst to bygningselementer av de bygningselementene som står oppført i tabell 9-1.
- Prosjekteringsgruppen skal vise at resultatet har påvirket valgene som er tatt i forbindelse med valg av materialer/bygningselementer.
- Det anvendte verktøyet har følgende minimumskarakteristikker:
- Minst 3 miljøindikatorer, herunder klimagassutslipp
- Det vurderer bygningens totale livsløp fra vugge til grav, herunder brukstid og rivning/avhending
- Det er basert på LCA-prinsipper slik disse er beskrevet i ulike internasjonale standarder.

LCA

Ettersom klimaendringer og ny forskning vises for verden ser man økt oppmerksomhet rundt viktigheten av miljøvern, og hvilke påvirkninger ulike produkter kan ha på miljøet. På bakgrunn av dette har man etter hvert utviklet flere verktøy for å bedre forståelsen for og ta hensyn til disse påvirkningene, fra både

produserte og forbrukte produkter (Standard Norge, 2006). En av teknikkene som er utviklet for å gjøre dette er livsløpsvurdering (LCA).

LCA, av engelsk "life cycle assessment", ble først gjennomført allerede i 1979. Coca-Cola gjennomførte da en studie hvor de sammenlignet drikkebeholdere, og så hvilke materialer som hadde størst påvirkning på miljøet. Ut fra denne studien gjorde de noen valg angående hvilke materialer de ville bruke, og klarte på denne måten å redusere energien beholderen brukte gjennom sin levetid med 90% (PE International, 2015). Dette eksemplet illustrerer hensikten med en LCA.

(Ding, 2014) hevder at LCA er og har vært et viktig verktøy i byggebransjen siden ca 1990. Tidlig på 1990-tallet oppsto det bekymringer over produsenter som viste til LCA-resultater uten at man egentlig kunne verifisere arbeidsprosessen (Perez-Garcia et al., 2005). Dette førte til at "International Standards Organization" (ISO) i 1997 publiserte den første ISO 14040 for å standardisere retningslinjer og prinsipper for LCA-metodologien. Denne kom ut i revidert opplag i 2006.

ISO 14040:2006 sier at LCA kan være et hjelpemiddel til å

- identifisere muligheter til å forbedre miljøprestasjoner for produkter på ulike steder i livsløpet,
- informere beslutningstakere i industrien, myndighetene eller frivillige organisasjoner (for eksempel med tanke på strategisk planlegging, prioritering, produkt- eller prosessutforming eller -endring),
- velge relevante indikatorer for miljøprestasjon, inklusive måleteknikker, og
- markedsføre (for eksempel iverksette et program for miljømerking, framsette en miljøpåstand eller framstille en miljødeklarasjon for et produkt).

Standarden sier blant annet dette om at verktøyet har et livsløpsperspektiv:

"LCA tar for seg hele livsløpet for et produkt, fra utvinning og anskaffelse av råmaterialer, gjennom produksjon og framstilling av energi og materialer, til bruk og sluttbehandling og endelig avhending. Gjennom en slik systematisk oversikt og perspektiv kan en miljøbelastning identifiseres og det kan være mulig å unngå å flytte

en miljøbelastning mellom stadier i livsløpet eller mellom enkeltprosesser” (Standard Norge, 2006).

Fasene i en LCA

LCA-studien deles inn i fire faser:

- Fastsettelse av hensikten og omfanget,
- Livsløpsregnskapsfasen,
- Livsløpseffektvurderingsfasen, og
- Tolkningsfasen

Hensikt og omfang

Hensikten og omfanget av en LCA kan variere veldig avhengig av hva man vil oppnå med den. Det skal på en ensidig måte angis: den tiltenkte anvendelsen, årsaker til at studien blir gjennomført, hvem resultatene av studien skal kommuniseres til, og om resultatene er tenkt brukt i komparative utsagn som skal offentliggjøres.

Omfanget fastsettes blant annet i forhold til produktsystemet som skal studeres, funksjonene det har, systemgrensen, forutsetninger og begrensninger.

I denne fasen etablerer man altså systemgrenser (hva analysen skal dekke og ikke dekke), og man fastsetter et detaljeringsnivå. Av dette kommer at det kan finnes store forskjeller i dybden og bredden av ulike LCA.

Hensikt og omfang kan i noen tilfeller revideres dersom uforutsette begrensninger eller ny informasjon kommer til. Dette bør dokumenteres i analysen (Standard Norge, 2006).

Særlig viktig i denne fasen er etableringen av en såkalt funksjonell enhet, som vil bli beskrevet nærmere senere i oppgaven.

Livsløpsregnskapsfasen

Den andre fasen i en LCA er livsløpsregnskapsfasen, også kalt LCI fra engelsk "life cycle inventory". Målet er å etablere et regnskap over inngangsdata til og utgangsdata fra systemet som studeres i analysen. Det innbefatter innsamling av de nødvendige data for å tilfredsstille hensikten bestemt i første fase. For en LCA av et byggeprosjekt betyr det gjerne innsamling av EPD for alle produkt som inngår i bygget/bygningsdelen.

Livsløpseffektvurderingsfasen

Heretter følger livsløpseffektvurderingsfasen (LCIA). Formålet med denne fasen er å ytterligere belyse et systems LCI-resultater gjennom ekstra informasjon. På denne måten vil man bedre forstå den miljømessige betydningen av resultatene. LCIA skal minst inneholde disse elementene:

- Valg av effektkategori, kategoriindikatorer og karakteriseringsmodeller
- Tilordning av LCI-resultater til de valgte effektkategoriene (klassifisering)
- Beregning av kategoriindikatorresultater (karakterisering)

Sagt på en annen måte skal man velge effektkategorier (for eksempel klimaforandring), tilhørende kategoriindikator (i dette tilfellet infrarød strålingspådriv (W/m^2)) og karakteriseringsmodell (grunnlinjemodell for 100år med FNs klimapanel (IPCC)). Kategoriene bør være internasjonalt anerkjente.

Tolkningsfasen

Til slutt i en LCA gjør man en livsløpstolkning. Her lages et sammendrag av resultater fra LCI eller LCIA, eller begge, og disse diskuteres. Denne diskusjonen er ment for å lage grunnlag for konklusjoner, anbefalinger og beslutninger i samsvar med tidligere fastsatt hensikt og omfang.

Standarden legger vekt på at informasjonen som utarbeides gjennom en LCA- eller LCI-studie bør brukes som en del i en mer omfattende studie. Det gjøres oppmerksom på at metoden ikke tar for seg økonomiske eller sosiale aspekter ved et produkt.

Livsløpsbetraktningen og metoder som anvendes kan imidlertid overføres til utredninger som tar hensyn til disse faktorene.

I tillegg nevnes at det er viktig at basis for analysen er lik dersom ulike LCA skal sammenlignes. Forutsetninger og kontekst for studiene må samsvare dersom en skal kunne trekke konklusjoner om den ene sett opp mot den andre.

Funksjonell enhet

Som nevnt tidligere skal det i første fase av en LCA etableres en funksjonell enhet som samsvarer med studiens hensikt og omfang. Den funksjonelle enheten har som et av sine fremste formål å gi en referanse som inngangsdata og utgangsdata normaliseres i

forhold til (Standard Norge, 2006). SINTEF (Ellingsen, 2009) beskriver dette som kvantifisert prestasjon for produktsystemet. Dette må være noe som er klart definert og målbart. Et eksempel på en funksjonell enhet er: 1 m² yttervegg, vedlikeholdt, med en levetid på 60 år.

Etter å ha etablert en funksjonell enhet må referansestrømmen defineres.

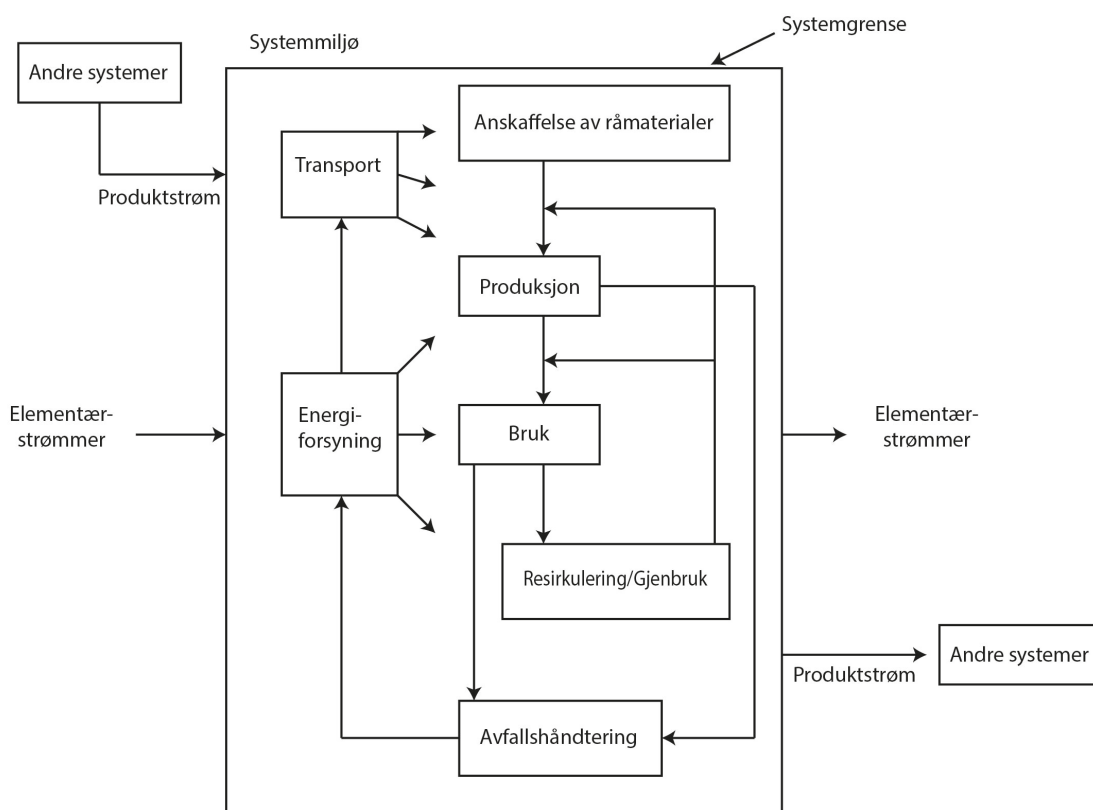
Referansestrøm er den mengden produkter som er nødvendig for å produsere den funksjonelle enheten (Ellingsen, 2009).

Systemgrenser

Når analysen skal settes opp må man bestemme seg for hvilke resultater som skal måles. En LCA kan gi tall på mange forskjellige utslipp og påvirkninger. For at analysen ikke skal spenne for vidt er det viktig å på forhånd avgrense resultatene.

Systemgrensene sier blant annet noe om detaljeringsnivå for analysen. Beslutninger om å utelate elementer fra studien, det være seg livsløpsstadier, prosesser, eller inngangs- og utgangsfaktorer, skal uttrykkes klart og forklares (Standard Norge, 2006).

Figuren under viser en teoretisk oppbygning av et systemmiljø, med systemgrensen som bestemmer hvor vidt LCAen skal spenne.



Figur 1: Systemmiljøet

Påvirkningskategorier

En LCA for bygninger og bygningsprodukter gir resultater i form av utslippenes bidrag til følgende miljøprosesser, de såkalte påvirkningskategoriene (effektkategorier)

(Standard Norge, 2013):

- Tømming av lagre av ikke-fornybare ressurser (fossile)
- Tømming av lagre av ikke-fornybare ressurser (elementer)
- Forsuring av jord og vann
- Skader på ozonlaget i stratosfæren
- Global oppvarming
- Eutrofiering
- Dannelse av fotokjemisk ozon

Som LCA-verktøy er det i denne oppgaven benyttet et finsk dataprogram kalt 360optimi. Programmet leveres av Bionova, en bedrift som tilbyr programvare og ulike løsninger i forbindelse med miljøvennlig drift (Bionova, 2015).

Fra og med juni 2015 står 360optimi oppført som et offisielt godkjent program for gjennomføring av LCA av BREEAM NOR. Versjonen av BREEAM NOR som er referert til i denne oppgaven er ikke oppdatert med denne informasjonen. Poeng kan altså oppnås ved bruk av 360optimi som LCA-verktøy uten at det må søkes om i forkant.

360optimi gir for øvrig resultater for utslipp gjennom noe ulikt formulerte kategorier enn nevnt over. Det legges vekt på at disse kategoriene like fullt er internasjonalt anerkjente. Kategoriene er:

- Global oppvarming (antall kg CO₂). I dette tilfellet er snakk om CO₂-ekvivalenter. CO₂, CH₄, N₂O er alle eksempler på klimagasser. Disse har et ulikt bidrag til drivhuseffekten, men regnes om til CO₂-ekvivalenter ved den såkalte Global Warming Potential-skalaen (Det Kongelige Miljøverndepartement, 2012)
- Forsuring (antall kg SO₂)
- Eutrofiering (antall kg PO₄)
- Skader på ozonlaget i stratosfæren (antall kg CFC-11)
- Dannelse av fotokjemisk ozon (antall kg C₂H₄)
- Avfallshåndtering (tonn avfall)

EPD

Et viktig begrep innen metodologien for LCA er en såkalt Environmental Product Declaration, eller EPD. Dette er et dokument som har en sentral del i LCA-bruken for byggeprosjekter, og brukes dermed ekstensivt i denne studien. Videre følger en innføring i etableringen av dette dokumentet.

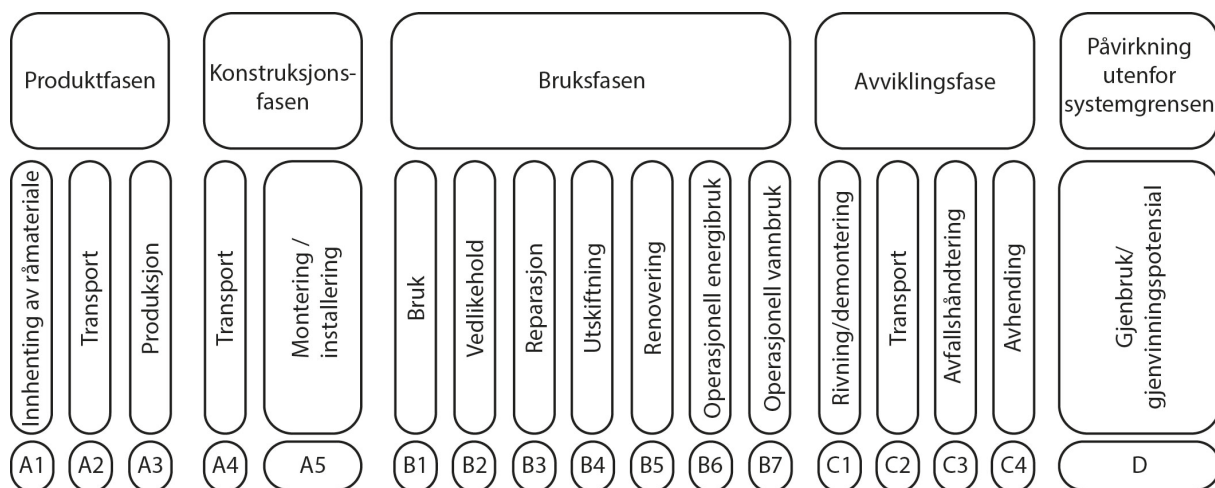
Utarbeidelsen av en EPD for konstruksjonsprodukter eller –tjenester er standardisert gjennom NS-EN 15804:2012. I denne beskrives en EPD som kvantifisert miljøinformasjon for et produkt eller en tjeneste i et byggeprosjekt basert på en harmonisert og vitenskapelig fremgangsmåte. Den gir også informasjon om helserelevante utslipp til inneluft, jord og vann i bruksfasen for et bygg. Formålet med en EPD sett fra et bygningsrelatert ståsted er å gi et grunnlag for å kunne vurdere bygninger og andre konstruksjoners påvirkning på omverdenen, og dermed identifisere de som fremstår som mer miljøvennlige.

PCR

For ulike produktkategorier finnes egne ”PCRer”, fra engelsk Product Category Rules. Dette er regler som gjelder for utarbeidelse av miljødeklarasjoner for de gitte produktkategoriene. For eksempel finnes det et PCR-dokument for bygningsplater. Dette gjør det mulig å utarbeide EPDer for ulike typer bygningsplater, det være seg gipsplater, sementbaserte plater eller fasadeplater, for å nevne noen. Hensikten med å utvikle slike regler er å sikre at miljødeklarasjoner utarbeides på samme måte uavhengig av hvem som gjør jobben, samt å gjøre det mulig å sammenligne deklarasjoner innenfor en produktkategori (SINTEF Byggforsk, 2011).

Livsløpsfasene

Hva en EPD faktisk inneholder kan variere, til tross for at produktkategorireglene skal følges. Standarden sier at hvilke livssyklusstadier som omfattes i en EPD for et produkt kan være ulikt så lenge det spesifiseres i EPDen for det spesifikke produktet hvilke stadier som dekkes. Figur 2 er en oversikt over hvilke stadier i livsløpet til et produkt som kan vurderes.



Figur 2: Livsløpsfaser

Det finnes navn for ulike måter å tilnærme seg denne avgjørelsen på. EPDen kan omtales som en "cradle-to-gate", der kun produktfasen er studert (A1-A3). Dette innebærer bruk av råmateriale, transport og produksjon.

"Cradle-to-gate with option" har minst dekket produktfasen, men kan også dekke deler av den resterende livssyklusen.

"Cradle-to-grave" vil si at EPDen dekker hele livsløpet til produktet, fra produktfasen gjennom konstruksjon og bruk av bygget, til riving av bygg med gjenvinning og avfallshåndtering.

Etttersom EPDene i denne analysen omfatter produktfasen (A1-A3), vil denne videre beskrives nærmere. Deretter følger en innføring i konstruksjonsfasen (A4-A5), som er den fasen Kruse Smith direkte påvirker gjennom sitt arbeid.

Produktfasen

Denne fasen er den eneste som kreves å inngå i enhver EPD. Som nevnt omhandler den stadiene A1-A3 i produktlivsløpet. Disse vil bli beskrevet nedenfor. Systemgrensene for denne fasen er satt til å inkludere de prosessene som omhandler innhenting av råmateriale og produksjon av energi som inngår og brukes i systemet og påfølgende produksjon. Transportering av produkter og råvarer frem til "fabrikkporten" hører også med her. I tillegg inkluderes alt avfall som skapes gjennom denne virksomheten (Standard Norge, 2013).

De ulike elementene som inkluderes i produktfasen er:

- A1 Uthenting og prosessering av råmateriale (for eksempel gruvedrift) og produksjon og prosessering av biomasse (det være seg landbruk eller skogsdrift);
- A1 Gjenbruk av produkter eller materialer fra et tidligere produktsystem;
- A1 Prosessering av sekundærmaterialer brukt i det nye produktet, men uten å inkludere de prosessene som er en del av avfallshåndtering i det forrige produktsystemet;
- A1 Generering av elektrisitet, damp og varme fra primære energiresurser. Dette inkluderer uthenting, raffinering og transport;
- A1 Energigjenvinning og andre gjenvinningsprosesser fra sekundære drivstoff, men uten å inkludere de prosessene som er en del av avfallshåndtering i det forrige produktsystemet;
- A2 Transport fram til fabrikkport og innvortes transport;
- A3 Produksjon av tilleggsmaterialer eller for-produkter;
- A3 Produksjon av produkter og bi-produkter;
- A3 Produksjon av emballasje og innpakning;
- A1-A3 Prosessering fram til avfallsslutt eller avhending av siste stoffer inkludert alle former for innpakning som ikke forlater fabrikk sammen med produktet

Konstruksjonsfasen

Konstruksjonsfasen omhandler stadium A4-A5. Disse er valgfrie å inkludere i en EPD. En EPD som inneholder de følgende momenter vil derfor klassifiseres som en "cradle-to-gate with options", i tråd med regler nevnt tidligere. Elementer som inkluderes i disse stadiene er følgende (Standard Norge, 2013):

- A4 Transport fra produksjonsport til byggeplass;
- A4-A5 Lagring av produkter, inkludert nødvendig oppvarming, kjøling, fuktighetsregulering, med flere;
- A4-A5 Avfall fra konstruksjonsmateriell (ekstra produksjonsprosesser for å kompensere for tapet av avfall fra produkter);
- A4-A5 Avfallshåndtering av avfall fra produktemballasje og produktrester under monteringsprosessen fram til avfallsslutt eller avhending av siste stoffer;
- A5 Installasjon av produktet inn i bygningen. Her inkluderes produksjon og transport av ekstra materiale og all energi og vannbruk som kreves for

installasjon eller operasjoner på byggeplass. Det inkluderer også gjøremål i forbindelse med produktet på byggeplass.

Sammenlignbarhet av EPDer for bygningsprodukter

Hvordan man skal sammenligne bygningsprodukter basert på deres tilhørende EPD er i prinsippet definert av bidraget de gir til bygningens miljøprestasjoner. En sammenligning av de ulike produktenes miljøprofiler skal konsekvent baseres på produktets bruk og rollen det spiller i bygget. Sammenligningen skal også ta hensyn til hele livsløpet til materialet (Standard Norge, 2013). Det er altså viktig at produktene vurderes på det samme grunnlaget, på den samme måten og med det samme omfanget.

Sammenligninger er mulig på et mer underordnet nivå, for eksempel for monterte systemer, komponenter og produkter for et eller flere livssyklusstadier. I disse tilfellene må man prøve å beholde prinsippet om at basisen for vurderingen er hele bygningen. Dette kan gjøres på følgende måter:

- de samme funksjonelle kravene gjelder, enten de er gitt i forskrifter eller fra byggherre
- både miljøprestasjoner og tekniske egenskaper for systemer, komponenter eller produkter som eventuelt ekskluderes skal være like
- mengden til ethvert materiale som ekskluderes er den samme
- ekskluderte prosesser eller livssyklusstadier er like
- påvirkning fra produktsystemene på operasjonelle aspekter eller på bygningen generelt må tas hensyn til

Krav til datakvalitet

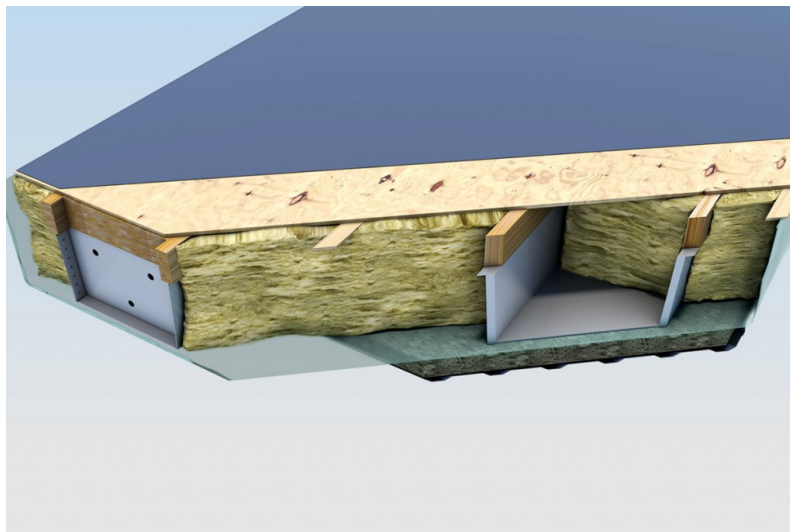
Data skal være så oppdatert som mulig. Datasett brukt i beregninger skal være oppdatert innen de siste 10 år for generisk data, og innen 5 år for produkt- og produsentspesifikke data. (The Norwegian EPD Foundation, 2015)

I tillegg skal teknisk dekning reflektere den fysiske realiteten for produktet eller produktgruppen som deklarerer. Produktene skal altså så langt det lar seg gjøre være teknisk valide i forhold til bruksområdet.

Bygningsmaterialer og konstruksjonsprinsipper

Gjennom LCA vil denne oppgaven undersøke forskjellen i miljøpåvirkning fra to forskjellige takkonstruksjoner, foreslått av Kruse Smith. I det følgende vil disse konstruksjonene beskrives på generelt grunnlag, før de spesifikke materialene går nærmere inn på i analysen senere i oppgaven.

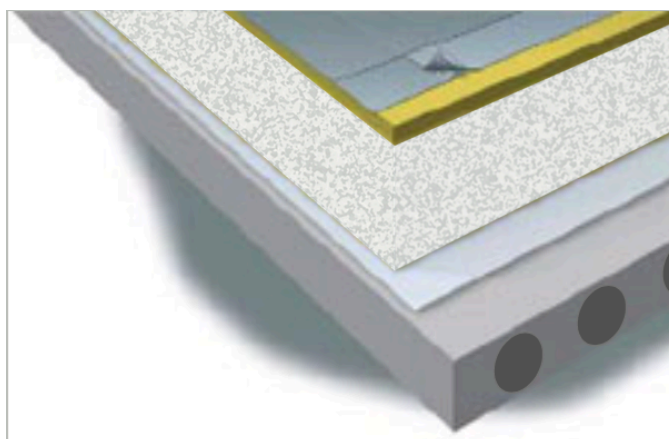
Den ene konstruksjonsteknikken er en variant av en lett takkonstruksjon. Analysene er basert på et takelement som produseres av Lett-tak Systemer AS i Larvik. Dette er et patentert system utviklet på 1970-tallet av Dr. Jens Fredrik Larssen i Stockholm. Elementene består av stålprofiler isolert med steinull mellom, dekket av en finerplate i overkant. (Lett-tak Systemer AS, 2015). Det har en oppbygning som følger:



Figur 3: Oppbygning av Lett-tak (Lett-tak Systemer AS, 2015)

Kruse Smith har tidligere erfaring med disse elementene fra byggeprosjekter på Gardermoen. Det falt dermed naturlig å bruke denne konstruksjonen i denne analysen.

Den andre teknikken består av hulldekker i betong som isoleres i overkant. Hulldekker er prefabrikkerte armerte plater i betong med langsgående kanaler i elementet (Betongelementforeningen, 2008). Etter ønske fra Kruse Smith vil det sammen med disse benyttes plastisolasjon. Oppbygningen ser ut som vist i figur 4.



Figur 4: Oppbygning av hulldekke

For takkonstruksjoner som bruker EPS-isolasjon stilles også krav til brannsikring. TEK 10 stiller krav om minimum 30mm med ubrennbart materiale på begge sider av plastisolasjon. (Takprodusentenes Forskningsgruppe, 2011) I dette tilfellet vil det si 30mm ubrennbar isolasjon som legges over EPS-platene. I underkant beskyttes de av betongelementet.

Byggteknisk forskrift (TEK 10) stiller krav til energieffektivitet for bygninger. Blant annet sier kravene for energieffektivitet at bygninger minimum skal ha visse verdier for varmegjennomstrømming i vegger og tak (Direktoratet for byggkvalitet, 2011). Dette kalles u-verdi. U er definert som *“varmegjennomstrømstettheten gjennom konstruksjonen i stasjonær tilstand når temperaturforskjellen er 1 K mellom lufta på de to sidene av konstruksjonen.”* (Schlanbusch et al., 2014)

Lavenergiprogrammet har laget en veileder til hvordan man kan oppnå kravene i TEK 10. I følge denne kan kravene til energieffektivitet for en bygning oppfylles på to måter (Lavenergiprogrammet, 2015):

Energiltak: Ved minst å oppfylle et sett med krav for de enkelte bygningsdelene og komponentene, eller

Energirammer: Ved å oppfylle krav til samlet netto energibehov for bygget, gitt som et visst antall kWh/m²år.

Fordi denne oppgaven bare beskriver deler av et bygg vil det ikke gjøres antakelser om ytelsen til bygningen generelt. Derfor er det valgt å følge de råd som gjelder i *energitiltak*. Her står det at kravene oppfylles dersom U-verdi tak $< 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Lavenergiprogrammet, 2015). Det er derfor dette tallet som har vært styrende for valgene som er gjort når det kommer til isolasjonstykkelser, i tillegg til andre forhold. Dette vil beskrives nærmere senere i oppgaven sammen med beskrivelsen av materialene.

Metode

I gjennomføringen av oppgaven er det brukt ulike tilnærminger til ervervelse av kunnskap. Oppgaven kan deles i to deler, der den ene omhandler bruk av LCA til å gjennomføre en konkret analyse og den andre innebærer en undersøkelse av LCA som beslutningsverktøy. Førstnevnte kan ses på som en form for case studie, mens i sistnevnte del er kunnskap tilegnet gjennom ustrukturerte intervjuer med personer som arbeider med LCA samt litteraturstudier.

Case studie

Metoden brukes som regel til å kaste lys over en hel klasse av viktige fenomener, ut fra en grundig, helhetlig beskrivelse av det enkelte tilfellet (Wæhle & Sterri, 2014). For denne oppgaven handler det om å si noe om bruk av LCA for bygninger generelt, på bakgrunn av en spesifikk studie av et bygningsselement.

(Creswell, 2013) beskriver en case studie som en kvalitativ tilnærming hvor undersøkeren utforsker et virkelig system (case) gjennom detaljert datainnsamling på forskjellige måter (observasjoner, intervjuer, dokumenter og rapporter). Videre sier han at en fullstendig "funn"-del i en case studie bør inneholde både en beskrivelse av fenomenet som undersøkes og oppdagelser og problemer som er funnet gjennom analysen.

Styrker ved case studiet oppgis å være at man ved å gå i dybden på en enhet kan komme fram til detaljerte og inngående beskrivelser av et fenomen. Svakheterne er derfor at det kan være vanskelig å si noe generelt om et tema på bakgrunn av en studie for én enhet. Det kan også være vanskelig å finne en årsak-sammenheng da mange fenomener kan tenkes å påvirke et utfall (Wæhle & Sterri, 2014).

For denne oppgaven vil det være nyttig å gjennomføre en faktisk studie slik at man kan basere utsagn på praktiske erfaringer. I dette tilfellet kreves også konkrete resultater for å kunne svare på oppgavens problemstilling.

Ustrukturert intervju

(Kleven, 2002) beskriver ustrukturert intervju som en kvalitativ måte å samle inn data på. Han sier intervjuer i utgangspunktet har klart for seg hva det er meningen at intervjuet skal handle om, og hvordan det begynner. Resten blir til litt underveis, i samtalen mellom intervjuer og intervjuobjekt. Det nevnes at ustrukturerte intervjuer

ofte spiller en selvstendig rolle som datainnsamlingsmetode. Man kan ofte se eksempler på dette i forundersøkelser som gjøres før mer strukturerte datainnsamlingsmetoder benyttes i den endelige undersøkelsen.

I denne prosessen har denne typen kommunikasjon vært avgjørende for starten av arbeidet. Mye ny kunnskap må tilegnes, og det er i mange tilfeller lettere å få denne gjennom mennesker enn ved å lese dokumenter.

LCA

Metodikken for LCA spesielt er beskrevet i teori tidligere i oppgaven. I tillegg nevnes her sentrale regler for vurdering av analysen.

Vurdering av analyseresultater for en LCA

Om vurdering av resultater i en LCA sier standard NS-EN ISO 14040 at beslutninger fortrinnsvis baseres på naturvitenskap. Dersom det viser seg vanskelig, kan framgangsmåter fra andre vitenskaper benyttes. Det kan være sosialvitenskap eller økonomi. Eventuelt kan man vise til internasjonale konvensjoner. Dersom det ikke finnes grunnlag for å basere beslutninger på noen av de nevnte framgangsmåter eller konvensjoner, kan beslutninger bygges på verdivalg (Standard Norge, 2006).

Denne fremgangsmåten følges også for denne analysen. Oppgaven fordyper seg imidlertid ikke i verken sosialvitenskap eller økonomi, og vil derfor ikke reflektere disse synspunktene i stor grad.

Evaluering

Etter gjennomført analyse bør det gjøres en evaluering. Det uttrykkes i standard NS-EN ISO 14044 at hensikten med denne er *"å etablere og forbedre tiltroen til og påliteligheten av resultatene fra LCA- og LCI-studien, inklusive de vesentlige forholdene som ble identifisert i det første elementet av tolkningen"*. Man skal vurdere bruken av følgende tre teknikker:

- Fullstendighetskontroll. Denne skal sikre at all relevant informasjon og data som trengs til tolkningen, er tilgjengelig og fullstendig. Dersom dette mangler eller er ufullstendig må man gjøre en vurdering om denne informasjonen er nødvendig for å tilfredsstillende hensikten og omfanget til LCAen.
- Sensitivitetskontroll. Dette handler i det store og hele om å vurdere påliteligheten til resultater og konklusjoner ved å finne usikkerheter i data,

allokeringsmetoder eller ulike beregninger. Det påpekes at selv om man ikke finner signifikante forskjeller mellom studerte alternativer, betyr ikke det automatisk at de ikke finnes. En mangel på signifikante forskjeller kan være sluttresultatet av studien.

- Konsistenskontroll (samsvarskontroll). Kontrollen gjøres for å forsikre seg om at forutsetningene, metodene og dataene samsvarer med hensikten og omfanget bestemt innledningsvis.

Poenget er å tenke gjennom jobben man har gjort, og registrere og dokumentere på hvilke bakgrunner ulike beslutninger har blitt tatt. Man skal hele tiden se valgene gjort i forhold til hensikten og omfanget som er besluttet for analysen.

Kildekritikk

Et kritisk syn på kilder er viktig i enhver akademisk oppgave. (Dalland & Trygstad, 2012) hevder at kildekritikken skal vise at du er i stand til å forholde deg kritisk til det kildematerialet som brukes i oppgaven, og hvilke kriterier som er benyttet under utvelgelsen. I dette ligger vurdering og karakterisering av benyttet litteratur og andre kilder. Kritikken må dessuten hele tiden ses i forhold til hva kildene skal belyse.

Dalland og Trygstad trekker også frem at en beskrivelse av tilgjengelighet for data er på sin plass. Kravene til en analyse vil være mindre for et dårlig beskrevet felt enn om det er grundig og omfattende kartlagt i utgangspunktet.

LCA for tak på Arkivenes Hus

Mål

Bakgrunnen for analysen er Kruse Smiths pågående bygging av Arkivenes Hus i Stavanger. I forbindelse med dette må det gjøres et valg i forhold til materialbruk i konstruksjonen, både for taket og for hele bygget generelt. Målet for analysen er å avgjøre hvilken av to alternative takkonstruksjoner som er mest miljøvennlig, basert på flere typer utslipp. I tillegg til dette vil det undersøkes hva bakgrunnen for dataene som brukes i analysen er. Målet med dette er å få en bredere forståelse for hva som ligger til grunn for analyseresultatene, og dermed vite mer om hvor representative for virkeligheten de er.

Funksjonell enhet

Den funksjonelle enheten for analysen er definert som et *takareal likt det på Arkivenes Hus, bygget etter TEK 10s krav til u-verdi, vedlikeholdt i 60 år*. Det er ikke tatt høyde for de fysiske kravene til lastbæring og spenn som vil være i Arkivenes Hus. Derfor kan det oppfattes som misledende å oppgi dette som en fasit for denne bygningen. Arealet som er brukt i beregninger for bygget er på 1858m², og er likt takareal for Arkivenes Hus utenom glasstak og tak over tekniske rom.

Systemgrenser

Systemgrensene for analysen er satt til A1-A3 med alternativer. Fokusområdene er produktfasen og konstruksjonsfasen. Det er ikke gjort antakelser eller beregninger for bruksfasen eller avhendingsfasen for det analyserte scenarioet. De sistnevnte inkluderes likevel til en viss grad, avhengig av hva EPDen for de ulike produktene rapporterer. Som nevnt tidligere kan EPDer dekke forskjellige stadier, men likevel klassifiseres som samme type deklarasjon. Dette kan bidra til usikkerheter rundt dekningsgraden for en analyse på gitte områder.

Systemgrensene ellers for denne analysen er antydnet under. Ikke alle tenkelige begrensninger er tatt med, da de ikke er strengt relevante for resultatene.

Geografiske grenser

Analysen fokuserer på materialene i takkonstruksjonen. Det er ikke satt noen grenser for hvor materialene kan komme fra, da byggevarer i praksis kan fraktes over store avstander.

Tenkt bruksområde

Bruksområdet for analysen er som et hjelpeverktøy i prosjektering av bygninger. Den brukes i hovedsak for å gi et oversiktlig bilde for miljøpåvirkninger fra materialene som anvendes i bygget. Det er derfor viktig å være realistisk med tanke på hva man vil ha ut av analysen. Det bør ikke nødvendigvis forventes at analysen skal gi fasiten for hvilken løsning som velges, da den kun er én av mange faktorer som spiller inn på avgjørelsen.

Målgruppe

Prosjekteringsgruppen for Arkivenes Hus danner målgruppen for resultatene. Analysen vil trolig ikke bli brukt som markedsføring i noen grad da den dekker et forholdsvis snevert område. Den er tenkt utelukkende som en hjelp til Kruse Smith og deres samarbeidspartnere.

Livsløpsinventar

Lett-tak

Lett-tak representerer i denne oppgaven mer et prinsipp for å bygge tak enn produktet i seg selv. Hensikten er ikke å vurdere spesielt Lett-tak sin påvirkning på miljøet, da det ikke er gitt at dette produktet skal brukes i bygget. Tanken er at Lett-tak representerer en lett takkonstruksjon generelt. Når det er sagt vil det gi mest mening å følge oppbygningen til elementene så godt som mulig, heller enn å bruke hovedproduktene i deres byggeprosess og gjøre antakelser for resten av et fiktivt produkt. At produktet som undersøkes faktisk kan brukes i praksis kan gjøre analysen mer relevant.

Elementene fra Lett-tak består av stålprofiler med langsgående trelekter, isolert med steinull og kledd med en finérplate på toppen. I det følgende vil de ulike materialene beskrives litt nærmere. Samtidig vil det bli gjort rede for valg og antakelser som er gjort da de ble innlemmet i analysen. I analysen inngår:

Funksjon	Produsent	Produkt	Kilde		
			EPD-organ	Deklarasjonsnummer	Referanse
Stålprofil	Ruukki Construction Oy	Steel, hot dip zinc coating			360optimi
Isolasjon	AS Rockwool	ROCKWOOL® isolering	EPD-Norge	NEPD 00131E rev1	(AS ROCKWOOL, 2013)
Finerplate		Mixed plywood			360optimi
Trelekter		Timber, hard wood, dried	EPD-Norge		360optimi

Tabell 1: EPD for Lett-tak

Stålprofiler

Stålprofilene produseres av Ruukki, et finsk selskap som spesialiserer seg på stålproduksjon. EPDen for dette produktet er for en gitt type stål generelt, og tar for seg materialet per kvadratmeter i en rull. Hvordan omforming av stålplatene håndteres står det ingenting om. EPDen som anvendes i programmet er også noe ulik både den Kruse Smith har gitt tilgang til og EPD-Norge har i sin database. Felles for alle er at de ikke tar for seg ferdig produkter, men produktgrupper eller uformet stål.

Steinullisolasjon fra Rockwool

Her er det brukt verdier funnet i EPD. Rockwool sin EPD er den mest komplette av de brukt i analysen, og skal sånn sett gi et godt bilde av produktet. Det er oppgitt tall for produksjon både i Norge og Danmark, men det er usikkert hvilke tall som ligger inne i databasen til 360optimi. De viktigste prosessene i deres produksjon virker å være nevnt, og det er redegjort for om de er inkludert eller ikke i EPDen.

Finérplate

For å beskrive finérplaten i elementet måtte det anvendes databaseverdi fra Bionova, kalt "defaultFI". Dette ser ut til å være en finsk samleverdi for finér generelt, kun tolket ut fra navnet. Det er vanskelig å finne noe om bakgrunnen for tallene. Det skal sies at finske Wisa Plywood, som leverer finer til Lett-tak, har EPD for sitt produkt, og sånn sett bidrar med det de skal. Sett opp mot de andre EPDene virker denne imidlertid en anelse mangelfull, og det er vanskelig å lese deres miljøprestasjoner fra den. Den er heller ikke inkludert i databasen til Bionova. EPDen kan ses i vedlegg A.

Trelekter

I Lett-tak brukes trevirke fra Bergene Holm. Dette firmaet har per i dag ingen EPD for sin produksjon av byggevarer. Derfor er det i analysen brukt en EPD som ligger inne i databasen fra før. Denne kommer fra Treindustrien, som er en bransjeorganisasjon for den tremekaniske industrien i Norge. De organiserer 90% av norsk produksjonskapasitet (Treindustrien, 2015).

Limprodukter

Lett-tak bruker både trelim og stållim i sine elementer. Disse har det vært vanskelig å inkludere i studien da Bionova ikke har EPDer for disse eller tilsvarende produkter i sin database. Ved gjennomgang av EPDer kommer det også fram at utslippene fra disse vil være små i forhold til resten av produktene. Det er imidlertid viktig at disse ikke inneholder potensielt farlige stoffer. Denne problematikken håndteres på et annet område i BREEAM-NOR, ved hjelp av minimumskrav (NGBC - Norwegian Green Building Council, 2012).

Hulldekker

Det andre alternativet for takkonstruksjonen er bruk av spennarmerte hulldekker i betong med plastisolasjon oppå. Under vises en oversikt over EPDer som er brukt i analysen.

Funksjon	Produsent	Produkt	Kilde		
			EPD-organ	Deklarasjonsnummer	Referanse
Hulldেকে	Kynningsrud Prefab AB	Håldäck 265	EPD-Norge	NEPD 202N	(Kynningsrud Prefab AB, 2013)
Isolasjon	AS Rockwool	ROCKWOOL® isolering	EPD-Norge	NEPD 00131E rev1	(AS ROCKWOOL, 2013)
Isolasjon		EPS insulation, EPS 100	IBU	EPD-EPS-20130077-CBG1-EN	(Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2013)

Tabell 2: EPD for hulldেকে

Hulldেকে i betong

Det antas at Kruse Smith vil bruke produkter fra Block Berge AS, da de har god erfaring med dette fra tidligere. EPDen brukt i min analyse er imidlertid fra Kynningsrud Prefab, da programvaren jeg har brukt ikke har Block Berge sin EPD i databasen per dags dato. Det antas at produktene ikke er radikalt forskjellige da deklart element er 265mm tykt og veier rundt 360kg per m². Dette er identisk med dimensjonene som oppgis i Block Berges EPD (Block Berge Bygg AS, n.d.). EPDen fra Block Berge viser et noe lavere utslipp fra produksjonsfasen, men oppfyller ikke kravene for inkludering i programvaren og er derfor ikke brukt.

I tillegg er transportavstand for dekkene satt til avstanden fra Block Berges fabrikk i Klepp som er rundt 20km. Begge EPDer kan ses i vedlegg B.

Ekspandert polystyren (EPS)

EPDen for EPS er laget på vegne av en organisasjon som heter "EUMPEPS – European Association of EPS". Som for trevirket i den lette konstruksjonen er deklarasjonen basert på snittverdier fra ulike kilder. I dette tilfellet dreier det seg om "en representativ blanding av tre produsenter blant EUMEPS-medlemmer i Skandinavia". EPDen gjelder for EPS-plater laget av produsenter som er med i en nasjonal

bransjeorganisasjon, som igjen er medlem av EUMEPS. (Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2013)

For begge konstruksjoner:

Funksjon	Produsent	Produkt	Kilde		
			EPD-organ	Deklarasjonsnummer	Referanse
Dampsperre	Paca	Plastic vapour control layer, 0,15mm	EPD-Norge		360optimi
Taktekking	PROTAN AS	PVC-polyester roofing, 1,2mm	EPD-Norge	NEPD-32-203-NO, oppdatert	(PROTAN AS, 2015)

Tabell 3: EPD felles for begge

Dampsperre

Dampsperreren forutsettes å være lik for begge konstruksjoner, og den samme EPDen brukes derfor i beregningene. Den eneste forskjellen her vil være i antall kilometer transport. Lett-tak bruker dampsperre fra Tommen Gram. Denne produseres i Levanger og fraktes ned til Larvik (Tommen Gram-gruppen, 2015). For hulldekker antas det at dampsperrer kan skaffes fra leverandører som ligger nærmere byggeplass, men det spekuleres ikke i hvor langt unna. Dette må tas hensyn til når man tolker analyseresultatene.

Taktekking

I analysen er det for tekking brukt et produkt kalt Protan. Dette leveres gjerne sammen med Lett-tak, som et av flere alternativer. Tekkingen er forutsatt lik for begge konstruksjoner, i tråd med ønsker fra Kruse Smith. Formålet var altså ikke å undersøke forskjellen på forskjellige løsninger for dette produktet. Det er likevel inkludert i analysen for å gi et riktigere bilde av utslippsmengdene for de ulike alternativene.

Om sammenligning av de to takkonstruksjonene

Når det gjelder sammenligningen av hulldekker i betong med stålprofiler som bærende konstruksjon finnes noen usikkerhetsfaktorer. Det dreier seg i det store og hele om hvor mye materiale som trengs for å oppnå de egenskaper som taket trenger med tanke på spenn og bæreevne. For eksempel er det ikke gjort noen beregninger på hvor tykt et eventuelt hulldekke må være for å håndtere de laster og spenn som gjelder for det beskrevne taket. EPDen som er tatt i bruk beskriver et element som er 265mm tykt. Dette fordi det var denne som ble oppgitt av Kruse Smith som et representativt alternativ. Det antas at Kruse Smith ville oppgitt denne EPDen for LCA uansett, og at denne dimensjonen sånn sett er fullt gyldig.

Den lette konstruksjonen er på sin side også gyldig da dette er tall som er oppgitt direkte fra leverandør. Spørsmålet oppstår når disse skal sammenlignes med hverandre. Elementet fra Lett-tak er det tykkeste de leverer når det kommer til profilhøyde, men det kan brukes tykkere stål. Samtidig kan det gjerne brukes tykkere hulldekker enn 265mm. Hvilken dimensjon som er den rette avhenger av hvilken last taket må tåle, samt hvor store spenn de skal dekke. Det kan være at disse elementene ikke er perfekte substitutter for hverandre med tanke på optimale takløsninger, men dette er likevel noe som må regnes på for å kunne si noe sikkert. Ved sammenligning av tabeller fra Lett-tak og Block Berge ser det ut til at konstruksjonene kan sammenlignes innenfor rimelighetens grenser. Gitt en last på 6 kN/m^2 , vil både anvendt dimensjon for Lett-tak og et 265mm hulldekke kunne håndtere spenn på 11-12 meter. For hulldekkets del avhenger det av mengden armering som er brukt. Tabellene bak disse vurderingene kan finnes i vedlegg C.

Analysen vil derfor gjennomføres med de tallene som er til rådighet på dette tidspunktet, og gi en anbefaling på bakgrunn av dette tatt i betraktning forholdene som er nevnt over.

Funn i analysen av takkonstruksjonene

Nedenfor presenteres funnene fra analysen av takkonstruksjonene på Arkivenes Hus.

Lett-tak

Life-cycle assessment results

Sector	Description	Global warming kg CO ₂ e	Acidification kg SO ₂ e	Eutrophication kg PO ₄ e	Ozone Depletion kg CFC11e	Formation potential of tropospheric ozone kg Ethenee	Waste processing kg
A1 A3	Construction Materials	1,35E5	5,22E2	6,23E1	1,93E-3	5,33E1	3,5E4
A4	Transportation to site	1,1E4	4,5E1	9,62E0	1,44E-3	9,45E-1	5,4E-1
A5	Construction/installation process	5,03E1					
B1 B5	Maintenance and material replacement	7,13E3	2,97E1	9,83E0	4,64E-4	1,73E0	6,7E1
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1 C4	Deconstruction	2,23E3	1,49E1	5,51E0	2,14E-4	5,03E-1	3,15E4
D	External impacts	-1,08E5	-1,95E2	-3,95E1	-1,89E-2	-1,4E1	-1,78E3
Total	Not considered in totals	1,55E5	6,11E2	8,73E1	4,04E-3	5,64E1	6,65E4

Tabell 4: Analyseresultater for Lett-tak

Hulldekke

Life-cycle assessment results

Sector	Description	Global warming kg CO ₂ e	Acidification kg SO ₂ e	Eutrophication kg PO ₄ e	Ozone Depletion kg CFC11e	Formation potential of tropospheric ozone kg Ethenee	Waste processing kg
A1 A3	Construction Materials	1,29E5	5,04E2	9,16E1	3,5E-3	1,96E2	2,47E4
A4	Transportation to site	4,08E3	1,55E1	3,23E0	5,37E-4	3,76E-1	2,03E-1
A5	Construction/installation process	5,03E1					
B1 B5	Maintenance and material replacement	7,13E3	2,97E1	9,83E0	4,64E-4	1,73E0	6,7E1
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1 C4	Deconstruction	7,86E3	3,38E1	6,84E0	1,46E-3	1,1E0	1,46E4
D	External impacts	-2,04E4	-9,04E0	-2,82E0	-1,69E-4	-2,91E-1	
	Not considered in totals						
Total		1,49E5	5,83E2	1,12E2	5,96E-3	1,99E2	3,93E4

Tabell 5: Analyseresultater for hulldekke i betong

Oppsummert ser hovedresultatene slik ut for de to alternativene:

Totale utslipp	Lett-tak	Hulldekke
Klimagassutslipp	155 tonn CO ₂	149 tonn CO ₂
Forsuring	611kg SO ₂	583kg SO ₂
Eutrofiering	87,3kg PO ₄	112kg PO ₄
Ødeleggelse av ozonlag	0,00404kg CFC-11	0,00596kg CFC-11
Dannelse av fotokjemisk ozon	56,4kg C ₂ H ₄	199kg C ₂ H ₄
Avfall	66,5 tonn	39,3 tonn

Tabell 6: Totale utslipp for takkonstruksjonene

På grunn av eventuelle usikkerheter rundt registrering av transport vil det være interessant å undersøke utslippene dersom denne ekskluderes i analysen og se om det påvirker utfallet. Nedenfor følger derfor de samme indikatorene som over, men uten påvirkning av transport for byggevarene. De fulle resultatene kan finnes i vedlegg D.

Totale utslipp u/transport	Lett-tak	Hulldekke
Klimagassutslipp	144 tonn CO ₂	145 tonn CO ₂
Forsuring	566kg SO ₂	568kg SO ₂
Eutrofiering	77,7kg PO ₄	109kg PO ₄
Ødeleggelse av ozonlag	0,00261kg CFC-11	0,00543kg CFC-11
Dannelse av fotokjemisk ozon	55,5kg C ₂ H ₄	199kg C ₂ H ₄
Avfall	66,5 tonn	39,3 tonn

Tabell 7: Totale utslipp for takkonstruksjonene, ekskludert transportpåvirkning

Det viser seg at transporten er tungen på vektskålen når det kommer til hvilket alternativ som er det beste. Når transport tas med i regnskapet kommer hulldekker best ut med hensyn til klimagassutslipp og forsuring. Lett-takk har de laveste utslippene som påvirker eutrofiering, ødeleggelse av ozonlag og dannelse av fotokjemisk ozon. Dersom transport holdes utenfor regnestykket viser Lett-tak seg best på alle punkter, om enn bare knepent bedre. Å bruke hulldekker ser ut til å generere noe mindre avfall.

Av resultatene kan man se at alternativene kommer likt ut på noen områder, mens andre er markant forskjellige. Dette gjør det interessant å undersøke hvilke materialer som forårsaker ulikhetene. Tabellen nedenfor viser hvilket materiale som bidrar mest til de ulike påvirkningskategoriene for hvert alternativ. En mer komplett oversikt over de ulike materialenes utslipp kan finnes i vedlegg E.

Største bidragsyter i hvert alternativ	Lett-tak	Hulldekke
Klimagassutslipp	Stålprofiler (65,1 tonn CO ₂)	Hulldekke i betong (102 tonn CO ₂)
Forsuring	Rockwool (242kg SO ₂)	Hulldekke i betong (423kg SO ₂)
Eutrofiering	Rockwool (24,9kg PO ₄)	Hulldekke i betong (80,6kg PO ₄)
Ødeleggelse av ozonlaget	Finerplate (0,00081kg CFC-11)	Hulldekke i betong (0,00379kg CFC-11)
Dannelse av fotokjemisk ozon	Rockwool (18,8kg C ₂ H ₄)	EPS (171kg C ₂ H ₄)

Tabell 8: Største bidragsyttere til utslipp

Diskusjon

For analysen

Resultatene fra LCA viser at takkonstruksjonen med hulldekker står for færrest utslipp som bidrar til global oppvarming og forsurening. Dette viser seg imidlertid å være fordi taket med stålprofiler i dette tilfellet har lang transportveg til byggeplassen. Sistnevnte viser seg mest miljøvennlig for påvirkningskategoriene eutrofiering, ødeleggelse av ozonlaget, dannelse av fotokjemisk ozon. Når resultatene skal tolkes er det mange hensyn som spiller inn, og mange antakelser som må gjøres. Disse redegjøres for nedenfor.

For analysen generelt må det tas med i betraktningen at man kan bruke en lignende oppbygning uten å nødvendigvis få de resultatene som er presentert her. På generelt grunnlag gjelder ikke analysen for annet enn at utslipp for konstruksjoner som bruker noenlunde samme mengde materialer antakeligvis vil være ansvarlige for utslipp nært disse proporsjonene.

Analysens dekning av faser og stadier i livsløpet

Et mål med analysen var å dekke så mye som mulig av potensielle utslipp og påvirkninger i de fasene Kruse Smith kan påvirke i første omgang, altså produktfasen og konstruksjonsfasen. Å finne data for sistnevnte viste seg å måtte gjøres basert på en rekke antakelser.

Transport (A4)

Gjennom analysen kommer det frem at transport av byggevarer spiller en ikke neglisjerbar rolle i regnskapet. Hvorvidt man inkluderer transportverdier for ulike materialer eller ikke vil derfor spille inn på påliteligheten til resultatene som presenteres. Dette er et viktig moment for alle LCAer av byggematerialer og – prosjekter i Norge. Som et eksempel vises nedenfor utslippene fra transport for finerplater sendt 1000km fra Finland med ulike transportmidler. Transportmetodene ligger innebygget i programvaren. Opphavet til verdiene er ikke kjent.

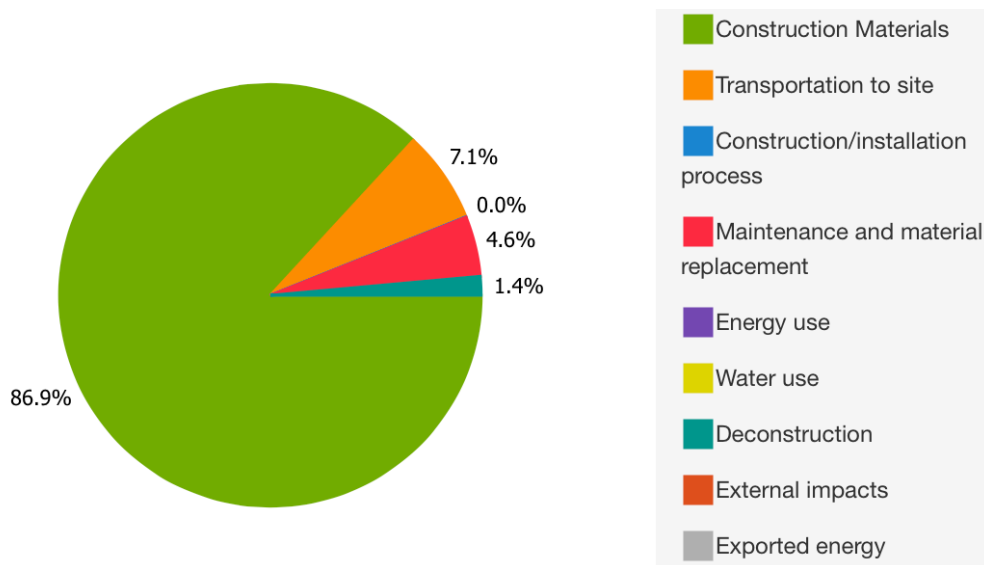
Transportmetode	Oppfyllingsgrad	Utslipp av CO ₂
Delivery van, 1,2 tonn	100%	6030 kg
Delivery van, 1,2 tonn	50%	11200 kg
Large delivery truck, 9 tonn	100%	2020 kg
Large delivery truck, 9 tonn	50%	3400 kg
Tog, gjennomsnittlig	-	616 kg
Skip, container	-	380 kg

Tabell 9: Utslipp for ulike transportmetoder

Man ser tydelig en trend som sier at utslippene blir lavere jo mer man kan frakte om gangen. Dette er naturlig da det blir færre turer totalt. Ved tolkning av tallene samt overføring til andre situasjoner må det tas i betraktning at ikke alle produkter kan fraktes på de forskjellige måtene. Jernbanenettet når ikke overalt, og det er heller ikke alle strekninger som har sjøforbindelse. I mange tilfeller er nok kombinasjoner av transportmetoder en realistisk løsning.

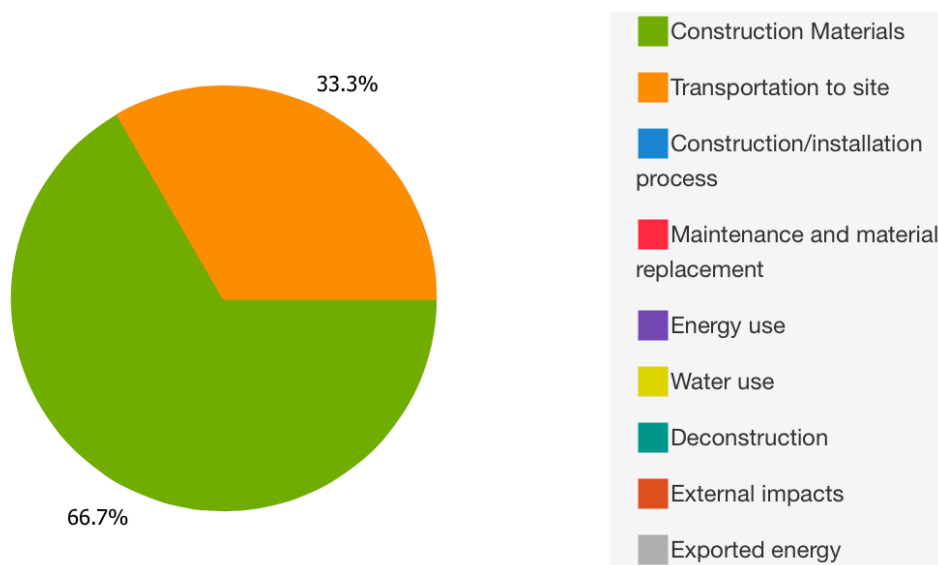
Jan Eldegard adresserer i en kommentar på bygg.no problemstillingen rundt transport av byggevarer. Han setter fokus på inkluderingen av transport av produkter etter fabrikkport. Det er altfor vanlig å kun se på utslipp fram til fabrikkport og glemme den siste biten fram til byggeplass (Eldegard, 2013). Han trekker fram to produkter som har et utslipp på 150kg og 200kg CO₂ per tonn produkt. Snitt-tall for transport fra Østfoldforskning viser at produktet med det laveste utslippet kun kan transporteres 470km før de er likeverdige med tanke på utslipp (av klimagasser). Dette er kortere enn hva mange byggematerialer i Norge transporteres. Analysen i denne oppgaven støtter opp om denne siste påstanden da flere av produktene som inngår fraktes lengre enn dette, noen dobbel lengde. Eldegard nevner også at transportutslipp gjerne er det dominerende klimagassutslippet for produktet. I figuren nedenfor kan man se den prosentvise påvirkningen av transport i regnskapet for Lett-tak, for utvalgte påvirkningskategorier.

Klimagassutslipp



Figur 5: Transportutslippenes innvirkning på CO2-utslipp for Lett-tak

Ødeleggelse av ozonlaget



Figur 6: Transportutslippenes påvirkning på CFC-11-utslipp for Lett-tak

Analysen for denne konstruksjonen viser ikke at transport er det dominerende for klimagassutslipp, men den viser at det absolutt spiller en sentral rolle, særlig for

ødeleggelse av ozonlaget. I tillegg kommer variasjonene i transportmetoder som nevnt tidligere.

Den ovenfor nevnte problematikken rundt inkludering av transportutslipp forsøkes adressert i noen av EPDene, men uten å lykkes helt. Dette virker bare naturlig, da det er vanskelig å dekke alle situasjoner på generell basis. Måten det forsøkes på er å inkludere en egen A4-del med tenkte scenarioer for transport. Her regnes gjerne en snittverdi for transportlengder for produktene, basert på forskjellige produksjonssteder i flere land. Det sier seg selv at dette i utgangspunktet gir unøyaktige verdier. Når en EPD også dekker flere produkter, som vil påvirke transporten blant annet med tanke på vekt, svekkes disse tallene ytterligere. Særlig for EPS får man et skjevt bilde på transportavstand fra EPDen. Det opereres her med en transportavstand på 200km, og EPDen gjelder for flere produkter og i hele Skandinavia (Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2013). Mye skal til for at 200km transport passer i alle tilfeller, da produksjonssteder naturligvis varierer fra produsent til produsent. Dette håndteres imidlertid av 360optimi, hvor man selv setter inn verdier for transport. De har bevisst valgt å ikke inkludere tallene oppgitt i EPD.

Av de to alternativene i analysen er det Lett-tak som har det største utslippet i forbindelse med transport. Grunnen til dette er at de bruker produkter som transporteres over store avstander, i tillegg til at ferdige elementer må transporteres rundt 500km til byggeplass i Stavanger. I slike beregninger har transportmetode åpenbart en innvirkning.

EPDene har generelt sett lite opplysninger om hvordan transporten typisk skjer. Dette er uheldig, da man gjerne vil bruke tall som representerer virkeligheten på best mulig måte når man først tar seg bryet med å undersøke det. Om man bruker tog, båt, stor eller liten lastebil spiller ulike roller for utslippene, som vist tidligere.

Montering (A5)

Å vurdere utslipp fra montering er en til dels subjektiv prosess.

Installasjon av elementene er ikke tatt høyde for av produsenter i noen av tilfellene. Slike tall kan være vanskelige å finne da forskjellige arbeidsvaner vil gi varierende

verdier for montering fra gang til gang. Ulike prosjekt kan også ha unike problemstillinger som må løses. For denne analysen er det gjort noen antakelser for energibruk og deretter utarbeidet et tall som beskriver energibruk per m², i samråd med Kruse Smith. Det er antatt at elementene må heises på plass med mobilkran.

Tankeprosessen er som dette:

Tidsbruk mobilkran per element: x minutt

Dieselforbruk per minutt på mobilkran: y liter per minutt

Dieselforbruk per element: z liter diesel = x minutt * y liter per minutt

Energiforbruk: q kWh = z liter diesel * 10 kWh/liter

I dette ligger naturligvis mye usikkerhet. Kraner har forskjellig drivstoffbruk (en gammel har større utslipp enn en ny, forskjell i motorstørrelse etc.). Når man opererer med slike tall fra kvalifisert gjetning må man være klar på hva man har å gjøre med. Man stoler på at de som har oppgitt forbrukstall tar dette seriøst og dermed gjør tallene representative. For denne analysen er det regnet med lik kran for oppheising av elementer for begge takkonstruksjoner. Derfor har det ingen praktisk betydning for resultatet om tallene er noe unøyaktige.

Avfall fra selve monteringen er også vanskelig å si noe om. Ikke alle EPDer dekker montasje av produktet, og hvilket avfall som produseres blir derfor usikkert. På generell basis gjelder det at prefabrikkerte elementer produserer mindre avfall på byggeplass en plassbygde konstruksjoner vil gjøre. Avfallet er der like fullt, men den skjer på andre produksjonssteder. For den lette konstruksjonen i analysen kommer dette uheldig ut, da Lett-tak ikke har noen EPD som beskriver utslipp og avfall fra deres egne prosesser. Sånn sett er dette utelatte tall som ville vært med og spille inn på resultatet.

Standard EN 15804 legger føringer for hva som skal inkluderes i konstruksjonsfasen, men sier lite om hvordan dette kan gjøres. Det nevnes kun hva som kan være lurt å ha med. På grunn av de mange produktene standarden skal dekke er dette kanskje bare

naturlig. Installasjon av et produkt vil også kunne gjøres på et utall måter, for mange forskjellige produkter.

Transport av arbeidskraft er også verdt å tenke på å inkludere i en analyse. For mer avsidesliggende prosjekter vil dette spille en rolle. Om dette skal tas hensyn til må man imidlertid i mange tilfeller starte allerede før man har bestemt hvor bygget skal befinne seg. Det knyttes åpenbar tvil til gjennomførbarheten av dette. En realistisk tilnærming til utfordringene i en LCA bør alltid være tilstede. Standarden nevner ikke noe om inkluderingen av dette, men studier har pekt på at dette er noe som bør tas i betraktning (Rønning & Brekke, 2014).

Bruksfasen (B)

Utslipp knyttet til bruk av bygningen inkluderes ikke i særlig grad i analysen gjort i denne oppgaven. LCA er jobbet med på den måten det blir arbeidet med gjennom BREEAM NORs manual og dermed likt den måten Kruse Smith anvender det i sin prosjektering. Vedlikehold og utskiftning er typiske stadier som kunne dekkes. Fremgangsmåten er slik at disse stadiene har blitt inkludert i den grad EPDene inneholder data for disse, og ut fra hva som er sporet opp fra produsenter og tjenesteleverandører. Ettersom analysen dekker en takkonstruksjon trengs lite vedlikehold og utskiftning. Taktekingen er vedlikeholdsfri i 35 år, og må dermed byttes ut én gang i løpet av tiden analysen dekker. Utslipp fra dette er inkludert ettersom dette inkluderes i EPDen til Protan..

Når det gjelder energibruk i bruksfasen vil dette adresseres gjennom andre punkter i BREEAM-verktøyet. Derfor ses det ikke på som en nødvendighet å inkludere i denne analysen. Det er i tillegg vanskelig å si noe om eksakte energibehov og utslipp dersom bygget ennå ikke er ferdig prosjektert. For eksempel vil tykkelser på isolasjon være noenlunde bestemt ut fra TEK 10, men det er fortsatt vanskelig å si noe om en eventuell u-verdi for hele taket og bygget. Denne vil endres avhengig av hvilke konstruksjonsprinsipper som brukes ellers i bygningskroppen. Faktorer som oppvarming og kjøling vil også spille inn på dette, men dette er installasjoner som ikke direkte har noe å gjøre med materialvalg for takkonstruksjonen.

Gradering av resultater

For anvendelse av analyseresultatene må det bestemmes en gradering av resultatenes verdi. Hvilke utslipp skal vektlegges mest? Dette er et spørsmål som er vanskelig å svare på, da svaret reflekterer individuelle verdier og synspunkter. Situasjonsavhengig kan det også variere hvilke resultater som gir størst effekt i forhold til målet med analysen. Rønning og Brekke trekker frem at klimautfordringer er høyt på den politiske agendaen. På grunn av dette ser man at det lett å fokusere veldig på klimagassutslipp i beskrivelse av miljøvennlighet (Rønning & Brekke, 2014). Dette reflekteres også i BREEAM NORs manual der et krav til LCA-verktøy er at det minst rapporterer klimagassutslipp. Det er i denne analysen ikke gjort noe forsøk på å rettfærdiggjøre et valg fremfor et annet, da dette er opp til prosjekteringsteamet. Det minnes imidlertid på at miljøutslipp kommer i flere former. De to takkonstruksjonene er for eksempel ganske forskjellige når det kommer til utslipp av etylen, som bidrar til dannelse av fotokjemisk ozon. Ved sammenligning av analyser må en ha klart for seg hva som skal veie tyngst i en vurdering, da en måte å bygge på kan ha et ulikt utslippsmønster fra en annen.

Det er også verdt å merke seg at betong er den største bidragsyteren til flere av utslippene i konstruksjonen med hulldekker. Dette tyder på at en mer miljøvennlig betong effektivt vil kunne bidra til å senke totalutslippene for konstruksjonen. I analysen er tall fra Block Berge som nevnt ikke brukt, til tross for at man antar at dette er leverandøren Kruse Smith vil bruke dersom de velger dette alternativet. Tallene for utslipp fra Block Berge er på papiret lavere enn de brukt i analysen, men leverandøren av LCA-programvare stilte spørsmål til gyldigheten av disse. Det ble derfor vurdert riktigere å bruke verifiserte tall, selv om de ikke nødvendigvis beskriver produksjonsprosessen like godt.

Om sammenligning av isolasjonsmaterialer

SINTEF publiserte i 2014 en studie av isolasjonsmaterialer i bygg. Denne opererte med at varmekonduktiviteten for steinull og EPS er nokså lik (Schlanbusch et al., 2014). Studien tok imidlertid for seg materialene for seg selv, kun med delvis tilknytning til bestemte anvendelser for de ulike produktene. Konklusjonen fra deres noe begrensede simulering av en yttervegg med stenderverk i tre var for øvrig at isolasjon klart sto for

den høyeste andelen utslipp av alle materialene i veggen. En av grunnene til dette er nok at trevirke ikke har særlig høy klimabelastning sett i forhold til andre konstruksjonsmaterialer (Rønning et al., 2011) Resultatet taler likevel for at isolasjon vies fokus i denne oppgavens analyse.

Et viktig moment var å forsøke å gjøre LCAen så virkelighetsnær som mulig. Ettersom bygget ennå prosjekteres, og de to konstruksjonsteknikkene var forholdsvis løst beskrevet, er det gjort en del antakelser i tilnærmingen til en løsning. Dette spilte blant annet inn på bestemmelser av isolasjonstykkelse i konstruksjonen.

Som så vidt nevnt i teoridelen er det ikke gjort noen synsing rundt byggets egenskaper i sin helhet, da dette ville vært for omfattende. På grunn av dette vites lite om hvor sterkt taket må være på Arkivenes Hus, da det verken er gjort eller studert beregninger av dette fra forfatters side.

Tykkelse på bærende elementer henger direkte sammen med isolasjonstykkelse. Dette fremkommer i boken om isolasjon i Betongelement-serien. For betong oppgis en varmekonduktivitet på $1,7 \text{ W/m}^2$, mens stål har 60 i samme tabell (Betongelementforeningen, 2008, p.18). Dette gjør at det kreves mer isolasjon i stålkonstruksjonen for å oppnå den samme u-verdien. Denne problematikken er grunnen til at det er definert en funksjonell enhet. I dette tilfellet dekker analysen takkonstruksjon med u-verdi $< 0,13$.

Fremgangsmåten ble derfor som følger:

Lett-tak har laget et klimagassregnskap hvor verdier har blitt hentet fra. Dette var de eneste verdiene de hadde tilgjengelige for materialbruk, som var nødvendige for at analysen skulle bli så nøyaktig som mulig. Tallene de hadde tilgjengelig er for deres største element, og det kan være at denne dimensjonen er alt for stor til Arkivenes Hus. Sett bort fra dette, oppgis elementene med en u-verdi på 0,13 ved den dimensjonen som er analysert, og skal således oppfylle kravene.

For analyse av hulldekkene er det brukt elementer på 265mm, som oppgitt fra Kruse Smith. For å oppnå samme u-verdi for disse ble det anvendt tabell hentet fra Betongelementboken. Med varmekonduktivitet på 0,035 for EPS og 0,037 for Rockwool

gir denne en total isolasjonstykkelse på 300mm, der 0,037 er brukt for hele laget, i tråd med bokens anbefalinger (Betongelementforeningen, 2008, p.33)

Om analysen har lyktes i å være virkelighetsnær er det vanskelig å si noe om før eventuelle målinger i et ferdig bygg er foretatt. Den teoretiske tilnærmingen, i forhold til både isolasjonstykkelser og sammenligning av bærende konstruksjoner, baserer seg på det som må kunne regnes som kredible kilder. Det er imidlertid en vei å gå fra teori til virkelighet, og igjen bør ikke analysens resultater ses på som en fasit. Sett i lys av analysens bruksområde har den likevel sin plass i vurderingen.

EPD - unøyaktigheter og variasjoner

Systemgrensene i analysen er satt til A1-A5, samt deler av C og D for noen EPDer, hvis man ser de ut fra figuren for stadier som vist i teoridelen. Det vil si i hovedsak produktfasen og konstruksjonsfasen. For noen av EPDene er også det som er valgt å kalle avviklingsssfasen gjort rede for, samt påvirkninger som er utenfor systemgrensen. Den anvendte programvaren er satt opp slik at EPDer er lagt inn i en database hvor man kan gå og plukke ut de som passer til sin situasjon. Når programmet gjør sine utregninger legges verdiene for utslipp og forbruk fra hver EPD sammen for alle materialene som er lagt inn i analysen. I dette tilfellet er det blitt "konstruert" et tak på to forskjellige måter. Fordi de ulike EPDene kan ha forskjellige dekningsgrader er det viktig å ha i bakhodet at det kan være elementer som har uteblitt i forhold til hva som beskriver den faktiske situasjonen.

Gjennom studier av de ulike EPDene kommer det frem at de må kunne sies å være av varierende kvalitet. Som nevnt tidligere legger standarder føringer for hvordan en EPD skal bygges opp og hva den skal dekke, men dette er ikke like lett å se for alle. Lengden på EPDene spenner fra én side til flere. Dette gir åpenbart forskjeller i dekningsgrad. Et eksempel er EPDen som er oppgitt for WISA, leverandøren av finér til Lett-tak. Den gir lite informasjon om produktet, inkluderer ikke transport, og ser ikke ut til å ha fulgt noen standard da den ble laget. Det kan gjerne være at WISA er like miljøvennlige i driften som for eksempel Rockwool, men dette vises ikke gjennom deklarereringen.

LCA som beslutningsverktøy

Et av målene med oppgaven var å vurdere LCA som beslutningsverktøy. I tillegg til momentene diskutert over vil videre funn og erfaringer mer knyttet til metodikken diskuteres.

I hovedsak gir standardene uttrykk for stor frihet til å utføre LCA på sin egen måte. Dette kan føre til ujevne gjennomføringer, men er også til en viss grad nødvendig ettersom prosessene verktøyet skal dekke spenner så vidt. En konsekvens av dette er at metoden er anvendelig for analyse av mange produkter og produktsystemer, men resultatene fra den ikke er umiddelbart sammenlignbare. Dette må man alltid ta hensyn til når man leser en LCA.

Databegrensninger

Som diskutert over viser EPDene brukt i denne analysen at det er store forskjeller i datakvaliteten de leverer. Nettopp dette kan være en kjepphest for LCA som prosjekteringsverktøy ettersom metoden er så avhengig av gode data for å fungere optimalt. Tilgjengeligheten for data er heller ikke lik for alle materialer. I tillegg til at noen har manglende dokumentasjon, finnes produsenter som mangler dette helt. (Ding, 2014) trekker også dette fram som en uheldig del av metodikken i sin artikkel om LCA for bærekraftige bygningsprodukter. Hun sier i tillegg at utslippstall vil være forskjellige fra produsent til produsent og i ulike regioner. Sistnevnte er et usikkerhetsmoment for denne analysen da noen av EPDene inneholder bransjesnittverdier for flere land. Dokumentasjonsmetodene for disse er riktignok i de fleste tilfeller standardisert gjennom EN 15804 eller ISO 14025, men det er likevel vanskelig å si noe om hvor lik utførelsen for de ulike produktene faktisk er. Snittene er gjerne for Skandinavia, men det kan fortsatt eksistere ulikheter mellom landene. Ideelt sett burde hvert produkt oppgi sine egne tall, og det bør i det lengste forsøkes å anvende spesifikke data i beregninger. På denne måten sørger man for at resultatene gjenspeiler virkeligheten på best mulig måte.

Beregningene i en LCA er kompliserte og koster mye penger, og dette har ført til en begrenset anvendelse i byggebransjen så langt (Ding, 2014). Denne oppgaven har ikke hatt fokus på kostnadene rundt utførelsen av LCA, så det vil ikke argumenteres verken for eller mot dette poenget. Erfaringene gjort av forfatter er at selve gjennomføringen

av LCA i den sammenheng det er brukt her ikke er mer komplisert enn at dette lar seg gjennomføre, i hvert fall i den grad den gjøres for å oppfylle BREEAM NORs krav. En del jobb kan dog medfølge ved innsamling av dokumentasjon. Eksempelvis finnes ikke EPDer for alle produkter som brukes i konstruksjonene i denne analysen. Dette håndteres ved at programvaren som er tatt i bruk har en database hvor man velger byggevarer som skal inkluderes i analysen. Dersom de spesifikke produktene for et gitt prosjekt ikke ligger inne, kan man måtte bruke erstatninger som ikke nødvendigvis beskriver nøyaktig det samme bildet. Dette gjør at analysen ikke blir like presis som den kunne vært. For å motvirke dette er det forsøkt å samle EPDer og få inkludert de i programvaren. Denne prosessen er tidvis krevende. Det er imidlertid grunn til å tro at dokumentasjon for produkter vil bedre seg med årene som kommer. Den nevnte økningen på 50% for produksjon av EPDer i 2014 støtter dette. I tillegg er programvaren som tilbys for å utføre LCA såpass intuitiv at dette bør kunne bli en del av prosjekteringsjobben for bygninger.

For gyldigheten til en LCA ligger nok utfordringene heller hos materialprodusentene sine beregninger av utslipp for sine produkter. Deres prosesser kan være kompliserte og omfattende å skaffe tall for.

Har man først tilgang på standardisert data kan man i det minste være noenlunde sikker på at den ikke er utdatert. Kravene for datakvalitet nevnt i teoridelen i oppgaven sørger for dette. Den jevnlige oppdateringen av EPD er ment for å justere for eventuell ny teknologi som er kommet siden forrige vurdering.

Problemforskyvning

Som nevnt dekker en LCA flere påvirkningskategorier, og er derfor en god indikator på miljøegenskapene til et produkt. Det er imidlertid viktig å ikke se seg blind på resultatene. Som også nevnt gjør denne oppgaven for eksempel ingen økonomisk analyse. Dette er faktisk ikke inkludert i LCA i det hele tatt, og standarden er klar på dette. (Rønning & Brekke, 2014) trekker frem at LCA heller ikke vurderer mer nærliggende faktorer som inn klima, arealbruk eller påvirkning på økosystemer. Mye av grunnen til dette er at det er vanskelig å måle påvirkning på disse områdene fra bygningsmaterialer.

Østfoldforskning trekker fram tre viktige spørsmål å stille seg før man gjennomfører en LCA (Askham, n.d.)

- Hva er de viktigste miljøproblemene for dette systemet? Det trekkes frem at det er viktig å fokusere på mer enn én indikator/type nøkkeltall. Tunnelsyn kan føre til en forskyvning av problemet.
- Hvor i livsløpet oppstår de? Hvor er de såkalte hot spots
- Hvilke deler av systemet har størst potensial for miljømessig forbedring?

Å svare på disse spørsmålene er nettopp det LCA gjør så bra. Utslipp kan måles og kvantifiseres, og vurderes dermed på en god måte gjennom analysen. En av styrkene når det gjelder dette er at hvor utslippene skjer lett kan identifiseres. I et tenkt scenario der man kun fokuserer på å redusere klimagassutslipp kan man bli fristet til å bruke et godt isolasjonsmateriale for å redusere energibruk. Ved bruk av LCA på materialet kan man oppdage eventuelt andre utslipp i tillegg. På den måten unngår man å forskyve problemet til et annet område. Fordi LCA er så mye hva du gjør det til selv er det samtidig viktig at man ikke sammenligner ulike analyser med hverandre uten å se de i den konteksten de er gjort. Selv om metodikken kan fokusere på flere problemer samtidig er det ikke gitt at alle analyser gjør dette. Denne oppgaven er et eksempel på nettopp det, hvor bruksfasen ikke er vurdert i særlig grad. Usikkerhet rundt innholdet i en EPD, og dermed innholdet i en LCA som inkluderer EPDen, må tas hensyn til. En vel gjennomført analyse skal i følge standarden klart uttrykke hva som inkluderes og ikke, og bør sånn sett kunne redusere denne usikkerheten.

Praktisk bruk av LCA

For Kruse Smith sitt bruk har LCA vært utført av eksterne rådgivere, i både smi energi & miljø og Rambøll. Dette sørger for en ordentlig gjennomføring av analysen, da disse er eksperter på energirådgivning. Dersom alle skulle gjøre denne jobben på egenhånd ville man få et utall forskjellige måter å utføre analysen på, til tross for standardiseringen. At en uavhengig part gjør jobben kan også bidra til en upartisk analyse i tilfeller der dette kan være en utfordring. Det er imidlertid positive effekter ved å gjennomføre en slik analyse på egenhånd. Ved å sitte med beslutninger om valg av data selv blir man tvunget til å lære mer om de ulike produktene. Denne prosessen vil trolig sørge for en dypere forståelse for hva som ligger bak de materialene som brukes. Dette kan anvendes i senere anledninger når man står ovenfor materialvalg. Om man på forhånd har grunnleggende kjennskap til egenskaper for gitte produkter,

kan man bruke dette til å gjøre beslutninger allerede før man har gjennomført en ny analyse. Resultatet er en mer effektiv beslutningsprosess. Igjen er kostnadene av slikt ikke tatt hensyn til, og det må derfor gjøres en vurdering av ressursbruk for alternativene.

Programvaren

360optimi ble godkjent som programvare for BREEAM NOR 21.04.2015. Utgaven av BREEAM NOR som er referert til i denne oppgaven er fra 2012, og er derfor ikke oppdatert med de nyeste tilleggene. Mange store aktører som Skanska, PEAB og NCC bruker allerede programmet i sitt arbeid (Bionova, 2015). Selv om programmet har begrensninger i forhold til tilgjengelighet til alle EPD, er det fortsatt godkjent og i bruk i byggebransjen. Dette kan kanskje ses på som en svakhet med systemet, men er samtidig vanskelig å unngå i en utviklingsfase som den bransjen befinner seg i for øyeblikket. Den eneste måten å håndtere dette på måtte være at alle EPD som lages må legges inn i en database. I så fall, hvem har ansvaret for dette? Hvem bestemmer hva som er godt nok og ikke? EPD-Norge har databaser der alle kan gå inn og hente ut EPDer. Dette gjelder imidlertid kun for sertifiseringer gjort av dem. EPDer kan også godkjennes fra andre hold.

Produkter bør ikke nektes bruk kun fordi de ikke har miljødeklarasjon, med mindre de inneholder forbudte stoffer. Produktene som mangler EPD kan være minst like miljøvennlige, de har bare ingen måte å vise det på ennå. Dette er foreløpig kun et faktum man må godta, og ta det med i sine betraktninger rundt resultater fra LCA.

Anvendelse hos Kruse Smith

En del av grunnen til at Kruse Smith bruker LCA er for å oppnå poeng i punktet i BREEAM NOR-manualen som sier at dette skal anvendes i prosjektering. Det er derfor viktig å se analysen i lys av hva den skal brukes til. Hvor store krav skal stilles til resultatene? Ettersom resultatene til en viss grad brukes mest som en pekepinn på miljøvennlige alternativ bør man ikke dømme analysen nord og ned på grunnlag av til dels unøyaktige data. Hadde konsekvensen av valgene vært natt og dag ville saken vært en annen. I et slikt tilfelle ville man stilt større krav til nøyaktighet for resultatene og tallene bak. Resultatene fra denne analysen er altså ment å gi en ekstra dimensjon i beslutningstaking under prosjektering. Andre faktorer som pris og tilgjengelighet vil også spille inn.

Som beskrevet tidligere bruker Kruse Smith per dags dato eksterne analytikere, men kan dra nytte av å gjennomgå dette selv. Det faktum at så mange antakelser ligger til grunn for analysene taler for at man har bedre kontroll dersom man gjør antakelsene på egenhånd. En LCA-rapport gir gode indikasjoner, men en egen studie vil gjerne være bedre med tanke på å lære om prosessene rundt materialproduksjon. (Rønning & Brekke, 2014) støtter opp om dette i sin analyse om bruk av LCA i bygningssektoren. Det virker fra forfatters ståsted som at en tettere tilknytning til utførelsen av analysen kan være fordelaktig.

Videre forskning

Analyse

Det finnes mange spennende scenarioer å undersøke med LCA for bygninger. Særlig interessant er debatten tre mot betong. Sweco er i skrivende stund i ferd med å bygge verdens høyeste bygning i tre (SWECO AB, 2015). At man etter hvert klarer å bygge høyt med tre er interessant når det som nevnt tidligere i oppgaven virker å være mer miljøvennlig å bruke dette materialet. Å utføre en LCA på dette bygget og sammenligne med et tilsvarende bygg i betong kan være nyttig lærdom, da det debatteres om hvilket av alternativene som er det beste med tanke på miljøet. Miljøet dekker i denne forstand både natur og arbeidsmiljø, med de utfordringer dette fører med seg. Å bygge i tre kan nemlig vise seg å ha andre byggetekniske utfordringer. (Norske arkitekters landsforbund, 2013).

Metodikken

LCA som metodikk har som diskutert utfordringer i forhold til fullstendighet hva gjelder analysens omfang og datatilgang. Førstnevnte kan forbedres på noen punkter. Inneklima, landbruk, økonomiske aspekter med flere vil fortsatt være vanskelig å vurdere, men resirkulering av materialer er noe som fortjener økt fokus. Konsekvenser av dette kan føre til mer nøyaktige analyser. Det er grunn til å tro at datatilgang vil bedre seg med tiden, etter hvert som produsenter sertifiseres og skaffer EPDer. Som diskutert tidligere bør man også søke nye metoder for å innlemme transport i analyser, da denne oppgaven (i tillegg til andre) har pekt på at dette spiller en rolle for analyseresultater. Kanskje bør det vurderes å gjøre flere faser i livsløpet til et produkt obligatorisk å inkludere i en analyse.

Konklusjon

Denne oppgaven har gjennom studie av livssyklusanalyser (LCA) vurdert egenskapene til disse som verktøy for prosjektering.

Kruse Smith bruker LCA i sin drift som et verktøy for å synliggjøre de mest klimavennlige måter å bygge på. Gjennom samarbeid med dem har det blitt utført en LCA av to alternativer til takkonstruksjon for Arkivenes Hus i Stavanger. De to valgte alternativene var en lett stålkonstruksjon, levert av Lett-tak i Larvik, og hulldekker i betong. Konstruksjonene skulle isoleres med henholdsvis steinull og EPS. For å analysere utslippene fra de forskjellige materialene som inngår i de to alternativene har det blitt samlet inn miljødokumentasjon i form av miljødeklarasjoner (EPD). Disse har gjennom bruk av LCA-verktøyet 360optimi fra finske Bionova blitt analysert og vurdert etter utslipp som påvirker global oppvarming, forsuring, eutrofiering, ødeleggelse av ozonlaget, dannelse av fotokjemisk ozon og avfall. Resultatene fra analysen viser at hulldekker er det beste alternativet dersom man vektlegger global oppvarming og forsuring mest i vurderingen. For de resterende påvirkningskategoriene har Lett-tak de laveste utslippene, med unntak av avfall. Betongen er den største bidragsyteren for utslipp i konstruksjonen med hulldekker, bortsett fra til dannelse av fotokjemisk ozon der EPS står for mest utslipp. For Lett-tak har stålprofilene det største utslippet av CO₂-ekvivalenter, Rockwool bidrar mest til forsuring, eutrofiering og dannelse av fotokjemisk ozon, mens finerplatene er ansvarlig for brorparten av utslipp som ødelegger ozonlaget. Det gjøres ingen forsøk på å rangere resultatene da dette alltid vil være en subjektiv tolkning fra de prosjekterende sin side.

Av resultatene viser det seg at transport av byggevarer spiller en viktig rolle for utslippene. Faktisk er dette forskjellen mellom alternativene når det gjelder påvirkning av global oppvarming og forsuring. Det viser seg også at inkluderingen av transport i EPDer er valgfritt. Resultatet av dette er at det finnes dårlig dokumentasjon av påvirkninger fra transport for de ulike produktene, og det blir dermed vanskelig å inkludere dette på en skikkelig måte i en LCA.

LCA er nokså avhengig av å ha et godt datagrunnlag for å gi nøyaktige resultater. Det viser seg at EPD-grunnlaget for de ulike produktene som er brukt i analysen er veldig varierende. Noen dekker livsløpet til produktene i varierende grad, mens det for andre produkter ikke eksisterer EPD i det hele tatt. En del av forklaringen er at LCA, som ligger til grunn for EPD, krever omfattende informasjon fra mange aktører. Nettopp denne utfordringen trekkes frem som en svakhet for LCA generelt. Verktøyet viser seg imidlertid som ytterst verdifullt av samme grunn. Evnen til å spenne vidt sørger for en grundig beskrivelse av et produkt sin miljøpåvirkning, og den sekvensielle fremgangsmåten hjelper til å forhindre problemforskyvning. Den siste tidens trend viser også at miljødeklarasjoner er på vei til å dekke de fleste produkter. LCA blir på mange måter det man gjør det til i hvert enkelt tilfelle. God data gir god analyse, mens sviktende data tegner et mer unøyaktig bilde.

For bruk i prosjektering virker LCA å være et godt verktøy da det på en ryddig måte kommuniserer et materiale eller en bygningsdel sin miljøpåvirkning. Det argumenteres for at også prosessen med å samle informasjon og data om produktene bidrar til en dypere forståelse for dem. Dette kan være verdifullt for prosjekterende da de vil ha lettere for å vurdere resultater fra analyser når de vet hvilke antakelser som ligger bak dem. Kanskje er dette så verdifullt at gjennomføringen av en slik analyse er noe beslutningstakere kan vurdere å gjøre selv.

Siterte verk

- AS ROCKWOOL, 2013. *Environmental Product Declaration - ROCKWOOL isolering*. EPD.
- Askham, C., n.d. *LCA og klimaspor - Hvordan kan disse brukes i miljøledelsesarbeid?* [Online] Østfoldforskning Tilgjengelig på: [http://www.standard.no/Global/PDF/Miljø/Miljøledelse%202011/7.%20Cecilia%20Askham%20\(Østforldsforskning\)%20-%20LCA%20klimaspor.pdf](http://www.standard.no/Global/PDF/Miljø/Miljøledelse%202011/7.%20Cecilia%20Askham%20(Østforldsforskning)%20-%20LCA%20klimaspor.pdf).
- Betongelementforeningen, 2008. *Betongelementboken bind E - Isolasjon*. Asker: Betongelementforeningen.
- Betongelementforeningen, 2008. *Betongelementer - Bind A - Bygging med betongelementer*. Asker: Betongelementforeningen.
- Bionova, 2015. *About: Bionova*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.bionova.fi/en/about> [Besøkt 1 Juni 2015].
- Block Berge Bygg AS, n.d. *Environmental product declaration - Hulldekk HD 265 Gullfax*. EPD.
- BRE Global, 2015. *About: BREEAM*. [Online] Tilgjengelig på: www.breeam.org [Besøkt 15 Februar 2015].
- Byggeindustrien, 2015. *Antall EPD-miljødeklarasjonen opp med 50 prosent*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.bygg.no/article/1221647> [Besøkt 3 Juni 2015].
- Creswell, J.W., 2013. *Qualitative Inquiry & Research Design - Choosing Among Five Approaches*. 3rd ed. SAGE Publications Inc.
- Dalland, O. & Trygstad, H., 2012. Kilder og kildekritikk. In *Metode og oppgaveskriving*. 5th ed. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Det kongelige kommunal- og regionaldepartementet, 2012. *Melding til Stortinget - Gode bygg for eit betre samfunn*. [Online] Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/contentassets/608854f3f82b4b4e90d500244ff1d186/nn-no/pdfs/stm201120120028000dddpdfs.pdf> [Besøkt 3 Juni 2015].
- Det Kongelige Miljøverndepartement, 2012. *Melding til Stortinget - Norsk klimapolitikk*. [Online] Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/contentassets/aa70cfe177d2433192570893d72b117a/no/pdfs/stm201120120021000dddpdfs.pdf> [Besøkt 3 Juni 2015].
- Ding, G.K.C., 2014. *Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: an overview*. Sydney: Woodhead Publishing Limited.
- Direktoratet for byggkvalitet, 2011. *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/> [Besøkt 1 Mai 2015].
- Eldegard, J., 2013. *Kortreist eller bortreist? - bygg.no*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.bygg.no/article/102886> [Besøkt 20 Mai 2015].
- Ellingsen, H..E.A..S.H.E..Z.F.o.W.U., 2009. *Energibruk og klimautslipp i eksport av norsk sjømat*. Trondheim: SINTEF SINTEF Fiskeri og havbruk AS.
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2013. *Expanded Polystyrene (EPS) Foam Insulation (without flame retardant, density 20 kg/m³), EPS 100*. EPD. Königswinter: Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) EUMEPS – Expanded Polystyrene (EPS) Foam Insulation.
- IPCC, 2014. *Climate change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II*

- and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)). Geneve: IPCC.
- Kleven, T.A., 2002. *Innføring i pedagogisk forskningsmetode - En hjelp til kritisk tolking og vurdering*. Oslo: Unipub forlag.
- Kruse Smith AS, 2015. *Kruse Smith - BREEAM NOR*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.kruse-smith.no/om-kruse-smith/klima-energi-og-miljo/breem-nor/> [Besøkt 4 Juni 2015].
- Kruse Smith AS, 2015. *Om Kruse Smith*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.kruse-smith.no/om-kruse-smith/> [Besøkt 10 Juni 2015].
- Kynningsrud Prefab AB, 2013. *Environmental Product Declaration ISO 14025 - Håldäck 265*. EPD.
- Lavenergiprogrammet, 2015. *Lavenergiprogrammet - Krav til energieffektivitet i tek 10*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.lavenergiprogrammet.no/lover-og-regler/krav-til-energieffektivitet-i-tek-10-article1698-146.html> [Besøkt 1 Mai 2015].
- Lett-tak Systemer AS, 2015. *Om oss: Lett-tak Systemer AS*. [Online] Tilgjengelig på: <http://lett-tak.no/om-oss/> [Besøkt 1 Mai 2015].
- Lett-tak Systemer AS, 2015. *Takets konstruksjon: Lett-tak*. [Online] Tilgjengelig på: http://lett-tak.no/taksystem/#id_8 [Besøkt 4 Juni 2015].
- Miljødirektoratet, 2015. *miljøstatus.no: klima*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.miljostatus.no/Tema/Klima/> [Besøkt 3 Juni 2015].
- NGBC - Norwegian Green Building Council, 2012. *Teknisk manual - BREEAM-NOR ver. 1.1*. 11th ed. [Brukermanual] Oslo.
- NGBC - Norwegian Green Building Council, 2015. *BREEAM-NOR bidrar til kraftig økning i antallet EPD-er*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.breem-nor.no/breem-nor-bidrar-til-kraftig-okning-i-antallet-epd-er/> [Besøkt 3 Juni 2015].
- Norske arkitekters landsforbund, 2013. *Debatt: Vanvittig å bygge høyhus i tre*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.arkitektnytt.no/vanvittig-a-bygge-hoyhus-i-tre> [Besøkt 10 Juni 2015].
- PE International, 2015. *A brief history of life cycle assessment (LCA)*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.pe-international.com/company/newsroom/news-detail/article/a-brief-history-of-life-cycle-assessment-lca/> [Besøkt 20 Mars 2015].
- Perez-Garcia, J. et al., 2005. THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF RENEWABLE BUILDING MATERIALS IN THE CONTEXT OF RESIDENTIAL CONSTRUCTION.
- PROTAN AS, 2015. *Environmental Product Declaration - SE 1.2 TAKBELEGG*. EPD.
- Rønning, A. & Brekke, A., 2014. Life cycle assessment (LCA) of the building sector: strengths and weaknesses. In *Eco-efficient construction and building materials - Life cycle assessment (LCA), eco-labelling and case studies*. Kråkerøy: Woodhead Publishing Limited.
- Rønning, A., Lyng, K.-A. & Vold, M., 2011. *Kunnskapsplattform for beregning av klimabelastning fra bygg og byggematerialer - Litteraturstudie*. Litteraturstudie. Østfoldforskning AS.
- Rockwool, 2015. *Underlag av betong - oppbygging av fall*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.rockwool.no/produkter/u/2011.construction/2793/flate-tak/funksjonsbeskrivelser/underlag-av-betong--oppbygging-av-fall> [Besøkt 4 Juni 2015].
- Schlanbusch, R.D., Fufa, S.M., Sørnes, K. & Kristjansdottir, T., 2014. *Energi- og*

- klimagassanalyse av isolasjonsmaterialer*. Forskning. Oslo: SINTEF Akademisk Forlag SINTEF Byggforsk.
- SINTEF Byggforsk, 2011. *Veileder for utarbeidelse av miljødeklarasjoner*. [Online] Tilgjengelig på: http://www.epd-norge.no/getfile.php/PDF/DM-%23367992-v2-Veilder_for_EPD_Wordformat.pdf [Besøkt 15 April 2015].
- Standard Norge, 2006. *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer (ISO 14044:2006)*. - ed. Oslo: Standard Norge.
- Standard Norge, 2006. *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk (ISO 14040:2006)*. - ed. Oslo: Standard Norge.
- Standard Norge, 2013. *Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer (NS-EN 15804:2012+A1:2013)*. - ed. Oslo: Standard Norge.
- SWECO AB, 2015. *Verdens høyeste trehus i Bergen*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.sweco.no/no/norway/markedsomraader/Bygninger/Boliger/NYSKAPENDE-TRELOSNINGER--PA-VAR-MATE/> [Besøkt 10 Juni 2015].
- Takprodusentenes Forskningsgruppe, 2011. *Branntekniske konstruksjoner for tak*
Eksempler på løsninger utført etter veiledning til Byggteknisk forskrift.
- The Norwegian EPD Foundation, 2015. *EPD-merke - epd.no*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.epd-norge.no/epd-merke/> [Besøkt 30 Mai 2015].
- Tommen Gram-gruppen, 2015. *Om oss: Tommen Gram*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.tommen.no/index.php/om-oss/tommen-gram-gruppen> [Besøkt 20 Mai 2015].
- Treindustrien, 2015. *Om Treindustrien*. [Online] Tilgjengelig på: <http://www.treindustrien.no/fullstory.aspx?m=313> [Besøkt 20 Mai 2015].
- Wæhle, E. & Sterri, A.B., 2014. *case studie*. [Online] Tilgjengelig på: https://snl.no/case_studie [Besøkt 1 Juni 2015].

Vedlegg

Vedlegg A – Finérplate.....	55
Vedlegg B – EPDer fra Block Berge AS og Kynningsrud Prefab AB.....	56
Vedlegg C – Kapasitetstabeller.....	68
Vedlegg D – LCA-resultater uten transport.....	70
Vedlegg E – Utslipp fra materialer.....	72

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION - PLYWOOD

Company UPM-Kymmene Wood Oy

Sites Jyväskylä and Pellos plywood mills

Products WISA® - Spruce products

Information gathered from 1.1. 2013 to 31.12.2013

Environmental Management

- Certified environmental management system at the mills: **ISO 14001**
- Company systems ensure traceability of the origin of wood
 - **100 %** controlled wood from non-controversial sources
 - **81 % PEFC certified** wood raw material
 - **11 % FSC certified** wood raw material

Environmental parameters

The figures are calculated according to the annual environmental reporting to local authorities and as weighted average in relation to the production volumes for the various mills.

Water	COD	0,07	kg/m ³
	TSS	0,02	kg/m ³
Landfilled waste		0,33	kg/m ³

Product features

Products: WISA®-Spruce is multi-purpose product for en uses where technical values and light weight is needed.

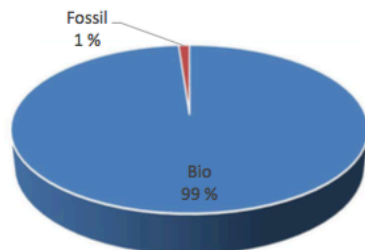
Bonding: Phenolic resin based weather resistant gluing.

Raw Material: Spruce (*Picea Abies*)
Wood sourcing areas: Southern and Central Finland, Northwest Russia

Heat and electricity use

Used heat and electricity **1 010 kWh/m³**

Distribution of fuel in heat production:



Additional information

- Non-use warranty for heavy metals and chemical substances
- Disposal of WISA-plywood
- Carbon footprint
- PEFC CoC and FSC CoC/CW certificates

Contact information

e-mail: environment.ply@upm.com
Tel.: +358 204 15 113
www.wisa.com

Vedlegg B – EPDer fra Block Berge AS og Kynningsrud Prefab AB

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

ISO 14025 ISO 21930 EN 15804

Eier av deklarasjonen Programoperatør Deklarasjonsnummer Godkjent dato Gyldig til	Block Berge Bygg AS The Norwegian EPD Foundation
---	---

Huldekk HD 265 Gullfax

Produkt

Block Berge Bygg AS

Eier av deklarasjon

 **Block Berge**
VI TAR ANSVAR



Generell informasjon

Produkt:

Hulldekk HD 265 Gullfax

Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner
Pb. 5250 Majorstuen
0303 Oslo
Phone: +47 23 08 80 00
e-post: post@epd-norge.no

Deklarasjonsnummer:

Deklarasjon er basert på PCR:

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR.
PCR for Precast Concrete Products, NPCR 20.2011

Deklarert enhet:

1 tonne Hulldekk HD 265 Gullfax

Deklarert enhet med opsjon:

A1,A2,A3,A4,A5,C1,C2

Funksjonell enhet:

Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:

Deklarasjonen er utviklet ved bruk av EPDGen-version 1.0,
Godkjenning:
Bedriftsspesifikke data er samlet og registrert av:

Terje Skårland

Bedriftsspesifikke data er kontrollert av:

Terje Skårland

Verifikasjon:

Uavhengig verifikasjon av data, annen
miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO
14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4

ekstern

Seniorforsker Anne Rønning
(Uavhengig verifikator godkjent av EPD Norway)

Eier av deklarasjon:

Block Berge Bygg AS
Kontakt person: Terje Skårland
Telefon: 51 78 99 00
e-post: post@blockberge.no

Produsent:

Block Berge Bygg AS

Produksjonssted:

Betongelementfabrikken til Block
Berge AS på Klepp Stasjon,
Rogaland.

Kvalitet/Miljøsystem:

Org. No:

980 798 267

Godkjent dato:

Gyldig til:

Sammenlignbarhet:

EPD av byggevarer er ikke nødvendigvis
sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-
EN-15804 og sees i en bygningskontekst.

Arstall for studien:

2014

Godkjent:

sign
(Daglig leder av EPD-Norge)

Deklarert enhet:

1 tonne Hulldekk HD 265 Gullfax

Nøkkellindikatorer	Enhet	Vugge til port A1 - A3	Transport A4
Global oppvarming	kg CO2 eqv	116,53	0,000826
Energi bruk	MJ	939,900010	0,0109140
Farlige stoffer		*	*

*Produktet inneholder ingen stoffer fra REACH kandidatlisten eller den norske prioritetslisten

Produkt

Produktbeskrivelse:

Huldekk er spennarmert etasjeskillere med langsgående kanaler. Produktet egner seg godt til dekker og tak, og anvendes i alle typer kontor- og forettningsbygg, boligbygg, skoler, landbruksbygg og industribygg.

Tekniske data:

360kg per m² inkludert armering. Brannmotstand REI90. For informasjon om bæreevne kontaktes vår konstruksjonsavdeling.

Markedsområde:

Norge

Levetid:

Som for bygninger

Produktspesifikasjon:

Huldekk 265x1200. Spennstål 1640 fy. Sement CEMI og CEMII.

Materials	Percent
Cement	14,49
Aggregate	79,96
Water	5,20
Reinforcement	0,35

LCA: Beregningsregler

Deklarert enhet:

1 tonne Huldekk HD 265 Gullfax

Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og energiforbruk er inkludert. Transport til byggeplass, montering, riving og transport av resirkulerbart materiale er inkludert.

Allokering:

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

Datakvalitet:

Materials	Data quality	Source	Year
Cement	EPD	NEPD00023N	2013
Aggregate	Database	Modified EcoInvent	2012
Water			
Reinforcement	Database	EcoInvent 3	
Cement	EPD	NEPD 154N	2013

Systemgrenser:

Alle prosesser fra råvareuttak til levering og montasje av produktet, er inkludert.

Flytskjema:



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 (l/t)
Bil	65 %	Truck 28 tonn	25	0,011947	l/tkm	0,30
Jernbane	-	-	-	-	-	-
Båt	-	-	-	-	-	-
Annet	-	-	-	-	-	-

Byggefase (A5)

.	Enhet	Verdi
Hjelpematerialer	kg	10,300
Vannforbruk	m ³	0
Elektrisitetsforbruk	kWh	0
Andre energikilder	MJ	1,250
Materialtap	kg	0
Materialer fra avfallsbehandling	kg	0
Støv i luften	kg	0

Label

Vedlikehold (B2)/Reparasjon (B3)

.	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens	-	0
Hjelpematerialer	kg	0
Andre ressurser	kg	0
Vannforbruk	M ³	0
Elektrisitetsforbruk	kWh	0
Andre energikilder	MJ	0
Materialtap	kg	0

Monterte produkter i bruk (B1):

.	Enhet	Verdi
Ingen påvirkning	0	0

Sluttfase (C1,C3,C4)

.	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	0
Blandet avfall	kg	0
Gjenbruk	kg	0
Resirkulering	kg	1000,000
Energigjenvinning	kg	0
Til deponi	kg	0

Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil	50 %	Truck 32 tonn	20	0,008033	l/tkm	0,16
Jernbane	-	-	-	-	-	-
Båt	-	-	-	-	-	-
Annet	-	-	-	-	-	-

Gevinst og belastninger etter endt levetid (D)

LCA: Resultater

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 materials	Transport	Manufacturing	Transport	Construction/ installation stage	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction/ demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Re-use/ Recovery/ Recycling potential		
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D		
X	X	X	X	X	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	MNR	X	X	MNR	MNR	MNR		

Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
GWP	kg CO ₂ -eqv	1,11E+002	3,16E+000	2,37E+000	8,26E-004	4,95E+000	3,89E+000	1,47E-003
ODP	kg CFC11 -eqv	1,20E-006	0,00E+000	5,60E-008	0,00E+000	5,20E-007	4,90E-007	0,00E+000
POCP	kg C ₂ H ₄ -eqv	2,30E-001	1,76E-003	3,96E-003	1,00E-006	3,25E-002	2,53E-002	1,00E-006
AP	kg SO ₂ -eqv	8,50E-002	1,97E-002	1,82E-003	5,00E-006	6,55E-003	5,44E-003	4,00E-006
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eqv	1,85E-002	1,91E-003	2,06E-004	1,00E-006	5,27E-003	4,98E-003	1,00E-006
ADPM	kg Sb -eqv	1,38E-004	0,00E+000	2,68E-007	0,00E+000	1,87E-006	1,66E-006	0,00E+000
ADPE	MJ	5,02E+002	4,22E+001	4,26E+000	1,09E-002	5,84E+001	5,26E+001	1,93E-002

GWP Globalt oppvarmingspotensial; **ODP** Potensial for nedbryting av stratosfærisk ozon; **POCP** Potensial for fotokjemisk oksidantdannning; **AP** Forsurningspotensial for kilder på land og vann; **EP** Overgjødslingspotensial; **ADPM** Abiotisk uttømmingspotensial for ikke-fossile ressurser; **ADPE** Abiotisk uttømmingspotensial for fossile ressurser

Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
RPEE	MJ	7,88E+001	5,99E-002	1,10E-004	1,40E-005	3,35E+000	1,02E-001	2,50E-005
RPEM	MJ	7,91E-001	2,26E-002	1,29E-001	5,00E-006	2,36E-001	5,07E-002	8,00E-006
TRPE	MJ	7,96E+001	8,25E-002	1,29E-001	1,90E-005	3,58E+000	1,53E-001	3,30E-005
NRPEE	MJ	5,84E+002	4,21E+001	4,94E+000	1,09E-002	5,87E+001	5,27E+001	1,92E-002
NRPEM	MJ	2,40E-002	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000
TNRPE	MJ	5,84E+002	4,21E+001	4,94E+000	1,09E-002	5,87E+001	5,27E+001	1,92E-002
SM	kg	3,21E+001	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	3,75E-001	0,00E+000	0,00E+000
RSF	MJ	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000
NRSF	MJ	2,30E+002	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	1,91E+000	0,00E+000	0,00E+000
W	m ³	2,06E+002	4,18E-001	7,02E-004	9,70E-005	6,10E+000	7,33E-001	1,72E-004

RPEE Fornybar primærenergi brukt som energibærer; **RPEM** Fornybar primærenergi brukt som råmateriale; **TRPE** Total bruk av fornybar primærenergi; **NRPEE** Ikke fornybar primærenergi brukt som energibærer; **NRPEM** Ikke fornybar primærenergi brukt som råmateriale; **TNRPE** Total bruk av ikke fornybar primærenergi; **SM** Bruk av sekundære materialer; **RSF** Bruk av fornybart sekundære brensel; **NRSF** Bruk av ikke fornybart sekundære brensel; **W** Netto bruk av ferskvann

Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
HW	kg	1,16E-003	0,00E+000	2,32E-005	0,00E+000	6,00E-005	2,02E-005	0,00E+000
NHW	kg	2,20E+001	1,05E-002	8,90E+001	2,00E-006	1,86E-001	3,85E-002	4,00E-006
RW	kg	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000

HW Avhendet farlig avfall; **NHW** Avhendet ikke-farlig avfall; **RW** Avhendet radioaktivt avfall

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

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
CR	kg	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000
MR	kg	1,51E+000	0,00E+000	8,75E+001	0,00E+000	5,09E-002	1,00E+003	0,00E+000
MER	kg	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000
EEE	MJ	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000
ETE	MJ	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000	0,00E+000

CR Komponenter for gjenbruk; **MR** Materialer for resikulering; **MER** Materialer for energigjenvinning; **EEE** Eksportert elektrisk energi; **ETE** Eksportert termisk energi

Norske tilleggskrav

Elektrisitet

Følgende datasett fra databasen ecoinvent v3 (juni 2012) for norsk produksjonsmiks inkludert import, på lavspenning er benyttet; Energy/Electricity country mix/Low voltage/Market: Electricity, low voltage {NO} market for | Alloc Def. U. Produksjon av overføringsnett, i tillegg til direkte utslipp og tap ved overføring, er inkludert. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet. Dette gir et klimagassutslipp på: 24 g CO₂-ekv/kWh

Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH kandidatliste (sjekket 01.10.2014) over stoffer av svært stor bekymring, stoffer på den norske Prioritetslisten (sjekket 01.10.2014) og stoffer som fører til at produktet blir klassifisert som farlig avfall. Det kjemiske innholdet i produktet er i samsvar med den norske produktforskriften.

Inneklima

Produktet har ingen påvirkning 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

	Programoperatør og utgiver Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner Pb. 5250 Majorstuen 0303 Oslo Norway	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
 Block Berge VI TAR ANSVAR	Eier av deklarasjon Block Berge Bygg AS Bedriftsveien 6 4353 KLEPP STASJON	Telefon: 51 78 99 00 Fax: e-post: post@blockberge.no web:
	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

Håldäck 265

NEPD nr: 202N

Kynningsrud Prefab AB

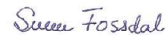


Figur 1

Godkjent i tråd med EN ISO 14025, 8.1.4

Godkjent: 23.10.2013 Verifikasjonsleder:

Gyldig til: 23.10.2018


Verifikasjon av verktøy med inputdata:

Uavhengig verifikasjon av data og annen miljøinformasjon er foretatt av seniorforsker Anne Rønning, Østfoldforskning AS etter ISO14025, 8.1.3.



Deklarasjonen er utarbeidet ved hjelp av EPD-kalkulator for betonglemeneter og belegningsstein, versjon 1.87 (verktøy og database basert på hovedsakelig spesifikke data, se tabell 2)

AV Lena Larsson

Lars Andersson

Informasjon om produsent:

Kynningsrud Prefab AB

Produksjonssted: Uddevalla

Kasenabbevägen 11A, 451 50 Uddevalla

Org. Nr: 5566264-5241

Lena Larsson, 0046522-636345, lena.larsson@kynningsrud.se

Om EPD:

EPDer fra andre programoperatører enn Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner er nødvendigvis ikke sammenlignbare.

PCR:

PCR for Precast Concrete Products, NPCR 20.2011.

Tabell 1: Miljøindikatorer

	Deklarert enhet, A1-A3 [per tonn]	Deklarert enhet A1-A3 [per m2]	
Energibruk	1 303	480	MJ
-hvorav fornybar energi	108	40	MJ
Utslipp av klimagasser	139	51	kg
Inneklima	Produktet vil ikke påvirke inneklimaet i bygget		
Kjemikalier	Produktet inneholder ingen farlige stoffer på EUs candidate list eller den norske prioritetslisten		

Omfang og marked

Deklarert enhet (DE): 1 tonn og 1 m2 element

Produktets levetid: 60 år

Analyseomfang: Vugge til port

Årstall for studien: 2012

Årstall for data: 2012

Antatt markedsområde: Norge/ Sverige

Produktspesifikasjon

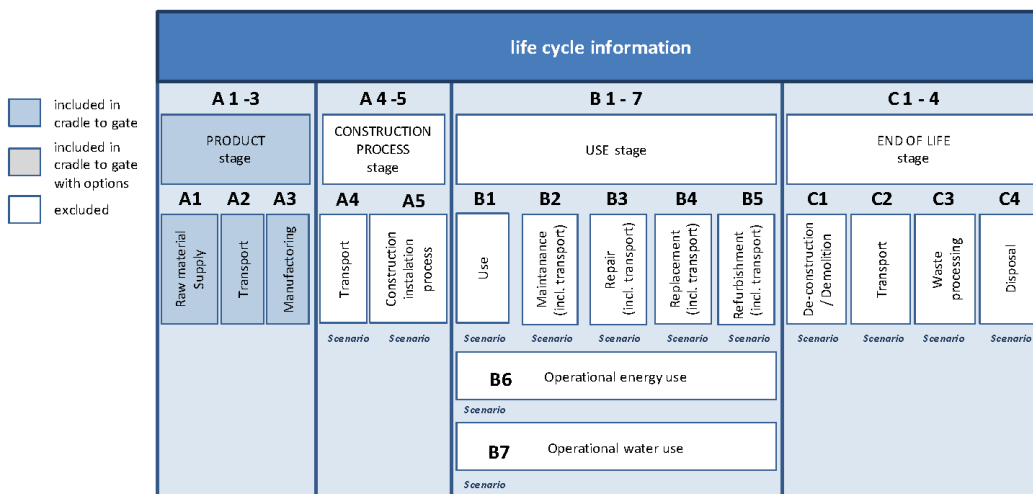
Tabell 2: Spesifikasjon av produktet

	Masse [kg/tonn]	Andel resirkulert materiale [%]	Masse [kg/m ²]	Datakvalitet	Kommentarer
Sement	143,33	4,2 %	52,77	EPD	
	-		-	-	
Tilslag	780,13	15 %	287,21	Litteraturdata	
	-		-	-	
Nettvann	29,49		10,86		
Slamvann	29,49	100 %	10,86		
	-		-	-	
Stål					
	16,71	100 %	6,15	Spesifikke databasedata	
Isolasjon					
	-		-	-	
Tilsetningsstoffer	0,86		0,32	Litteraturdata	Kjemikalier
Tilsetningsmaterialer					Silika, flyveaske, slag eller plastkuler
Fargestoffer					

Metodiske beslutninger

Systemgrenser:

Hvilke livsløpsfaser som inngår beskrives i figuren nedenfor (Fra NS-EN 15804:2012), og gjennom korresponderende bokstav- og tallbetegnelse er i deklarasjonen



Figur 2 Moduler i EPDen (Fra NS-EN 15804:2012)

Allokeringsregler:

- I de tilfeller det benyttes et avfallsprodukt fra annen produksjon, allokeres forhold knyttet til framstilling til den opprinnelige produksjonen.
- Alternativ energi anses som avfallsprodukter fra annen produksjon. Påvirkninger knyttet til framstilling er allokert til den opprinnelige produksjonen, mens påvirkninger ved forbrenning er allokert til virksomheten som drar nytte av energien.
- Alt utslipp og forbruk av ressurser knyttet til produksjonen av elektrisitet og framstilling av andre energibærere som er benyttet i produksjon ved råvarene i betongen er allokert til råvarene og derved betong i neste omgang.

Ressursforbruk

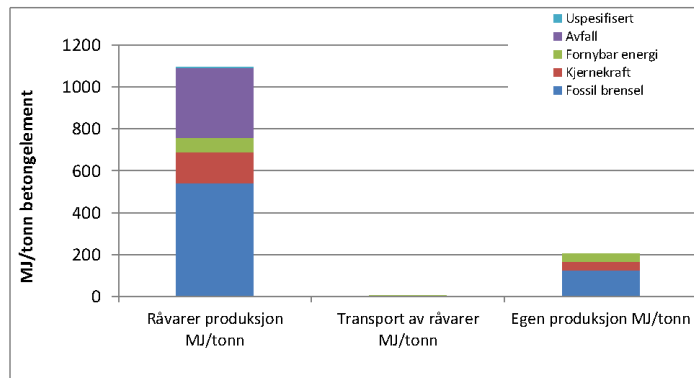
Tabell 3: Ressursforbruk i de ulike modulene

		Råvarer produksjon	Transport av råvarer	Egen produksjon	Deklarert enhet	Deklarert enhet	Kommentarer
		[kg/tonn]	[kg/tonn]	[kg/tonn]	[kg/tonn]	[kg/m2]	
		A1	A2	A3	A1-A3	A1-A3	
Resirkulerte, fornybare ressurser	Gjenbrukt vaskevann	-			-	-	
Nye, fornybare ressurser	Nettvann/ egen kilde	1 080,38		74,32	1 154,71	425,22	Eks turbinvann og kjølevann
	Gjenbrukt masse	404,73			404,73	149,04	
Resirkulerte, ikke fornybare ressurser	Silika	-			-	-	
	Flyveaske	-			-	-	
Nye, ikke fornybare ressurser	Kalsium/kalkstein	212,06			212,06	78,09	
	Mineraler, sand og stein	696,70			696,70	256,56	
	Kull	0,01			0,01	0,00	
	Jern	0,04			0,04	0,01	
	Olje	9,46			9,46	3,48	
	Fossilgass	0,02			0,02	0,01	
Sum							

Land areal og vannressurser

Landareal er ikke kartlagt. Oversikt over vannforbruk finnes i Tabell 3.

Energiressurser



Figur 3. Forbruk av energiressurser gjennom livsløpet

Tabell 4. Energiforbruk fordelt på energibærere og livsløpsfaser.

		Råvarer produksjon	Transport av råvarer	Egen produksjon	Deklarert enhet	Deklarert enhet	Kommentarer
		[MJ/tonn]	[MJ/tonn]	[MJ/tonn]	[MJ/tonn]	[MJ/m2]	
		A1	A2	A3	A1-A3	A1-A3	
Fossil brensel	Olje	117,2	4,2	99,4	220,8	81,30	
	Kull	312,0	0,1	13,1	325,1	119,71	
	Gass	112,3	0,3	13,3	125,9	46,35	
Kjernekraft		146,1	0,1	41,3	187,4	69,03	
Fornybar energi	Biomass	2,6	-	-	2,6	0,95	
	Vannkraft	65,3	0,0	35,3	100,6	37,06	
	Vind-/solenergi	3,6	0,0	1,6	5,2	1,93	
Avfall		333,3	-	-	333,3	122,75	
Uspesifisert		2,4	-	-	2,4	0,88	
Totalt		1 094,7	4,6	204,1	1 303,4	479,96	

Energibruket oppgis i MJ og ikke kWh som beskrevet i PCR. Dette for å harmonere med andre bygg-EPDer i Norge.
Forbruket er beregnet ut fra Nordisk Produksjonsmix, Medium voltage, 2008 for el (CO₂-faktor: 34,2 g/MJ eller 123 g/kWh) (unntatt hvis virksomhetene kjøper sertifisert fornybar elektrisitet).

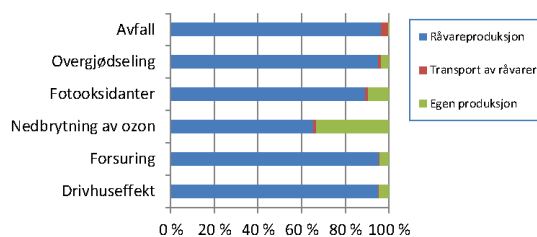
Utslipp og miljøpåvirkninger

Tabell 5: Miljøpåvirkninger

	Enhet	Deklart enhet	
		A1-A3 (kg/tonn)	A1-A3 (kg/m ²)
Avfall	kg	0,44	0,16
Overgjødning	kg PO ₄ ³⁻ -ekv	0,12	0,04
Fotooksidanter	kg C ₂ H ₂ -ekv	0,03	0,012
Nedbrytning av ozon	kg CFC-11-ekv	3,49E-06	1,28E-06
Forsuring	kg SO ₂ -ekv	0,57	0,21
Drivhuseffekt	kg CO ₂ -ekv	139,05	51

Abiotisk ressursforbruk er ikke beregnet for produktet pga usikkerhet ved beregningsmetode da verktøyet ble utviklet

Emisjoner til innemiljø er ikke relevant for dette produktet.



Figur 4 Prosentvis fordeling per livsløpsfase av miljøpåvirkning

Tabell 6: Avfall og største utslipp på vektbasis

	Råvarer [kg/tonn]	Transport av råvarer [kg/tonn]	Egen produksjon [kg/tonn]	Deklarert enhet [kg/tonn]	Deklarert enhet [kg/m ²]	Kommentarer
	A1	A2	A3	A1-A3	A1-A3	
Utslipp til luft						
CO ₂	126,807	0,306	6,133	133,245	49,07	
CH ₄	0,108	0,000	0,010	0,118	0,044	
N ₂ O	0,009	0,000	0,000	0,009	0,003	
NO _x	0,186	0,003	0,015	0,204	0,075	
SO _x	0,346	0,000	0,013	0,360	0,133	
VOC	0,009	0,000	0,003	0,013	0,005	
CO	0,023	0,001	0,005	0,030	0,011	
Utslipp til vann						
KOF	0,098	0,001	2,96E-02	0,129	0,047	
Avfall						
Spesialavfall	0,046	0,000	0,000	0,046	0,017	
Avfall til gjønnvinnig	3,011	-	8,533	11,544	4,251	
Avfall til forbrenning	-	-	0,353	0,353	0,130	
Avfall til deponi	12,900	0,000	0,386	13,286	4,893	
Annent avfall	0,019	-	1,06E-03	0,020	0,007	

* Ikke-fossil (biologisk) CO₂ er ikke inkludert.

Tilleggsinformasjon/Avfallsbehandling for sluttprodukt

Bibliografi

- ISO 14025:2006, Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer.
 ISO 21930 Sustainability in building construction - environmental declaration of building products.
 Vold, M. (2011): EPD-generator for betongprodukter - Bakgrunnsdokumentasjon, Østfoldforskning AS, OR 23.11 Fredrikstad.
 Vold, M. (2011): EPD-generator for betongprodukter - Brukerveiledning, Østfoldforskning AS, OR 24.11 Fredrikstad.
 PCR for Precast Concrete Products, NPCR 20/11
 NS EN 15804:2012 Sustainability of construction works – Environmental Product Declarations – core rules for the product category of construction products.

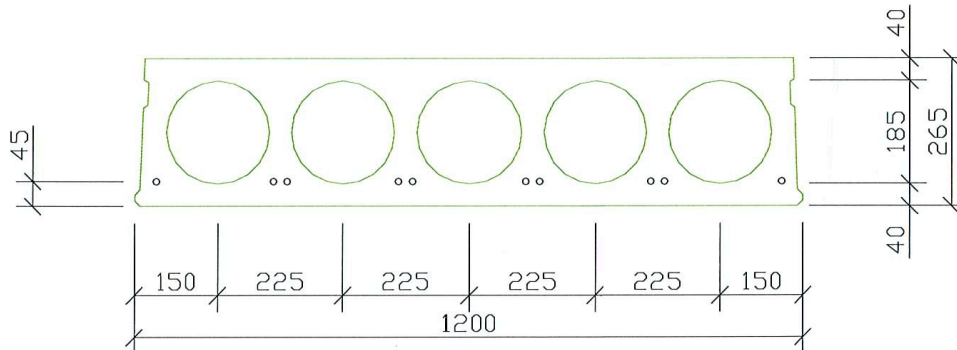
Vedlegg C - Kapasitetstabeller

Lett-tak

MAKSIMAL SPENNVIDDE MED TREREKKER 48 X 121MM OG 19 MM KONSTRUKSJONSKRYSSFINER

ELEMENTTYPE $S_{k,0}$ kN/m ²	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
21 / 0,9	12,85	11,50	9,90	8,50	7,45	6,65	6,00	5,45	5,00	4,60
21 / 2,0	14,75	14,10	13,55	13,10	12,65	12,25	11,65	11,15	10,65	10,25
29 / 0,9	14,50	11,70	9,80	8,45	7,40	6,60	5,95	5,40	4,95	4,60
29 / 2,0	16,80 ¹	16,40 ¹	15,80 ¹	15,25 ¹	14,70	13,85	13,20	12,60	12,05	11,60
31 / 0,9	14,45	11,70	9,80	8,40	7,40	6,60	5,95	5,40	4,95	4,60
31 / 2,0	16,80 ¹	16,80 ¹	16,30 ¹	15,75 ¹	15,15 ¹	14,30	13,60	13,00	12,45	11,95
36 / 0,9	14,35	11,60	9,70	8,35	7,35	6,55	5,90	5,40	4,95	4,55
36 / 1,5	16,80 ¹	16,80 ¹	16,45 ¹	15,25 ¹	14,30	13,55	12,85	12,30	11,75	11,30
36 / 2,0	16,80 ¹	16,80 ¹	16,80 ¹	16,80 ¹	16,15 ¹	15,30 ¹	14,55	13,90	13,30	12,80

Kapasitetsskjema for hulldekker HD 265

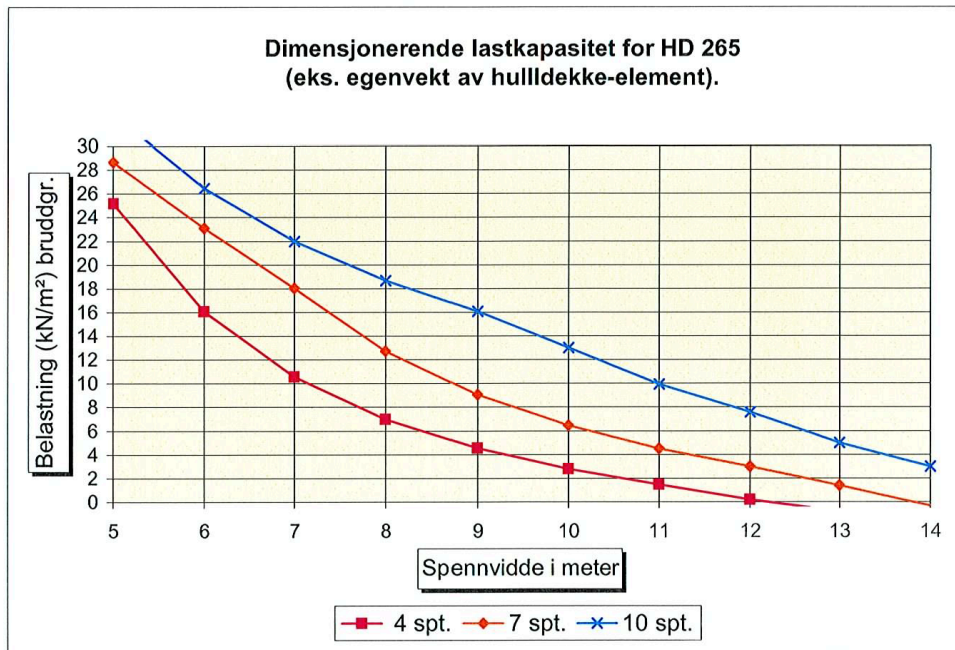


Egenvekt hulldekke (transportvekt): 3,70 kN/m²
 Egenvekt hulldekke (ferdig fuget): 3,90 kN/m²

Dimensjonerende kapasiteter pr. hulldekke (b=1200).

Spennetau i uk	Md (kNm)	Vd (kN)
4	112	94
5	139	97
6	167	100
7	193	103
8	217	106
9	243	109
10	265	112

Betongkvalitet: B45 M40
 Spennetau: 1/2"
 Brannklasse: REI 90
 Eksponeringsklasse: XC3



Ved bruk av tabell benyttes last i bruddgrensetilstand, lastfaktor iht. byggets pålitelighetsklasse (NS3490):
 $Q = \text{Nyttelast}(\text{kN/m}^2) * \text{lastfaktor nyttelast} + \text{påført egenlast}(\text{kN/m}^2) * \text{lastfaktor egenlast}$
 Eks: $Q = 5,0 * 1,5 + 1,25 * 1,2 = 9,00 \text{ kN/m}^2 \implies$ Maks. spennvidde ved 10 spennetau er 11,40m (tabell)

18.04.2007 nat

Vedlegg D – LCA-resultater uten transport

Lett-tak

Life-cycle assessment results

Sector	Description	Global warming kg CO ₂ e	Acidification kg SO ₂ e	Eutrophication kg PO ₄ e	Ozone Depletion kg CFC11e	Formation potential of tropospheric ozone kg Ethenee	Waste processing kg
A1 A3	Construction Materials	1,35E5	5,22E2	6,24E1	1,93E-3	5,33E1	3,5E4
A4	Transportation to site						
A5	Construction/Installation process	5,03E1					
B1 B5	Maintenance and material replacement	7,14E3	2,98E1	9,85E0	4,65E-4	1,73E0	6,71E1
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1 C4	Deconstruction	2,23E3	1,49E1	5,51E0	2,14E-4	5,03E-1	3,15E4
D	External impacts	-1,08E5	-1,95E2	-3,95E1	-1,89E-2	-1,4E1	-1,78E3
	Not considered in totals						
Total		1,44E5	5,66E2	7,77E1	2,61E-3	5,55E1	6,65E4

Hulldekke

Life-cycle assessment results

Sector	Description	Global warming kg CO2e	Acidification kg SO2e	Eutrophication kg PO4e	Ozone Depletion kg CFC11e	Formation potential of tropospheric ozone kg Ethenee	Waste processing kg
A1 A3	Construction Materials	1,29E5	5,04E2	9,16E1	3,5E-3	1,96E2	2,47E4
A4	Transportation to site						
A5	Construction/installation process	5,03E1					
B1 B5	Maintenance and material replacement	7,13E3	2,97E1	9,83E0	4,64E-4	1,73E0	6,7E1
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1 C4	Deconstruction	7,86E3	3,38E1	6,84E0	1,46E-3	1,1E0	1,46E4
D	External impacts	-2,04E4	-9,04E0	-2,82E0	-1,69E-4	-2,91E-1	
Total	Not considered in totals	1,45E5	5,68E2	1,09E2	5,43E-3	1,99E2	3,93E4

Vedlegg E – Utslipp fra materialer

Produkter	Påvirkningskategorier											
	Klimagassutslipp	% av tot	Forsuring	% av tot	Eutrofierting	% av tot	Ødeleggelse av ozonlag	% av tot	Dannelse av fotochemisk ozon	% av tot	Avfall	% av tot
Rockwood 530mm	35100	24%	242	43%	24,9	32%	0,000148	6%	18,8	34%	34800	52%
Stål til profiler	65100	45%	159	28%	16,4	21%	0,000275	11%	15,1	27%	2840	4%
Trevirke	1280	1%	16,3	3%	4,43	6%	0,000134	5%	0,932	2%	324	0%
Finerplate	6010	4%	39,9	7%	5,61	7%	0,000081	31%	9,93	18%	19500	29%
Himlingsplater	20200	14%	48,9	9%	5,07	7%	0,0000848	3%	4,65	8%	876	1%
Totalt for hele (inkl. Dampspærre og tekking)	144000		566		77,7		0,00261		55,5		66500	
Huldekke												
Huldekke	102000	70%	423	74%	80,6	74%	0,00379	70%	23,3	12%	9130	23%
Rockwood 30mm	1990	1%	13,7	2%	1,41	1%	0,00000838	0%	1,07	1%	1970	5%
EPS 270mm	25600	18%	71,2	13%	6,45	6%	0,000691	13%	171	86%	25200	64%
Totalt for hele (inkl. Dampspærre og tekking)	145000		568		109		0,00543		199		39300	