

Thale Sofie Wester Plesser • Torhildur Kristjansdottir
Lars Tellnes • Per Otto Flæte • Lone Ross Gobækken
Gry Alfredsen

SINTEF
FAG

5

Miljøanalyse av trefasader



SINTEF Fag

Thale Sofie Wester Plesser, Torhildur Kristjansdottir, Lars Tellnes, Per Otto Flæte,
Lone Ross Gobakken og Gry Alfredsen

Miljøanalyse av trefasader



SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 5

Thale Sofie Wester Plesser, Torhildur Kristjansdottir, Lars Tellnes, Per Otto Flæte,
Lone Ross Gobakken og Gry Alfreðsen

Miljøanalyse av trefasader

Emneord:

Trefasader, levetid, miljøanalyse

ISSN 1894-1583

ISBN 978-82-536-1339-0 (pdf)

Omslagsillustrasjon:

Torhildur Kristjansdottir, SINTEF Byggforsk

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2013

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

www.sintefbok.no

Innhold

Innledning.....	5
1 Utvendig trekledning.....	7
1.1 Krav til kledningsbord.....	7
1.2 Tretyper til kledning.....	7
1.2.1 Treslag.....	7
1.2.2 Trykkimpregnert trevirke.....	7
1.2.3 Modifisert trevirke.....	8
1.3 Overflatebehandling av trekledning.....	9
2 Levetid på trekledninger.....	10
2.1 Om levetid.....	10
2.2 Trevirkets holdbarhet.....	11
2.3 Konstruktiv trebeskyttelse.....	12
2.4 Kritiske detaljer i trekonstruksjoner avgjør levetiden.....	13
2.5 Ubehandlet tre – påvirkning av sollys og fuktighet.....	14
2.6 Svertesopp reduserer levetiden til malte trefasader.....	15
2.7 Algevekst på malte trefasader.....	15
2.8 Malte vegger bør vaskes.....	15
3 Livsløpsanalyse av trekledninger.....	16
3.1 Mål for analysen.....	16
3.2 Funksjonell enhet.....	16
3.3 Livsløpsfaser inkludert.....	17
3.4 Datagrunnlag.....	18
3.5 Levetider og vedlikehold.....	19
3.5.1 Utskifting av treet.....	19
3.5.2 Vedlikehold av overflatebehandling.....	21
3.6 Forutsetninger transport.....	21
3.7 Avhending av trevirke - avfallsbehandling.....	22
3.8 Alternative kledningsmaterialer.....	22
4 Resultater.....	24
4.1 Miljøbelastning – Potensiale for global oppvarming.....	25
4.2 Miljøbelastning - human og økologisk toksisitet.....	27
4.3 Dårlige eller utsatte konstruktive løsninger – ekstremscenario.....	29

4.4	Alternative fasadematerialer.....	30
5	Konklusjon.....	31
6	Forslag til videre arbeid.....	32
7	Referanser	33

Innledning

Å benytte tre som fasademateriale blir ofte sett på som et miljøvennlig alternativ til andre, ofte ikke fornybare, materialer. Trekledninger kommer i mange utgaver: ubehandlet tre og tre med overflatebehandling, impregnert tre, kjemisk tre og termisk modifisert tre, kortreist tre og langreist tre. Spørsmålene vi stilte er:

- Hvordan ser alternativene ut når de sammenliknes i livsløpsperspektiv?
- Og i hvilken grad innvirker overflatebehandlingen på miljøegenskapene til kledningen?

Denne studien forsøker å gi svar på disse spørsmålene ved å gjøre livsløpsanalyser (LCA) basert på tilgjengelig miljøinformasjon og scenarioer for levetid og vedlikehold gjennom bruksfasen.

Kledningsalternativer som tas med i analysen er:

- ✓ Bartre, ingen overflatebehandling, beiset, dekkbeiset og malt
- ✓ Kobberimpregnert bartre, ingen overflatebehandling, beiset, dekkbeiset og malt
- ✓ Royal impregnert (upigmentert)
- ✓ Sibirsk lerk ubehandlet
- ✓ Kebony behandlet
- ✓ Termisk modifisert tre

Datagrunnlaget som analysen baserer seg på er sentralt for verdien av studiet og konklusjonene som kommer ut av studiet. Miljødataene for de enkelte produktene som inngår i analysen er beskrevet detaljert i vedlegg 1 til 8. For å gjøre analysen gjennomførbar er det satt en rekke avgrensninger og forutsetninger som beskrives i kapittel 4. Gjennom prosjektet MIKADO (Wærp et al 2009) mener vi å ha gode data for miljøpåvirkningen forbundet med norsk skogdrift, og fremstilling av trelast i Norge, men tilsvarende data for utenlandsk skogdrift er hentet fra generisk databaser.

Det er mange utfordringer når en forsøker å sammenligne miljøegenskapene for forskjellige alternative trefasader. For eksempel: Hvor skal fasaden brukes – nord-sør-øst-vest-fasade? Hva slags konstruksjon er det? Hva slags konstruksjon ligger bak? Hvordan er klimapåkjenningen på den fasaden? Hvordan er fasaden vedlikeholdt? Hvordan er fasaden festet? En spesifikk utfordring ved sammenligning av ulike trematerialer i en fasade, er at hvert enkelt substrat har ett unikt sett av virkesegenskaper (det vil si egenskaper som tetthet, mengde kjerneved eller mekaniske egenskaper). En riktig utnyttelse av disse virkesegenskapene er nødvendig for at materialet skal fungere optimalt i en trefasade. Rett materialuttak, riktig installasjon og vedlikeholdsrutiner i brukstiden vil være med å avgjøre behovet for utskiftning. Disse faktorene har en stor innvirkning på livsløpseffekten og vil derfor være avgjørende for hvilke klima- og miljøeffekter hvert av tresubstratene/materialene vil resultere i.

Levetid er et sentralt tema når en snakker om livsløpsanalyse av trefasader. Denne analysen forsøker å ta i bruk den beste kunnskapen vi har på levetid på trefasader i Norge og ut i fra den kunnskapen lage mest mulig realistiske scenarioer inn i miljøanalysen. Sentrale tema rundt levetid på trefasader er behandlet i kapittel 3. Gode data for miljøpåvirkningen til overflatebehandlinger er et annet sentralt tema. Bakgrunnen for denne studien er blant annet en rapport skrevet i KlimaTreprosjektet som tar for seg sammensetning og helse- og miljøegenskaper for maling og beis til bruk på trefasader (Plessner 2011). I forbindelse med dette arbeidet ble det gjort en innsats for å hente frem tilgjengelige miljødata knyttet til overflatebehandlinger. Det er disse dataene som er brukt i forbindelse i denne analysen, men

det hadde vært ønskelig med nyere og mer utfyllende data, spesielt fordi resultatene av analysen viser at overflatebehandlingen har en betydelig innvirkning på miljøegenskapene til trefasadene.

Det er blitt lagt stor vekt på å finne frem til gode data, samtidig må vi erkjenne at noen av dataene kunne vært av nyere dato og at andre data kunne vært mer komplette. Dette er en utfordring som blir diskutert i rapporten og som vi håper vil bli tatt inn i nye forskningsprosjekter. Samtidig mener vi at dataene som er brukt er gode nok til at studiet gir resultater som gir et godt bilde på hvordan de ulike kledningsalternativene måler seg med hverandre med hensyn på miljøegenskaper.

Studien er et samarbeid mellom SINTEF Byggforsk, Treteknisk institutt og Norsk institutt for skog og landskap. Studien er finansiert av forskningsprosjektet KlimaTre.

1 Utvendig trekledning

En utvendig kledning skal, i tillegg til å gi en bygning et estetisk preg, også verne innenforliggende byggematerialer mot å komme ut av stilling, mekaniske påkjenninger og biotisk/abiotisk påvirkning (mikroorganismer/klima). For å oppfylle disse funksjonene, er det avgjørende at kledningens holdbarhet er både god og lang. Fra gammelt av var kledningen også den viktigste vindspærren i trehus, men den oppgaven er det ulike plate- eller papptyper som har i dag. Prinsippet med adskilt vind- og regnsperre kalles for to-trinns-tetting, og krever et luftlag mellom lagene, noe som skapes med utlekting av kledningen. Kledningen har også en viktig estetisk oppgave, og er den bygningsdetaljen som påvirker husets utseende i størst grad.

1.1 Krav til kledningsbord

Trevirke er et materiale hvor egenskapene kan variere betydelig. For å sikre at kvaliteten på trelast er egnet til formålet, er det som regel nødvendig å spesifisere krav til ulike variabler som påvirker produktkvaliteten. For trekledning av bartrevirke finnes det en teknisk spesifikasjon (SN/TS 3186) som kan brukes til dette formålet. I SN/TS 3186 er kravene til utvendig kledningsbord spesifisert. Her er klasse 1 og klasse 2 beskrevet, der klasse 1 er ment som huskledning, mens klasse 2 egner seg der kravene til teknisk kvalitet og utseende er lavere, som i undertak, boder og garasjer. Utvendig kledning skal leveres med fuktighet på 17 % iht. SN/TS 3186. Toleransen for fuktighet er $\pm 2\%$, og maksimum 10 % av bordene i en leveranse kan være utenfor disse kravene. Fuktigheten skal måles med elektrisk motstandsmåler etter NS-EN 13183-2, eller hvis nødvendig ved tørke-/veiemetoden etter NS-EN 13183-1. Kledningsbord leveres med saget/uhøvlet ytterside. Det er mulig å fingerskjøte kledningsbord med lim som er godkjent for utvendig bruk. Kledningsbord kan leveres i en rekke forskjellige profiler, og 18 forskjellige er beskrevet i SN/TS 3186.

1.2 Tretyper til kledning

1.2.1 Treslag

Fra gammelt av var furu rik på kjerneved regnet som det beste kledningsmaterialet i de fleste områder i Norge. Problemet med furu er yteveden som lett tar opp fuktighet, samt harpiksutslag fra kvister som kan gi blæring/misfarging i overflatebehandlingen. Etter siste verdenskrig har gran overtatt som det mest brukte treslaget til kledninger i Norge. Gran har gode fuktavvisende evner både i kjerne- og yteved. Ekstremt hurtigvokst gran kan imidlertid få høyt fuktopptak, og det er lagt inn en begrensning på maksimal årringbredde på 5 mm i SN/TS 3186. I noen treslag, bl.a. kjerneved av furu, lerk, eik og western red cedar, finnes det kjemiske stoffer (ekstraktivstoffer) som gir en viss beskyttelse mot råte og soppangrep.

1.2.2 Trykkimpregnert trevirke

Trykkimpregnering av tre er en industriell prosess hvor impregneringsmidlene blir presset inn i trevirket under trykk. Det er 3 hovedtyper av trykkimpregneringsmidler, 1) vannløste midler slik som salter, 2) kreosotimpregnering og 3) oljeløste midler (Skogstad, 2009). Trykkimpregnert utvendig kledning er mye brukt i områder med stor fuktpåkjenning, slik som på Vestlandet, og er et tryggere alternativ der forholdene for råteangrep er gunstige. Det er hovedsakelig furu som leveres trykkimpregnert, men enkelte produsenter leverer også trykkimpregnert kledning av gran. I Norge har vi fra 2002 hovedsakelig benyttet kopperbaserte impregneringsmidler, men det finnes også metallfrie alternativer.

Man har i Norden etablert fire impregneringsklasser for trykkimpregnert trevirke. Klassene bygger på kravene til impregneringsstandarden NS-EN 351, som er felles for hele Europa. De nordiske impregneringsklassene betegnes med bokstavene M (marin), A (i kontakt med jord eller vann), AB (over bakken, for eksempel kledning og terrasser) og B (over bakken, for eksempel vinduer, dører). Det klasseinndelte, impregnerte virket har forskjellige anvendelser og er definert i NTR dokument nr. 1:2011. For å kunne produsere i henhold til de nordiske impregneringsklassene, må produsenten være tilsluttet Norsk Impregneringskontroll (NIK). Trykkimpregnert trevirke er beskyttet mot råte- og insektangrep og har betydelig lengre levetid enn uimpregnert trevirke. Dette forutsetter at trykkimpregneringen er foretatt forskriftsmessig, etter godkjente metoder og med godkjente impregneringsmidler. Gjennom Nordisk Trebeskyttelsesråd (NTR) samordnes kontrollens bestemmelser i de nordiske land i NTR-dokument nr. 3:2011 "Nordiske regler for kvalitetskontroll av impregnert tre". Norsk Impregneringskontroll (NIK) er en frivillig kontrollordning som arbeider for å sikre høy kvalitet på trykkimpregnert tre i Norge. NIK har ca. 35 medlemsbedrifter. Disse produserer over 90 % av det impregnerte trevirket i Norge.

Bedriftens produksjon av trykkimpregnert tre blir kontrollert to ganger årlig. Ved kontrollene sikres det at produksjonen er tilfredsstillende og i overensstemmelse med de tekniske krav som stilles i NTR-dokument nr. 3:2011. Kontrollen omfatter bruk av godkjent impregneringsmiddel, og at minstekravet til opptak for middelet og inntrengning i klassen er oppfylt. Krav til opptak av impregneringsmiddel er avhengig av hvilket impregneringsmiddel som benyttes og produktets tiltenkte bruksområde. Impregnerte produkter deles inn i klasser avhengig av produktets anbefalte bruksområde. Bedrifter som er tilknyttet NIK er forpliktet til å stykkmerke alle produkter.

1.2.3 Modifisert trevirke

En generell definisjon er at tremodifisering innebærer en kjemisk, biologisk eller fysisk behandling av trevirke som bidrar til forbedring av trevirkets egenskaper. Dette kan for eksempel være egenskaper som biologisk holdbarhet, dimensjonsstabilitet, hardhet og/eller UV-stabilitet.

Dessuten skal det modifiserte trevirket ikke være giftig eller skille ut giftige stoffer ved bruk. Modifisert trevirke skal kunne behandles som ubehandlet trevirke og ikke frigi giftige stoffer etter endt levetid (som avfall eller ved resirkulering). Felles for alle modifiseringsprosesser er at material-egenskapene er svært prosessavhengige, og det kan være vanskelig å vurdere kvaliteten på produktene dersom produsenten ikke har et kvalitetskontrollsystem.

1.2.3.1 Termisk modifisering

Det finnes flere ulike prosesser for varmebehandling av trevirke. Prosessene går ut på at trevirket varmes opp til en temperatur på 180–250 °C ved redusert tilgang på oksygen. Den biologiske holdbarheten og dimensjonsstabiliteten til trevirket øker med økende temperatur, mens det motsatte skjer med styrkeegenskapene. Produktene leveres derfor i ulike klasser, avhengig av bruksområdet. I modifiseringsprosessen vil hele tverrsnittet i trevirket modifiseres.

Ulike produsenter fremstiller varmebehandlet trevirke av forskjellige treslag, som for eksempel gran, furuarter, ask, eik, bok og poppel. Det finnes en rekke produsenter av varmebehandlet trevirke i Europa.

1.2.3.2 Kjemisk modifisering

Ved kjemisk modifisering impregneres trevirket med modifiseringskjemikalier som så reagerer kjemisk inne i trevirket. I motsetning til varmebehandling er det bare den delen av virket som er impregnerbar som blir modifisert. I tilfeller hvor trevirket består av impregnerbar yteved og kjerneved som ikke lar seg impregnere, vil det derfor være yteveden som blir modifisert mens kjernevedens egenskaper blir lite påvirket.

Furfurylering av trevirke skjer ved at trevirke impregneres med furfurylalkohol, som gjennom en herdeprosess polymeriserer inne i trevirket. Dette bidrar til økt biologisk holdbarhet, hardhet og dimensjonsstabilitet. Ulike produkter av furfurylert trevirke er basert på ulike treslag (furuarter og lauvtreslag). Furfurylert trevirke produseres av Kebony ASA, og er per i dag den eneste tremodifiseringsprosessen som er i kommersiell produksjon i Norge. Kebony ASA har Teknisk Godkjenning fra SINTEF Byggforsk (TG 2493) for produktene Kebony furu for bruksområdene kledning, tak- og terrassebord.

Acetylering bidrar til en kjemisk modifisering av celleveggene i trevirket, som gir økt biologisk holdbarhet, hardhet og dimensjonsstabilitet. Modifiseringsprosessen er basert på bruk av eddiksyreanhydrid, og det dannes eddiksyre som biprodukt. Kommersiell produksjon av acetylert trevirke foregår ved et anlegg i Nederland under handelsnavnet Accoya og i USA med navnet Perennial Wood, og begge baserer seg hovedsakelig på virke av radiatafuru.

1.3 Overflatebehandling av trekledning

Treverk til utvendig kledning er ofte overflatebehandlet med et eller flere produkter. En god overflatebehandling skal i prinsippet oppfylle følgende funksjoner:

- Beskytte kledningsbordene mot råtesoppskader, svertesoppskader og nedbrytning fra UV lys
- Gi et pent utseende (glans og fargestabilitet)
- Gi lange vedlikeholdsintervaller
- Utjevne fuktvariasjonene i kledningsbordene

Både løsemiddeltynnede og vanntynnede overflatebehandlingssystemer blir benyttet. De ulike typene av overflatebehandling systematiserer man gjerne slik:

- Oljetynnbar overflatebehandling
 - oljemaling/dekkbeis/beis
 - linoljemaling
 - tretjære
- Vanntynnbar overflatebehandling
 - akryl dekkbeis/maling
 - hybridmaling (akryl/alkyd)
 - slammaling (f.eks. Falurød)

Når man velger å oppføre bygg med trefasader er det viktig å velge et stabilt treunderlag, og deretter bevisst tenke systembehandling når overflatebehandlingen iverksettes. Systembehandling vil si at man

bygger opp en film med grunning, mellomstrøk og toppstrøk. Grunningen inneholder fungicider og skal beskytte mot råtesopp. Mellomstrøket er sjiktet som skal beskytte, stabilisere og gi et godt grunnlag for neste sjikt. Toppstrøket er et rent slitesjikt eller offersjikt. Mellomstrøk og toppstrøk inneholder også fungicider som skal beskytte mot svertesopp. Ved en overflatebehandling vil trevirket kunne beskyttes mot vanninntrenging. Trevirket blir da mer dimensjonsstabilt og mindre utsatt for soppangrep. Overflatebehandlingen skal være vannavstøtende og tett nok til å beskytte mot vanninntrenging utenfra. Samtidig skal den være så dampåpen at vann, som først har trengt inn, kan tørke raskt ut igjen. Foruten overflatebehandling, er konstruktiv beskyttelse i form av effektiv vannavrenning og lufting nødvendig for å beskytte trevirket. Overflatebehandlingen skal også gi treet et slitesjikt (offersjikt). Det må fornyes med visse mellomrom, slik at man slipper værslitasje (erosjon) på selve trevirket.

For 10–20 år siden var råtesoppeskader i kledningsbord i trefasader et alvorlig og relativt omfattende problem. De vanntynnbare akrylmalingene av mindre god kvalitet var i hovedsak årsaken til dette. Per i dag er råtesoppeskader et minimalt problem i trefasader siden man bl.a. har fått gode grunningsprodukter med effektive fungicider (soppdreper). Svertesoppvekst på overflaten av utvendig kledning er nå et langt mer alvorlig problem og har ofte stor utbredelse. Jevnlig rengjøring er foreløpig det mest effektive tiltaket for å holde svertesoppveksten på malte flater på et minimum. Spesielt er rengjøring viktig før man går i gang med en overmaling av en allerede malt flate.

2 Levetid på trekledninger

2.1 Om levetid

Levetiden for et bygg eller bygningsdel er definert som «tiden som bygget eller dets deler oppfyller krav til (ønsket) funksjon». Funksjonaliteten beskrives av valgte karakteristiske egenskaper med ytelse som mål. Ytelsens variasjon med tiden og kravet til ytelsesnivå, bestemmer levetiden. Det skilles ofte mellom teknisk, økonomisk og funksjonell levetid, men skillet mellom de tre kan være uklart. De senere årene er estetisk levetid benyttet som begrep, særlig med tanke på en trekledningens visuelle uttrykk over tid. I mange tilfeller foretas det vedlikehold på grunn av estetiske endringer, selv om de tekniske kvalitetene til materialet fortsatt er intakte.

Ett bygg består av ulike komponenter, og hver av komponentene har ulik levetid. Dette gir føringer ved oppføring av et bygg, og det må planlegges og bygges slik at utskifting og vedlikehold kan utføres på komponenter med kortere levetid uten at komponenter med lengre levetid hindrer dette.

Levetidsdata genereres på flere ulike måter, men er i høy grad basert på erfaring. Det er et stort behov for systematisk innsamling av levetidsdata av god/høy kvalitet. Vanligvis blir levetidsdata innhentet på tre måter:

- Feltundersøkelser/inspeksjoner av eksisterende bygg og konstruksjoner
- Feltester/langtidstester; felteksponering i definert klima/lokalitet med samtidige måling av eksponeringsbetingelser og prestasjon
- Laboratorietester/korttidstester; utprøving i vesentlig kortere tid enn forventet levetid, og ofte under betingelser som akselererer effekten av påvirkningsfaktorene.

2.2 Trevirkets holdbarhet

Når trevirke eksponeres i utendørs klima utsettes det for en kompleks kombinasjon av lysstråler, kjemiske og mekaniske faktorer som bidrar til nedbrytning i tillegg til mikroorganismer. De klimatiske betingelsene på stedet, arkitektoniske og bygningstekniske løsninger, behandling av virket (overflatebehandling, impregnering og andre metoder for trebeskyttelse) og trevirkets iboende egenskaper, er faktorer som påvirker varigheten til utvendig kledning.

Vanligvis legges det stor vekt på trevirkets iboende råteresistens når holdbarheten til trevirke vurderes. Råtenedbrytning av trevirke forårsakes av ulike sopper og bakterier. Disse krever at virket er fuktig for å kunne utvikle seg. Dette innebærer at trevirke som holdes tørt (under 20 % trefuktighet), eller bare i korte perioder utsettes for høy fuktighet, ikke vil angripes av råte.

Kjernevedens biologiske holdbarhet er for de fleste treslag høyere enn ytevedens. Dette skyldes hovedsakelig innholdet av ekstraktivstoffer. Enkelte av disse har en toksisk effekt mot nedbryterorganismer, samt at de hemmer vannopptaket i veden. Til dette bidrar også lukkingen av porene under treets dannelse av kjerneved. Redusert vannopptak gir også et mer stabilt virke som ikke har så lett for å sprekke, noe som også bidrar positivt til holdbarhetsegenskapene, idet sprekker kan føre til at vann samler seg i sprekken i tillegg til at arealet som eksponeres mot nedbryterorganismer øker.

Det er utarbeidet en standard for testing av trevirkets naturlige holdbarhet: "Tre og trebaserte produkters holdbarhet. Holdbarhet av heltre", NS-EN 350-1.

Holdbarhet til tre mot råteangrep klassifiseres i fem klasser:

1. Meget holdbar
2. Holdbar
3. Middels holdbar
4. Lite holdbar
5. Ikke holdbar

Holdbarheten mot råteangrep for bartrevirke er et uttrykk for trevirkets relative holdbarhet i forhold til yteved av furu (*Pinus sylvestris* L.). Et hvert treslags yteved regnes for å tilhøre holdbarhetsklasse 5 (ikke holdbar) så sant andre resultater ikke er påvist.

Data for de vanligste treslagene i Europa finnes i NS-EN 350-2. Disse bygger på informasjon som er hentet fra ulike kilder, innbefattet historiske registre, praktisk erfaring, laboratorieprøvinger og andre data. Klassifiseringen gir en indikasjon på yteevnen til trevirke i jordkontakt.

Holdbarhetsklasser for noen aktuell treslag i følge NS-EN 350-2:

- Gran (*Picea abies* (L.) Karst.): 4
- Kjerneved av furu (*Pinus sylvestris* L.): 3-4
- Kjerneved av lerkeartene europeisk lerk (*Larix decidua* Mill.), japansk lerk (*L. leptolepis* (Sieb. & Zucc.) Gord.), hybridlerk (*L. x eurolepis* A. Henr.) og vestamerikansk lerk (*L. occidentalis* Nutt.): 3-4 Undersøkelser, både i laboratorium og ved testing i felt, viser at lercearter som vokser i Russland, slik som sibirsk lerk (*Larix sibirica* Ledeb.), også har en holdbarhet mot soppangrep tilsvarende holdbarhetsklasse 3-4.
- Kjerneved av eik (*Quercus robur* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl.): 2

- Western red cedar (*Thuja plicata* D. Don): 2 (vokst i Nord-Amerika)
- Western red cedar (*Thuja plicata* D. Don): 3 (vokst i Storbritannia)

NS-EN 350-2 angir holdbarhet mot råteangrep for ubehandlet tre, og ikke for impregnert eller modifisert trevirke. Ved å benytte samme klassifiseringssystem på disse materialtypene, får man følgende holdbarhetsklasser:

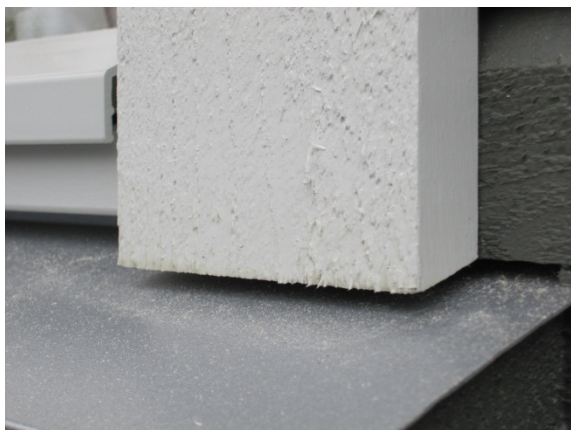
- Impregnert tre (i henhold til NTR): 1
- Varmebehandlet trevirke: 1-5 (avhengig av treslag og prosess)
- Acetylert radiatafuru: 1-2
- Furfurylert furu: 1-2

2.3 Konstruktiv trebeskyttelse

Til utvendig kledning er trevirke meget holdbart når det monteres riktig og med bruk av riktig trekvalitet. For å oppnå dette er det viktig å vite hvilke prosesser som bryter ned treet, og hvordan disse kan hindres eller reduseres. I denne sammenheng er konstruktiv trebeskyttelse avgjørende siden det ofte er detaljutforminger som avgjør levetiden. Med konstruktiv trebeskyttelse menes de tiltak som gjøres for å sikre god beskyttelse av trevirket og bidra til at trekonstruksjonen får lengst mulig levetid. De viktigste prinsippene for konstruktiv trebeskyttelse er å holde trevirket tørt. Fuktigheten i trevirke har avgjørende betydning for risikoen for råteangrep. Sammenstilling av ulike vitenskapelige undersøkelser viser at en trefuktighet som ligger under 25 % (prosent av trevirkets tørrvekt) gir minimal risiko for råte. Det må derfor tilstrebes å begrense påkjenning fra fuktighet (regn/slagregn, snødrev og smelte- og kondensvann). Dette gjøres ved å utforme konstruksjonen slik at nedbør i begrenset grad får direkte kontakt med trematerialene. Under bruk er det viktig å utforme konstruksjonen slik at den raskt kan tørke ut etter oppfukting. I tillegg til å anvende kledning med maksimal fuktighet gitt i SN/TS 3186, må også kledningsbordene lagres tørt under byggeprosessen. Siden vann kan trenge inn på baksiden av en trekledning er det viktig at kledningen er lektet ut slik at det blir en luftspalte bak kledningen. I en slik luftet kledning fungerer kledningen som en regnskjerm med et luftrom og vindspærre mot bakveggen. Prinsippet med å skille regn- og vindtettingen på denne måten kalles en to trinns tetting og bør brukes for utforming av alle fasader. Luftrommet bak kledningen har til oppgave å drenere bort vann som har trengt gjennom kledningen, slippe ut fukt som finnes i den indre delen av veggen, gi mulighet til å tørke ut fukt fra baksiden av kledningen, samt gi bakveggen et stabilt klima. Det må være mulighet for luftutveksling mellom uteluften og luftrommet bak kledningen. På slagregnrike steder bør veggen utformes slik at vann kan ledes ut for hver etasje. Slik oppdeling av veggen gjør også at en unngår skjøter i kledningen.

Skjøting av kledningsbord bør så langt som mulig unngås, men hvis man først må skjøte bør kappendene alltid skråskjæres og grunnes før montering, da endeveden ellers raskt suger opp vann. På stående kledning skal nedre ende skråskjæres slik at vann lettere drypper av uten å trenge opp i endeveden. Kledningsbordenes endeved bør behandles. Dette kan gjøres med et trebeskyttelsesmiddel i tillegg til overflatebehandling. Kledningsbordenes nedre kant skal være minst 30 cm fra terreng for å hindre at vannsprut skal fukte opp endeveden. Denne avstanden kan reduseres noe dersom det ikke er fare for vannsprut. Kledningen avsluttes mot et beslag eller vannbrett rundt vinduer. Det er her viktig at beslagene legges slik at det ikke fører vann inn i konstruksjonen. I tillegg skal det være en avstand på minst 10 mm slik at vanndråper ikke blir hengende og fukte opp trevirket (fig. 2.4.1). Flaten bør også kunne vedlikeholdes. Knusing av fibre i trevirkets overflate bør unngås siden fibre som

blottlegges i den knuste flaten lettere vil suge vann. Det er derfor viktig at ved bruk av spikerpistol at spikerhodene ikke trenger langt inn i kledningen. Holdbarheten til spiker, skruer og beslag som benyttes skal være like god som trematerialet, dvs. minst galvaniserte. Skruer har den fordelen at man lettere kan skifte ut kledningsbord under vedlikehold. Det bør også vurderes å montere beslag av andre materialer enn tre på utsatte detaljer for å hindre fuktopptak og sikre lengre levetid, slik som montering av vannbrett under og over vinduer og vannbord (fig. 2.4.2).



Figur 2.4.1. Avstanden mellom endeved og vannbrett må være stor nok til at vann ikke fukter opp endeveden på kledningsbordet.
(Foto: Lone Ross Gobakken)

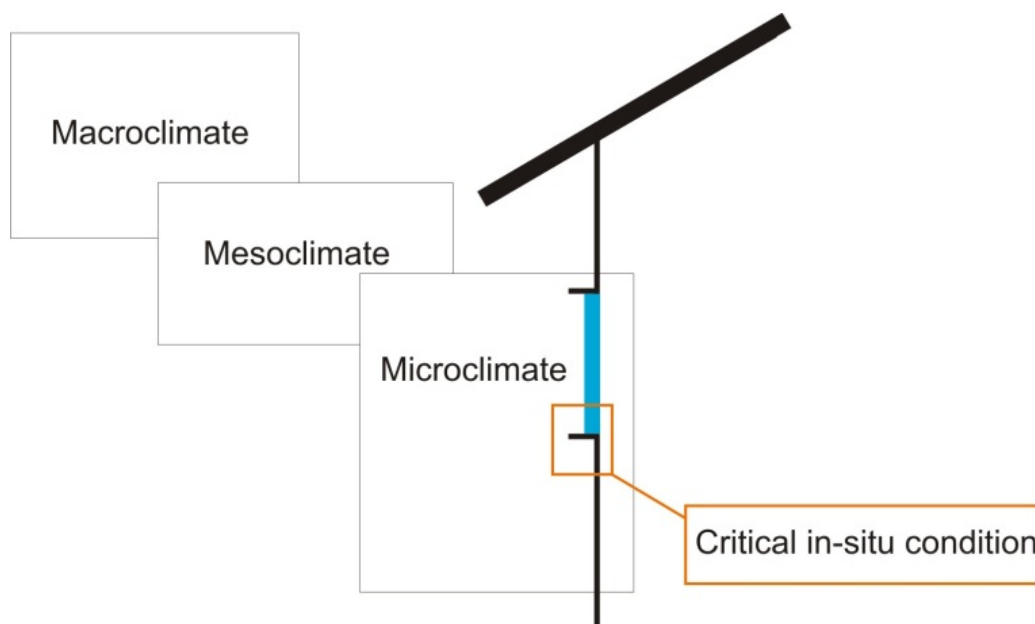


Figur 2.4.2. Vannbord har kort levetid hvis det ikke er montert beslag.
(Foto: Mycoteam as)

I tillegg til levetid som rent konstruktivt materiale, kommer estetisk levetid. Ofte blir det gjort tiltak på grunn av estetiske hensyn, for eksempel vedlikehold med overflatebehandling.

2.4 Kritiske detaljer i trekonstruksjoner avgjør levetiden

Modeller og indekser som beskriver risiko for biologisk nedbrytning på en bred geografisk skala (f.eks. Scheffer 1971) har en relativ lav forklaringsgrad med faktisk påvist angrep av råtesopp og svertesopp i konstruksjoner (Grinda og Carey 2004, Noren 2001). Makro-, meso- og mikroklima har nesten ingen direkte innflytelse på selve levetiden (Brischke et al. 2006). Brischke et al. (2006) foreslår at «materiale klimaet», bestemt av temperatur i treet, tre fuktighet og deres samspill, bør vurderes som primære inngangsfaktorer når levetid skal estimeres for trematerialer. Disse faktorene kan variere mye innenfor ett lite område av trematerialet på grunn av valgt design, utført håndverk og samspillet mellom komponentene. Hvis bare en liten del av trematerialet (dvs. hjørnet av en utendørs kledningsbord) er angrepet av råtesopp, er gjerne levetiden til hele komponenten (dvs. hele kledningsbordet) kommet til en slutt. Betegnelsen CIC (=critical in-situ condition) er innført som ett forklarende begrep for å vektlegge de faktorer og interaksjoner som påvirker og kontrollerer levetiden til trematerialer i ulike applikasjoner (Gobakken, Alfredsen og Mattsson 2008). CIC-en kan beskrives ved materialklimaet (trefuktighet og temperatur i trematerialet), men vil også inkludere andre parametere som tjener som utløsende faktorer for en bestemt komponent. I fig. 2.5.1 er begrepet illustrert, anordnet sammen med de etablerte betingelser benyttet for å beskrive de klimatiske nivåene.



Figur 1 Critical in-situ Conditions (CIC)

Figure 2.5.1. Critical in-situ condition (CIC) – et begrep benyttet for å vektlegge faktorer og samspill som er avgjørende for levetiden til trekomponenter benyttet utendørs. Del av husfasade med vindu.

Alle klimatiske nivåer er viktig å ta hensyn til, men faktorer i det laveste nivået (her: faktorer som er relevante for CIC) vil virke sterkere enn de ovenfor. Klimatiske data på makro-, meso- og selv mikronivå kan indikere uriktig forventning til biologisk aktivitet. Erfaringsdata fra realiserte byggkonstruksjoner gir en anslått levetid som er nærmest virkeligheten. Dessverre er tilgjengeligheten av slike data begrenset og er vanskelig å generalisere, og det er derfor viktig å være klar over og anerkjenne CIC i selve bruksfasen slik at man evner å påpeke spesifikke faktorer som vil styre levetiden.

2.5 Ubehandlet tre – påvirkning av sollys og fuktighet

Når ubehandlet trevirke eksponeres utendørs, setter lyset i gang en fotokjemisk nedbrytning. Ligninet i treet som binder vedcellene sammen brytes ned, slik at det blir vannløselig og etter hvert vaskes ut av regnet. Overflatesjiktet vil etter en tid bestå av løse revne, mer eller mindre nedbrutte cellulosefibre. Allerede etter 2-4 uker er flaten blitt mekanisk svekket, og i en sone 1–3 mm innover er veden mer porøs og sugende.

Om en treoverflate er nedbrutt, eller fliskrittende som det også kalles, kan testes ved å skrape i treet med neglen eller benytte en tape for å se hvor lett trefibrene løsner. Lysnedbrutt tre blir i første omgang gult/gulbrunt, og til slutt værgrått, uansett treslag. Det værgrå sjiktet vil beskytte treet innenfor mot videre lysnedbrytning, men ikke mot vanninntrenging. Fuktighet i form av regn, slagregn og kondens (dugg) fukter opp ubeskyttet tre slik at det sveller. Når treet tørker ut igjen, vil det krympe. Vekselvis svelling og krymping kan gi deformasjoner og sprekke-dannelser. Dersom treet holdes fuktig i lange perioder, kan sopp utvikle seg og føre til misfarging og råte. Det skilles mellom overflatesopp og råtesopp. Overflatesopp, som for eksempel svertesopp, forårsaker ikke råte. Men soppen gir misfarging av overflaten som kan være meget sjenerende, spesielt på lyse flater. Råtesopper derimot,

bryter ned trevirket slik at både vekt og styrke reduseres. Over tid vil en ubehandlet treoverflate tæres bort av vær og vind (erosjon), men dette går sent: 5–6 mm på hundre år i normalt sørnorsk klima. I ekstra værharde strøk går erosjonen raskere, og her kan utskifting bli aktuelt allerede etter 20–25 år.

2.6 Svertesopp reduserer levetiden til malte trefasader

Svertesoppvekst på utendørs, malte trefasader er uønsket og er spesielt synlig på lyse overflater. Huseiere og andre eiendomsbesittere ønsker overflatebehandlingssystemer med god holdbarhet som resulterer i lange vedlikeholdsintervaller. Svertesopp er et betydelig vedlikeholdsproblem og fører til at trefasader får en kortere estetisk levetid. Forventet levetid for tre og trebaserte produkter benyttet i et bygg er avhengig av svært mange faktorer. Svertesoppvekst på malte flater er direkte påvirket av det underliggende trematerialet, type og mengde fungicid i malingsfilmen, samt selve produktformuleringen. Videre vil svertesoppveksten være et resultat av variasjoner i de klimatiske forholdene på stedet, benyttet arkitektur og design, samt håndverksmessig utførelse.

2.7 Algevekst på malte trefasader

Algevekst opptrer som regel på nordvegger og andre skyggefulle flater, spesielt i områder der det er god tilgang på fuktighet. Busker og andre vekster nær veggen kan være med på å gi alger gode vekstvilkår i form av skygge og fukt. I første omgang er algevekst et estetisk problem, men vil etterhvert også føre til forringelse av de tekniske kvalitetene til overflatebehandlingen.

2.8 Malte vegger bør vaskes

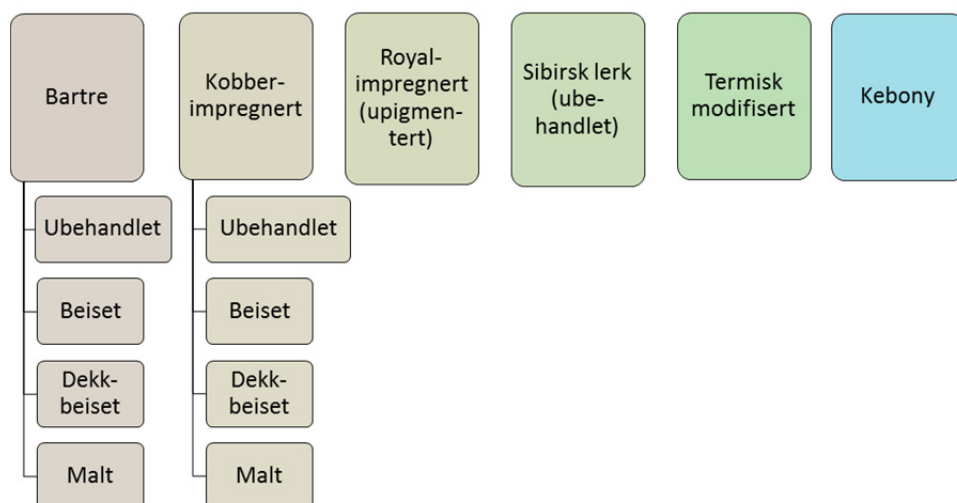
Dersom sopp, alger, pollen og annen smuss ikke fjernes fra den malte fasadeoverflaten vil de føre til permanent forringelse av malingen. Malingsprodusentene anbefaler derfor regelmessig vask av beisete og malte flater. Vasking skjer med vann og spesialvaskemiddel. Overflater som er angrepet av sopp eller alger bør dessuten behandles med sopp- og algedrepende middel. Før en fasade skal beises eller males på nytt er det spesielt viktig å vaske, ellers vil den nye overflatebehandlingen kunne hefte dårlig.

3 Livsløpsanalyse av trekledninger

3.1 Mål for analysen

Målet med analysen er å sammenligne miljøpåvirkningen fra forskjellige alternative trekledninger over livsløpet til en bygning, basert på tilgjengelig informasjon og scenarioer for vedlikehold og drift og avfallshåndtering. Alternativene som tas med i analysen er vist i figur 3.1.1. Kledningstypene som ble tatt med er valgt fordi de er i bruk i norske bygninger i dag og fordi det finnes tilgjengelig livløpsdata. Med miljøpåvirkning her menes det globalt oppvarmingspotensial, human toksikologi og økologisk toksikologi. Resultatene er vist med scenarioer på forskjellig levetider og vedlikeholdsrutiner og se hvordan dette slår ut på det totale miljøregnskapet. Resultatene fra trekledningene er sammenliknet med tre alternative materialer til tre: tegl-, fibersement- og sinkplatekledninger.

Det er antatt at den underliggende konstruksjon er den samme for alle kledningstyper. Dette gjelder også alternativene til trekledningene. Både tre, tegl, fibersementplater og sinkplater kan monteres til underliggende konstruksjoner som i utgangspunktet er identiske. Bare innfestingen vil være ulik. Tegl kan ha en dobbel rolle i fasader og både være kledningsmateriale og bærende materiale, men i denne studien er det kun sett på tegl som kledningsmateriale i form av teglforblandinger.



Figur 3.1.1 Typer trekledninger som er analysert

3.2 Funksjonell enhet

Funksjonell enhet for analysen er trematerialet og overflatebehandling til å beskytte 1 m² fasade på en enebolig over en estimert levetid på en bygning på 60 år.

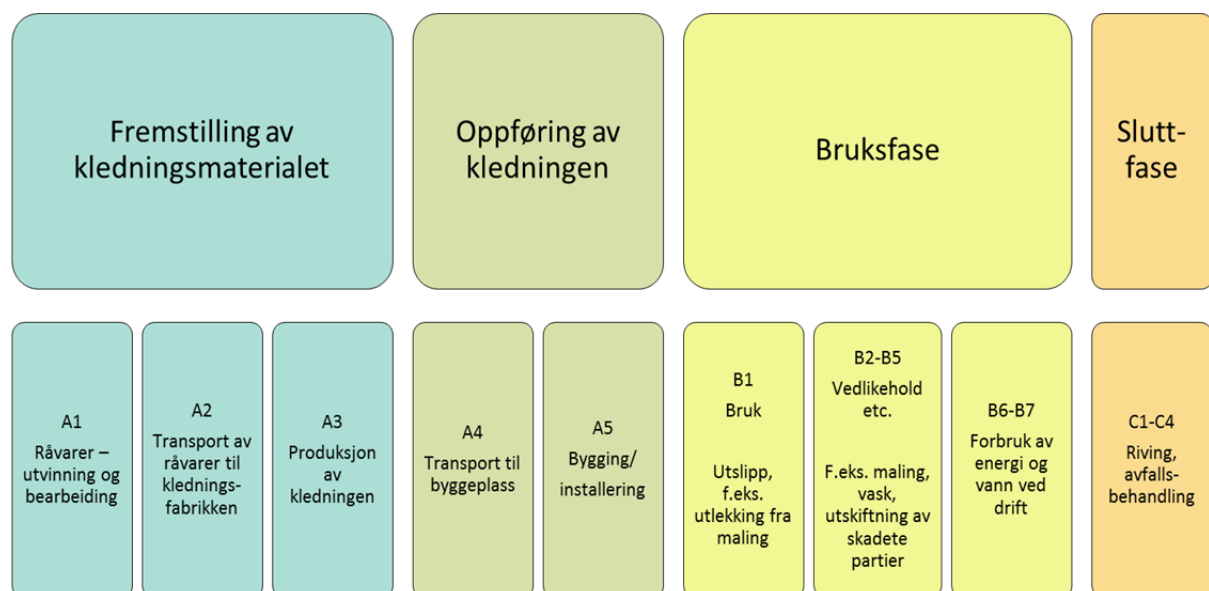
En kvadratmeter fasade representerer her et gjennomsnitt av en vanlig fasade, hvor en også tar hensyn til at en viss prosent andel av en trekledning er mer utsatt enn andre steder av fasaden. Prosentandelen av utsatt fasaden skaleres inn i 1 m².

Analysen omfatter selve kledningsmaterialet og eventuell overflatebehandling. Festemidler slik som spiker for trekledningen og festemateriell for fasadeplatene er ikke tatt med.

Det er antatt at konstruksjonen bak kledningen er lik for alle kledningstypene og at energibruken for bygningen er uavhengig av type kledningsmateriale. Den siste antagelsen, nemlig at energibruken i bygningen er uavhengig av type kledningsmateriale, er sannsynligvis en rimelig antagelse så lenge man sammenlikner ulike trefasader, i hvert fall hvis man forutsetter at kledningene har lik farge og at det ikke brukes overflatebehandlinger som er spesielt utviklet for å være varmereflekterende.

3.3 Livsløpsfaser inkludert

Analysen tar utgangspunkt i livsløpet til et kledningsmateriale, fra vugge til grav. Livsløpet for en kledning kan deles opp i ulike faser som vist i figur 3.3.1 etter standarden EN 15978:2011, bærekraftige byggverk – vurdering av bygningers miljøpåvirkning – beregningsmetode.



Figur 3.3.1 Livssyklusfaser for en kledning, vugge til grav. Etter EN 15978:2011.

I analysen er resultatene for sammensatt i tre grupper; Produksjons- og installasjonsfasen, bruksfasen og slutfasen. Produksjons- og installasjonsfasen omfatter:

- Fremstilling av kledningsmaterialet (A1): Skogdrift og hogst.
- Transport av råvarer til sted for fremstilling av kledning (A2)
- Produksjon av kledning (A3): Saging, tørking, høvling, eventuell impregnering eller termisk modifisering.
- Transport av kledningsmaterialet til byggeplass (A4)
- Oppføring av fasade (A5): Tilskjæring av materialet og eventuell overflatebehandling med grunning og beis, dekkbeis eller maling.

Bruksfasen er delt i mange undergrupper som kan oppsummeres som følger:

- Utslipp fra fasaden (B1): For eksempel utlekking av forbindelser fra maling. Denne kategorien er ikke tatt med i analysen.
- Vedlikehold (B2-B5): Utskiftninger på grunn av skader, transport av nytt kledningsmateriale til bygget, vask av kledningen, oljebehandling, beising og maling.
- Forbruk av energi og vann ved drift (B6-B7): Drift av en kledning krever ikke bruk av vann eller energi.

Sluttfasen (avhendingsfasen) omfatter:

- Rivning (C1)
- Transport av avfall til behandlingsanlegg (C2)
- Behandling av avfall ved behandlingsanlegg (C3)
- Deponering av avfall og drift av deponiet (C4)

Denne analysen tar da med fasene A1–A5, B2–B5 og C1–C4, samt et scenario for avfallhåndtering, modul D.

3.4 Datagrunnlag

Studiet baserer seg så langt det lar seg gjøre på spesifikke data. Der det finnes miljødeklarasjoner (EPD) er disse brukt. Der det ikke foreligger spesifikke data eller miljødeklarasjoner er det brukt generiske data. Hvor det ikke foreligger verken spesifikke data, miljødeklarasjoner eller generiske data er det laget prosesser basert på tilgjengelig kunnskap om produktene. En oversikt over datagrunnlaget er gitt i tabell 3.4.1. Datagrunnlaget er detaljert beskrevet og begrunnet i vedlegg 1–8.

Analysen har ikke gjort endringer i den tilgjengelige informasjonen fra miljødeklarasjoner. Det kan være variasjoner i metodene brukt i miljødeklarasjonene, for eksempel i omfang eller klimagassfaktor på elektrisitet brukt, men miljødeklarasjoner er vurdert som det beste datagrunnlaget på det nåværende tidspunktet.

Tabell 3.4.1. Datagrunnlaget for livsløpsanalysene.

Komponent	Data		Referanse	Kommentar
	Type	Alder		
Norsk skurlast, i hovedsak gran, men også furu	Spesifikke	2007	Wærp et al, 2009	Norsk elektrisitetsmiks brukt
Sibirsk lerk	Laget prosess	2003–2007	Se vedlegg 1	
Kobberimpregnert tre	Laget prosess	2003–2007	Se vedlegg 2	
Royalimpregnert tre	Laget prosess	1994–2007	Se vedlegg 3	
Termisk modifisert tre	Laget prosess	2003–2010	Se vedlegg 4	
Furfurylert trevirke	EPD	2009	Næringslivets stiftelse for miljødeklarasjoner, 2012	
Maling, dekkbeis og beis	LCA	2002–2004	Akzo Nobel. Se vedlegg 6.	

3.5 Levetider og vedlikehold

3.5.1 Utskifting av treet

De levetidene som brukes er av vesentlig betydning for resultatene fra studiet. Dersom en fasade ikke er spesielt utsatt og den dessuten er riktig konstruert vil det kunne forventes at levetiden til trevirket av de virkestypene som er listet opp i kapittel 2.2, enten det er behandlet eller ubehandlet, er minst 60 år.

I en del tilfeller er imidlertid trevirket i en fasade utsatt for betydelig fuktpåkjenninger, for eksempel som følge av ugunstige detaljutforminger som skaper fuktinntrengning i trevirket. Eksempler på dette er kledningsdetaljer rundt vindu, ned mot bakken og i skjøter/sammenføyninger. Her vil uheldige løsninger skape vannfeller og kapillært oppsug i trevirket, og dette vil bidra til betydelig risiko for råte. For å kvantifisere behovet for utskifting som følge av ”worst case-scenario” når det gjelder uheldig detaljutforming av kledning er det tatt utgangspunkt i Byggforvaltning 720.116 Tilstandsanalyse av utvendig treverk. Billedkatalog, symptomliste og typiske skadesteder. Det er benyttet et eksempelbygg (figur 3.5.1.1) og de typiske skadestedene er identifisert. Ved en utskifting som følge av råteskader på disse skadestedene er det beregnet at omlag 7 % av det totale kledningsarealet må skiftes.



Figur 3.5.1.1. Fasadene på en enebolig fra Nordbohus – røde linjer indikerer utsatte områder

Trevirkets motstand mot nedbrytning forårsaket av råtesopper er en iboende egenskap, mens levetiden til trevirke er i tillegg avhengig av en lang rekke andre faktorer som påvirker risikoen for råte. Estimering av levetid er beskrevet i ISO 15686-2, og levetidsestimater basert på felttesting er en metode som beskrives som en mulig tilnærming. Tradisjonelt har systematisk testing av trevirke i felttester hovedsakelig blitt gjennomført ved testing av trevirke i jordkontakt, og dette gir et annet miljø enn det som kan antas for trevirke som benyttes over bakken. For en del år siden ble det imidlertid satt i gang omfattende testing av trevirke over bakken (Alfredsen & Westin 2009, Alfredsen et al. 2010, Evans et al. 2008, 2011, Flæte et al. 2006, 2008, Westin & Alfredsen 2011.). En av testene som anvendes er en såkalt ”Horisontal Double Layer (HDL)-test”. Her testes trevirke over bakken på en måte som simulerer en uheldig konstruksjonsdetalj (vannfelle). Resultater fra disse forsøkene antas å være representative for ”worst case-scenarioene” for uheldig detaljutforming av kledning beskrevet ovenfor. Levetiden er satt til antall år det i gjennomsnitt tar før prøvene av en virkestype oppnår nedbrytningsstadium 2 på en skala fra 0 (frisk prøve) til 4 (fullstendig nedbrutt prøve). Dette tilsvarer om lag tilstandsgrad 2 i Byggforvaltning 720.116. Resultatene fra studier av trevirke over bakken er oppsummert i tabell 3.5.1.1. I samme tabell er også levetiden for trevirke som har god konstruktiv beskyttelse oppsummert.

Når ubehandlet tre brukes i en trekledning vil utseendet forandre seg vesentlig i løpet av få år, mens de tekniske kvalitetene til trekledningen i en godt konstruert fasade i liten grad endres. Med tekniske kvaliteter menes her kledningens evne til å beskytte den underliggende konstruksjon mot fukt, vind og sollys. Endringer i utseendet kan medføre at trekledningen skiftes ut av estetiske grunner lenge før den tekniske levetiden er nådd (Rüther 2011). I dette studiet er det forutsatt at treet, enten det er overflatebehandlet eller ikke blir værende på fasaden så lenge det teknisk fortsatt fungerer.

I livssyklusanalysene er to scenarier for utskiftning av kledningsmaterialet modellert:

- Normalscenarioet: Stort sett god konstruktiv beskyttelse av trevirket, men enkelte deler av kledningen må allikevel skiftes i løpet av en 60-års periode. Noen tall for hvor mye av kledningen som typisk skiftes i løpet av 60 år er ikke funnet. Det er derfor antatt at til sammen 10 % av kledningsbordene i fasaden må skiftes.
- Ekstremscenarioet: Dårlig konstruktiv beskyttelse i alle utsatte områder på fasaden, se figur 3.5.1.1. Utskiftningsintervallene som ble brukt er vist i tabell 3.5.1.1, "Dårlig detaljering (vannfeller)". Dette scenarioet er urealistisk. I praksis vil dårlige konstruksjonsløsninger sannsynligvis bli endret når skaden utbedres slik at vannbelastningen i området blir mindre. Dette scenariet, selv om det sannsynligvis er noe urealistisk, gir mulighet for å sammenlikne effekten av levetid i utsatte konstruksjoner.

Både ved første gangs oppsetting av kledningen og ved senere utskiftninger vil det bli noe svinn i form av avkapp. Svinnet er satt til 5 %.

Tabell 3.5.1.1. Utskiftning av kledningsmaterialer.

Komponent	Teknisk levetid i fasade		Antall utskiftninger i løpet av 60 år ¹⁾	
	God konstruktiv beskyttelse	Dårlig detaljering (vannfeller), inntil 7 % av kledningen	God konstruktiv beskyttelse	Dårlig detaljering (vannfeller), inntil 7 % av kledningen
Gran – med eller uten overflatebehandling	min. 60 år	6	Til sammen 10 % av kledningen skiftes ut i løpet av hele 60-årsperioden	9
Furu kjerneved – med eller uten overflatebehandling	min. 60 år	10		5
Sibirsk lerk kjerneved	min. 60 år	10		5
Kobberimpregnert - med eller uten overflatebehandling	min. 60 år	20		2
Termisk modifisert furu eller gran	min. 60 år	8		7
Furfurylert tre	min. 60 år	15		3

1) Eventuell utskiftning i år 60 er ikke tatt med.

3.5.2 Vedlikehold av overflatebehandling

Tabell 3.5.2.1 viser vedlikeholdsintervaller for beis, maling, oljebehandling og vask av beiset og malte fasader. I livssyklusanalysen er midtpunktet i levetidsintervallene brukt.

Tabell 3.5.2.1. Vedlikeholdsintervaller overflatebehandling¹⁾.

Tiltak	Intervall	Antall behandlinger i løpet av 60 år ²⁾
Beising av beiset tre (m./u. kobberimpregnering)	2-4 år	19
Dekkbeising av dekkbeiset tre (m./u. kobberimpregnering)	4-8 år	9
Maling av malt tre (m./u. kobberimpregnering)	6-12 år	5
Oljebehandling av Royalimpregnert tre	10-20 år	3
Vask av beiset, dekkbeiset eller malt overflate	1 år	59

1) Referanser er Byggdetaljer 542.640, FDV FDV MøreRoyal® og malingsprodusenter.

2) Eventuell utskiftning i år 60 er ikke tatt med. Eventuell restlevetid til overflatebehandlingen når år 60 er nådd er allokeret til de neste 60 årene i bygningens levetid.

3.6 Forutsetninger transport

Informasjon om faktiske transportruter og transportmetoder finnes ikke. Derfor er all transport estimert fra kart, basert på korteste reiserute i tid. Transporten er antatt å foregå på vei unntatt der det finnes ferger. For å få en ensartet modellering av transport fra produksjonssted til byggeplass er det tenkt at byggeplassen er i Oslo. All lastebiltransport er antatt å være med lastebiler som er i EURO 3 utslippskategori.

Der det finnes en norsk produsent for en kledningstype er det antatt at materialet kommer fra den norske produsenten. Dette gjelder de fleste tre variantene og teglsteinen.

Det finnes en rekke norske produsenter av overflatebehandling og i tillegg importeres det maling, dekkbeis og beis fra Sverige og Danmark. Ettersom overflatebehandlingen, i kg per m² flate veier lite, så er transporten av overflatebehandling fra produsent til byggeplass ikke tatt med i studiet.

Royalimpregnert tre produseres på tre steder i Norge, i Surnadal, Marnardal og Alvådal.

Transportavstanden til byggeplass er satt til et gjennomsnitt av avstanden fra produksjonsstedene i Norge og til byggeplass, det vil si 400 km. Transporten foregår med lastebil.

Transport av Sibirsk lerk, høvellast, fra høvleri i Sverige til byggeplass i Norge er satt til 400 km. Transport av norsk bartrekledning fra høvleri til byggeplass er satt til 200 km. Transporten foregår med lastebil.

Furfurylert tre produseres i Skien i Norge. Transport av furfurylert tre fra produksjonssted til byggeplass er satt til 132 km. Transporten foregår med lastebil.

Termisk modifisert tre produseres ved Marnar bruk i Marnardal. Transport av termisk modifisert tre fra produksjonssted til byggeplass er satt til 368 km. Transporten foregår med lastebil.

3.7 Avhending av trevirke - avfallsbehandling

Ved avhending antas det at trevirke transporteres 50 km til sted for avfallsbehandling. Ved modellering av avfallsbehandlingen er det dels brukt tall fra Statistisk sentralbyrå (SSB) og dels generiske data (Ecoinvent). Tallene fra SSB er hentet fra Statistikkbanken og gjelder for 2011 (Statistisk sentralbyrå – Avfallsregnskapet). Kobberimpregnert trevirke og annet nyere behandlet trevirke er til forskjell fra CCA-impregnert og kreosotimpregnert trevirke ikke farlig avfall (Miljøstatus 2012). Det antas at trevirket i avhendingsfasen behandles likt enten det er ubehandlet, impregnert eller overflatebehandlet. Videre antas det at termisk modifisert og furfurylert tre i avhendingsfasen skal ha samme avfallsbehandling som ubehandlet tre.

En oversikt over datagrunnlaget er gitt i tabell 3.7.1.

Tabell 3.7.1. Avfallsbehandling trevirke (Statistisk sentralbyrå. Avfall fra bygg og anlegg 2011).

Avfalls-behandling	Andel av trevirket [%]	Data	Kommentar
Annen behandling	1	-	Ikke tatt med i analysen fordi behandlingen er ukjent og fordi annen behandling uansett utgjør en liten andel.
Forbrenning	99	Ecoinvent: Disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration/CH U	

3.8 Alternative kledningsmaterialer

Studien inkluderer også tre kledningsmaterialer som alternativer til trekledninger: tegl, fibersementplater og sinkplater. Datagrunnlaget er vist i tabell 3.8.1. Utskiftningsintervallene er vist i tabell 3.8.2 og vedlikeholdsintervaller i tabell 3.8.3. Avfallsbehandlingen er vist i tabell 3.8.4.

Tegl importeres fra en rekke land, blant annet Danmark (SSB). Det finnes også en norsk produsent av tegl. De holder til i Lunde i Telemark. I dette studiet er det antatt av teglsteinen transporteres fra produksjonssted i Norge til byggeplass med lastebil. Transportavstanden er satt til 175 km.

Sinkplater for fasader produseres ikke i Norge. Det er derfor valgt å bruke produksjonsstedet for Rheinzink-Titanzink, det vil si Datteln i Tyskland (Institut Bauen und Umwelt e.v., 2008), som utgangspunkt for transport fra produsent til byggeplass. Transportavstanden er satt til 973 km med lastebil (839 km fra Datteln til Hirtshals og 134 km fra Larvik til Oslo) og 169 km med ferje (Hirtshals til Larvik).

Fibersementplater produseres heller ikke i Norge. Det er derfor valgt å bruke produksjonsstedet for Cembrit fasadeplater i Lohja, Finland som utgangspunkt for transport fra produsent til byggeplass. Transportavstanden er satt til km med lastebil (119 km fra Lohja til Turku i Finland og 593 km fra Kapellskär i Sverige til Oslo) og 263 km med ferje fra Turku i Finland til Kapellskär i Sverige.

Ved avhending antas det at materialet transporteres med lastebil 50 km til sted for avfallsbehandling.

Tabell 3.8.1. Datagrunnlaget for livsløpsanalysene.

Komponent	Data		Referanse	Kommentar
	Type	Alder		
Tegl	Generiske	2005	Ecoinvent v2.2. Se vedlegg 5	
Fibersementplate, overflatebehandlet	EPD	2009	Institut Bauen und Umwelt e.v., 2012	EPD gjelder for fibersementplater produsert i Finland og deretter transportert til byggeplass i Frankfurt i Tyskland. Miljøbelastning på grunn av transport fra Finland til Tyskland er angitt i tabell 7-4 i EPD-en. Denne belastningen er trukket fra totalen slik at dataene gjelder for vugge til port ved produksjonsstedet i Finland.
Sinkplate	EPD	2000/2004	Institut Bauen und Umwelt e.v., 2008	

Tabell 3.8.2. Utskiftning av kledningsmaterialer.

Komponent	Teknisk levetid i fasade	Referanse
Tegl	min. 60 år	Antagelse basert på at det finnes mange eksempler bygninger med teglsteinsfasader som har stått i over hundre år.
Fibersementplate	20-40 år	Byggdetaljer 700.320
Sinkplater	min. 60 år	EPD sink, Institut Bauen und Umwelt e.v., 2008

Tabell 3.8.3. Vedlikeholdsintervaller.

Tiltak	Intervall	Referanse
Omfuging av teglsteinsfasade	30-60 år. Antar at 10 % av fugene må erstattes.	Byggdetaljer 700.320
Utskiftning av sementbaserte plater (alle plater)	40 år	Byggdetaljer 700.320
Vedlikehold av sinkplater	-	Minimalt normalt vedlikehold. Sannsynligvis noe utskiftning pga. av skader. Antar 10 % utskiftning

Tabell 3.8.4. Avfallsbehandling.

Materiale	Data		Referanse	Kommentar
	Type	Alder		
Tegl	Generiske	2003–2007	Ecoinvent v2.2.	Se vedlegg 5. Fibersementplater sorteres som betong, tegl o.l ved avhending. Det vil si at 19,3 % av materialet blir deponert, mens resten blir resirkulert. Resirkulering ligger utenfor systemgrensene og tas derfor ikke med i miljøregnskapet for fasadematerialene.
Fibersementplate	Generiske	2003	Ecoinvent v.2.2.	Fibersementplater sorteres som betong, tegl o.l. ved avhending. Det vil si at 19,3 % av materialet blir deponert, mens resten blir resirkulert. Resirkulering ligger utenfor systemgrensene og tas derfor ikke med i miljøregnskapet for fasadematerialene.
Sinkplater	-	-	-	95,5 % av metallene resirkuleres (Statistisk sentralbyrå 2011). Behandlingen av resten er ukjent. Resirkulering ligger utenfor systemgrensene og tas derfor ikke med i miljøregnskapet for fasadematerialene. I analysen antas det at all sink blir resirkulert.

4 Resultater

Miljøbelastningen til et materiale presenteres i form av de tre kategoriene global oppvarming, human toksikologi og økologisk toksikologi.

Kategorien *global oppvarming* uttrykker i hvilken grad et produkt eller en prosess bidrar til den globale oppvarming ved at det slippes ut klimagasser (drivhusgasser). Klimagassene omfatter klorfluorkarboner og hydroklorfluorkarboner, metan, svovelheksafluorid, karbondioksid og en rekke andre gasser. Mengden av hver gass omregnes til kg karbondioksidekvivalenter, fore eksempel er effekten av 1 kg metan det samme som effekten av 25 kg karbondioksid.

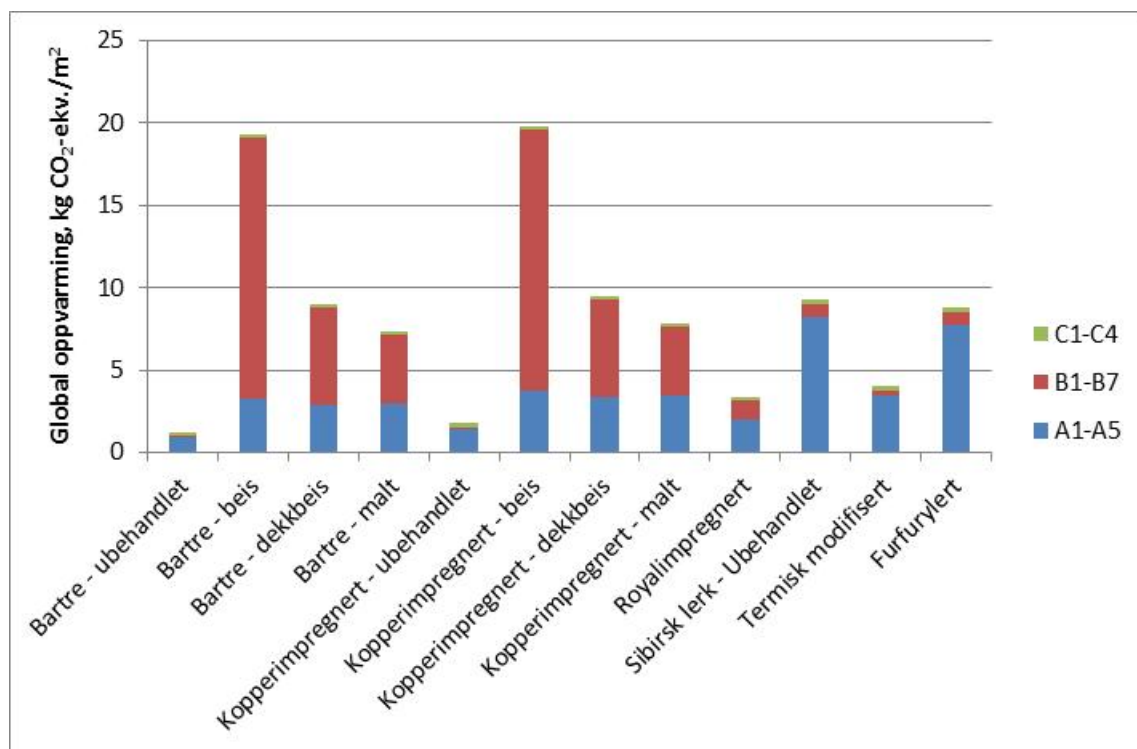
Kategorien *human toksisitet* angir utslipp av forbindelser som er giftige for mennesker. Gruppen omfatter en lang rekke kjemiske forbindelser. Virkningen av hver enkelt forbindelse er gjort om til 1,4-diklorbenzen ekvivalenter.

Kategorien *økologisk toksikologi* likner på kategorien *human toksikologi*, men angir utslipp av forbindelser som er giftige for organismer som lever i ferskvann, saltvann og jord. Også for denne kategorien er virkningene av hver enkelt forbindelse gjort om til 1,4-diklorbenzen ekvivalenter.

Forbruk av energi er ikke tatt med fordi datagrunnlaget for enkelte av produktene som inngår i analysen var presentert slik at energiforbruket var vanskelig å tolke.

4.1 Miljøbelastning – Potensiale for global oppvarming

Utslipp av klimagasser for hver enkelt trekledning er vist i figur 4.1.1 for produksjons- installasjons- og bruksfasen.



Figur 4.1.1. Utslipp av klimagasser for hver enkelt kledningstype. Samlet fremstilling av produksjons- installasjons- og bruksfasen.

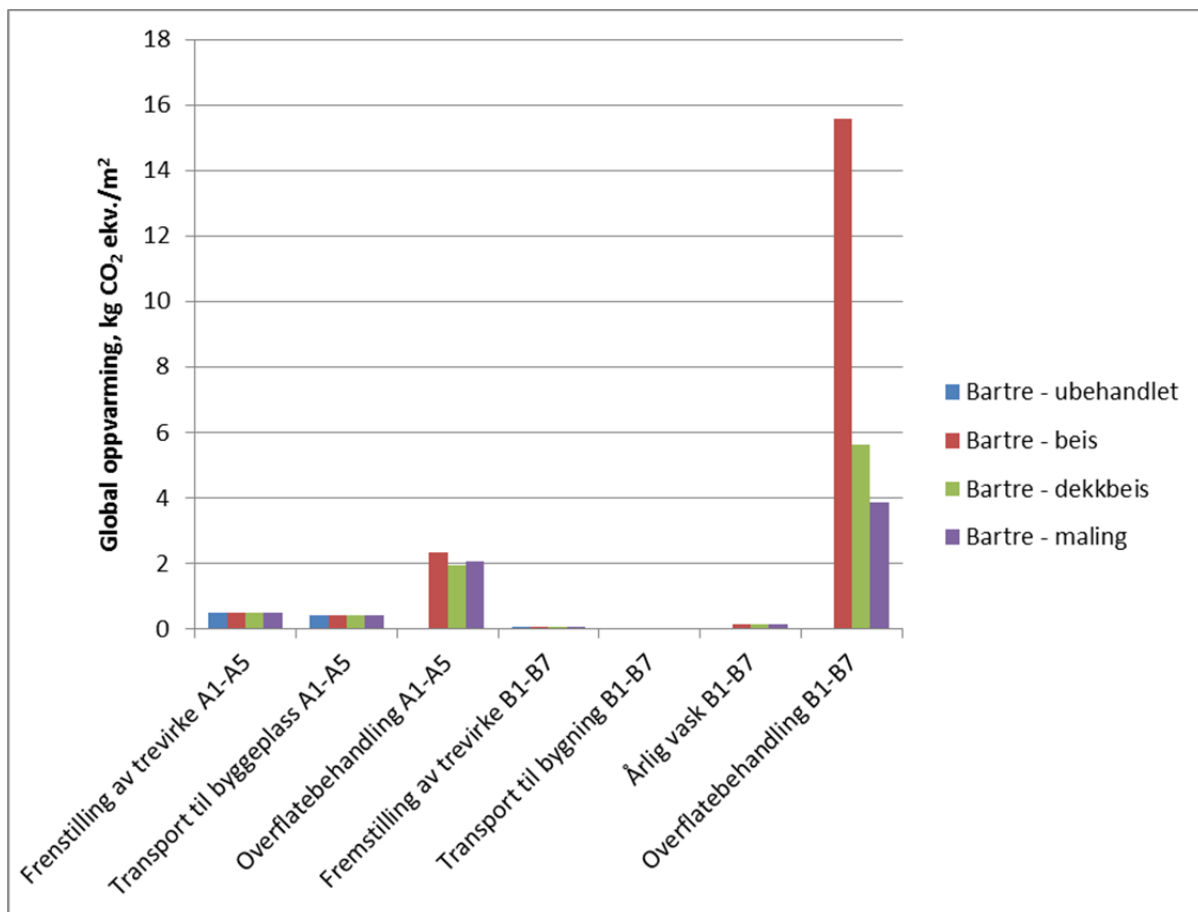
Bruk av ubehandlet norsk bartre er forbundet med det laveste utslippet av klimagasser, tett fulgt av ubehandlet kobberimpregnert norsk bartre. I analysen er det forutsatt at fasaden er riktig konstruert og at kledningen er riktig montert slik at råte og andre skader på treverket minimaliseres, men analyseresultatene viser at selv om kledningen på grunn av skader må skiftes ut flere ganger i løpet av en sekstiårsperiode, er ubehandlet norsk bartre allikevel forbundet med betydelig lavere klimagassutslipp enn overflatebehandlet bartre eller sibirsk lerk.

Klimagassutslippene forbundet med de beisete og malte kledningene skyldes først og fremst bruk av overflatebehandling, se figur 4.1.2. Sett i forhold til utslipp av klimagasser er det i utgangspunktet liten forskjell på fremstilling av på beis, dekkbeis og maling. Beis har en større miljøbelastning over livsløpet enn dekkbeis og maling fordi fasaden må beises på nytt med få års mellomrom, mens maling har lavest miljøbelastning i forhold til klimagasser fordi den har det lengste vedlikeholdsintervallet. Jo lengre vedlikeholdsintervallet for overflatebehandlingen er, jo lavere blir utslippet av klimagasser forbundet med bruk av overflatebehandling. Dersom man ønsker å male en fasade, bør man derfor velge et produkt som har lange vedlikeholdsintervaller for å holde miljøbelastningen forbundet med bruk av produktet nede.

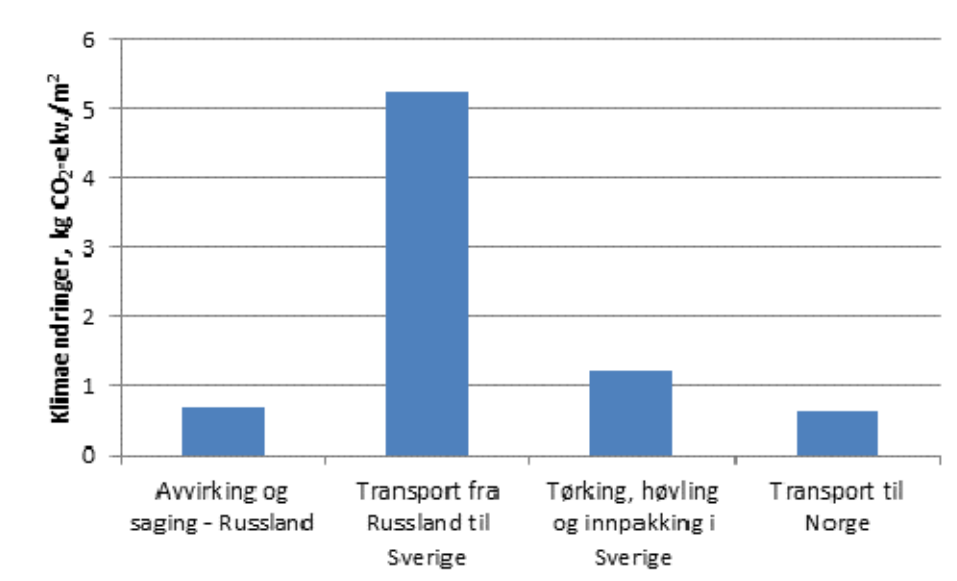
Klimagassberegningen for ubehandlet sibirsk lerk viser at sibirsk lerk har en betydelig høyere miljøbelastning enn både ubehandlet norsk bartre og ubehandlet kobberimpregnert norsk bartre, se figur 4.1.1. Forskjellen skyldes den lange transporten med tog og lastebil fra Russland til Sverige, se figur 4.1.3.

Halvparten av klimagassutslippene forbundet med bruk av ubehandlet norsk bartre er nyttet til transport av kledningen til byggeplass, også for norsk trevirke gjelder det at transportetappene bør holdes nede dersom klimagassutslippene skal minimeres.

Resultatene for Royalimpregnert trevirke er for lave ettersom energibruk ved impregnering med olje ikke er tatt med i analysen på grunn av manglende datagrunnlagsdata, se vedlegg 3. På samme måte som for beisete og malte kledninger så skyldes belastningen i vedlikeholdsfasen i hovedsak oljebehandling, dette til tross for at vedlikeholdsintervallet for oljebehandling i analysen er satt til 15 år.



Figur 4.1.2. Beiset og malt trevirke (ikke impregnert). Utslipp av klimagasser fordelt på de ulike trinnene i produksjons- installasjons- og bruksfasen.

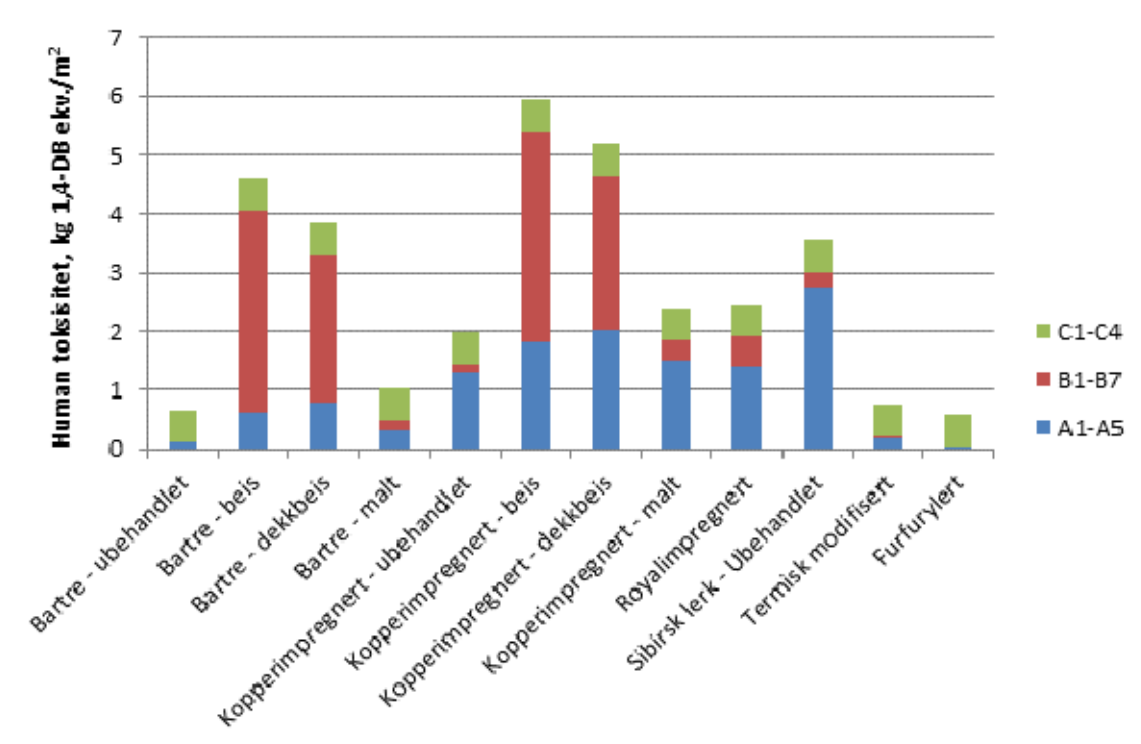


Figur 4.1.3. Sibirsk lerk. Utslipp av klimagasser fordelt på de ulike trinnene frem til lager i Norge.

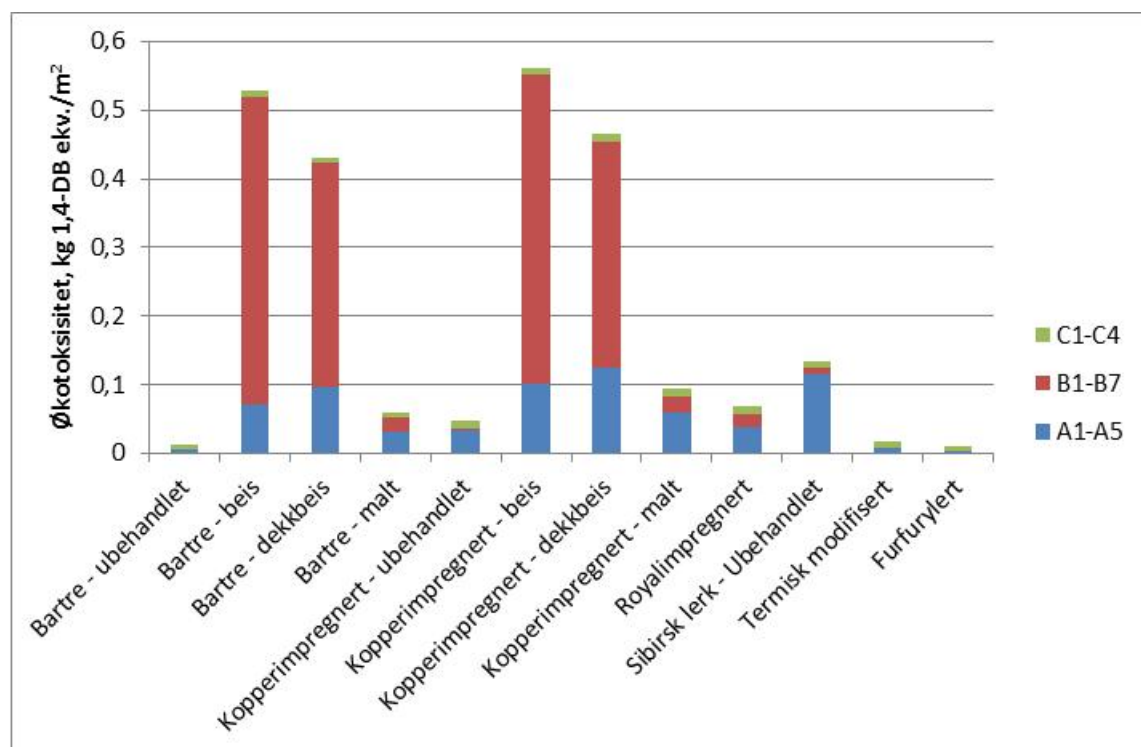
4.2 Miljøbelastning - human og økologisk toksisitet

Utslipp av forbindelser som er giftige for mennesker, vannlevende organismer (saltvann og ferskvann) og jordlevende organismer er vist i figur 4.2.1 og 4.2.2. I forhold til klimagassutslipp var det liten forskjell på ubehandlet norsk bartre og kobberimpregnert bartre, men i forhold til giftvirkninger på mennesker og andre organismer er forskjellen tydelig. Klimagassutslippene forbundet med termisk modifisert tre og furfurylert tre var også høye sammenliknet med klimagassutslippene forbundet med gran, men utslipp av forbindelser som er giftige for mennesker og andre organismer er relativt sett lavt.

Et ensidig fokus på klimagassutslipp og energibruk kan gjøre at en mister andre sider ved miljøvurderingene av produkter og prosesser som også er viktige, slik som utslipp av skadelige kjemikalier til luft, vann og jord og den virkningen slike utslipp har på alle levende vesener. Dette er forhold som tradisjonelt hører hjemme i kjerneområdet for miljøvern, men som i forbindelse med bygg og byggematerialer har fått mindre fokus enn energibruk og klimagassavtrykk.



Figur 4.2.1. Utslipp av forbindelser som er giftige for mennesker (humantoksikologiske).



Figur 4.2.2. Utslipp av forbindelser som er giftige for vann- og jordlevende organismer.

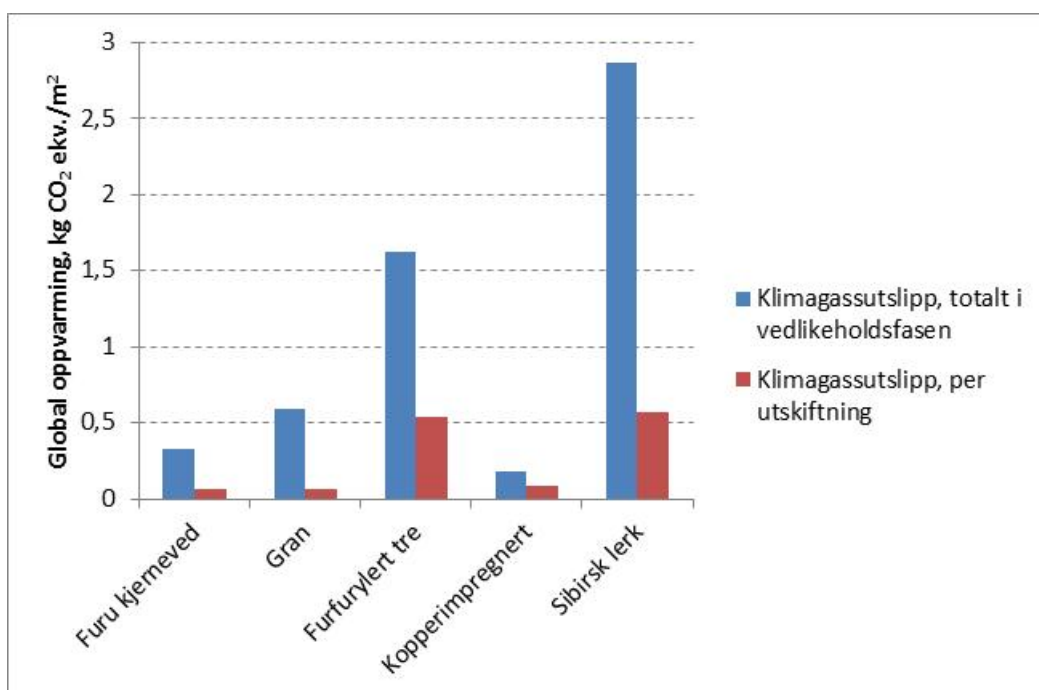
4.3 Dårlige eller utsatte konstruktive løsninger – ekstremscenario

Det argumenteres gjerne med at det lønner seg å bruke behandlet trevirke fremfor ubehandlet trevirke fordi levetiden blir lengre, spesielt i utsatte områder.

Analyse av klimabelastningene forbundet med utskiftning av kledningsmaterialet i vedlikeholdsfasen viser at lengre levetid ikke oppveier for miljøbelastningen som er forbundet med å frakte sibirsk lerk fra Russland til Norge, fordi klimabelastningen per utskiftning er høy, se figur 4.3.1. For furfurylert tre gjelder tilsvarende forhold. Miljøbelastningen i form av klimagassutslipp forbundet med produksjonen er så høye at øket levetid i forhold til ubehandlet gran ikke er tilstrekkelig.

Når man sammenlikner klimagassutslippene forbundet med utskiftning av gran med klimagassutslippene ved utskiftning av kobberimpregnert trevirke og furu kjerneved er forholdet omvendt av det man kan se for sibirsk lerk og furfurylert trevirke, se figur 4.3.1. Klimagassbelastningen for hver utskiftning av grankledningen er omtrent den samme som for utskiftning av kobberimpregnert tre eller kjerneved furu, men fordi levetiden i utsatte områder er så mye dårligere for gran enn for kobberimpregnert tre eller kjerneved furu så blir totalverdien for gran, gjennom hele vedlikeholdsfasen, mye høyere.

Dersom den konstruktive beskyttelsen er god er forskjellen i levetid for de ulike kledningstypene, av liten betydning for den miljøbelastningen i vedlikeholdsperioden ettersom alle produkttypene har minst 60 års levetid. I praksis har mange bygningstyper betydelig lengre levetid enn 60 år. Det betyr at hvis analysen hadde vært gjort med utgangspunkt i reell levetid for en bygning så vil det kunne tenkes at forskjeller i levetid mellom de ulike kledningsalternativene er av betydning. Dersom man skal kunne gjennomføre en slik analyse trengs det tall både for bygningers og kledningers reelle levetider.

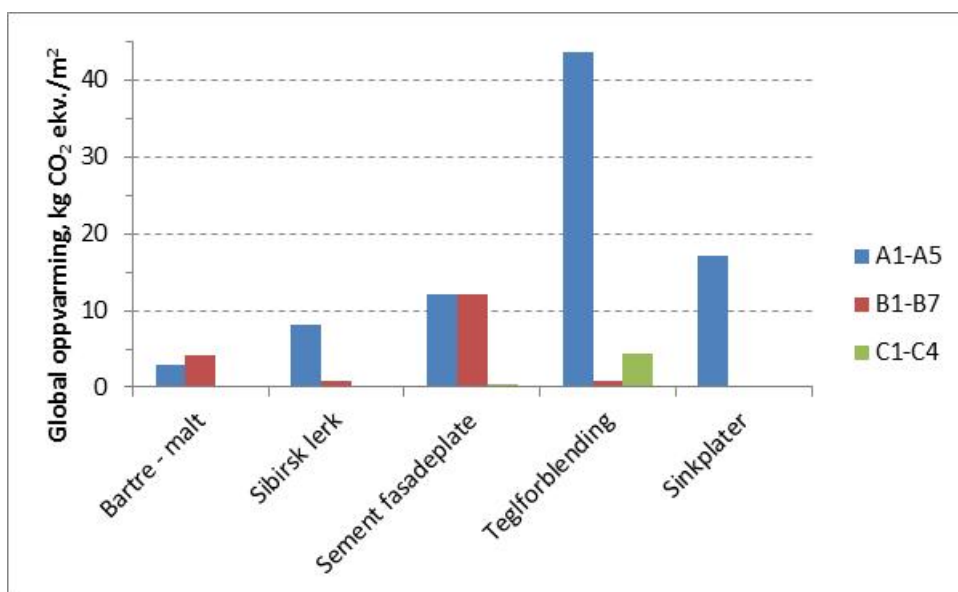


Figur 4.3.1. Miljøbelastning, potensiale for klimaendringer, når trevirket brukes i dårlige konstruksjonsløsninger – ekstremscenarioet.

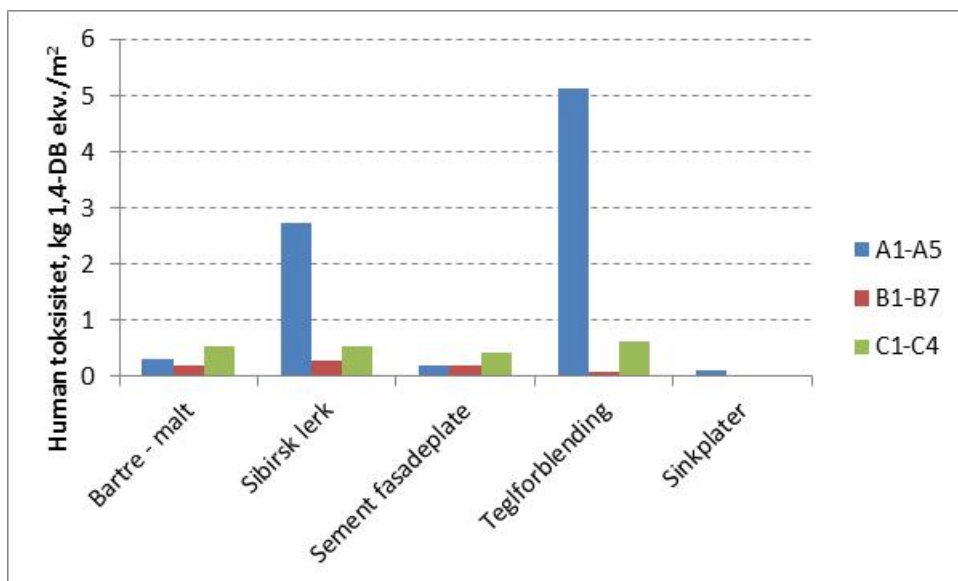
4.4 Alternative fasadematerialer

Norske eneboliger og rekkehus har stort sett trekledninger, mens større bygg har ofte har fasader basert på mineralske materialer eller metaller. En sammenlikning av miljøegenskapene til malt bartre og sibirsk lerk med miljøegenskapene til fasadeplater av sement, tegl og sinkplater viser at teglforblending er forbundet med en betydelig høyere total avgivelse av klimagasser enn de andre materialene, se figur 4.4.1, 4.4.2 og 4.4.3. I hovedsak skyldes dette produksjon av tegl. En riktig konstruert teglfasade krever i regel lite vedlikehold og miljøbelastningen for vedlikeholdet er derfor relativt sett lavt. Sinkfasader krever også normalt et beskjedent vedlikehold slik at miljøbelastningen for sinkplater i hovedsak er knyttet til produksjonen. Etter som fasadeplater av sement har mye kortere levetid enn tegl og sink slik at platene må skiftes ut en gang i løpet av en sekstiårsperiode er bidraget fra vedlikeholdsperioden mye større enn for tegl og sink.

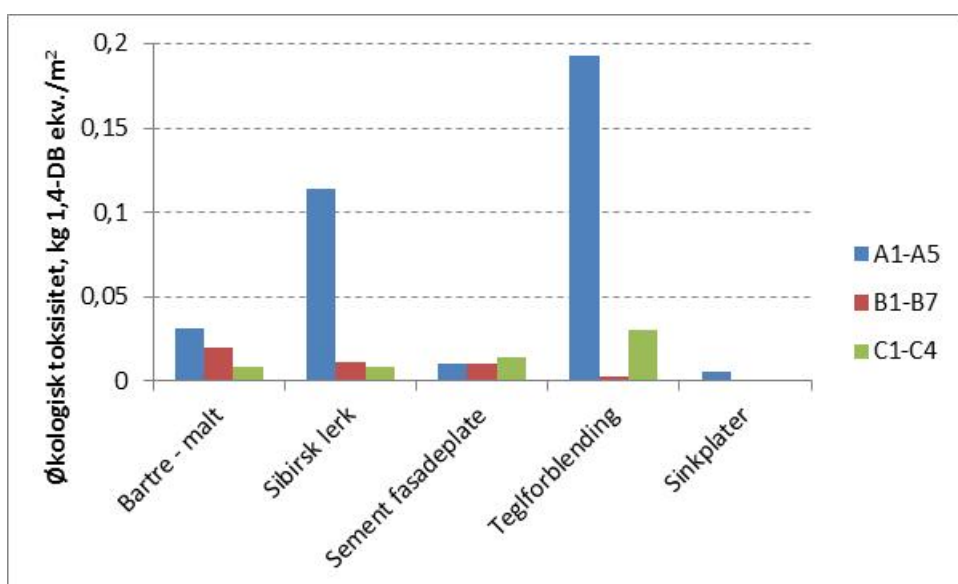
Trekledninger av ubehandlet eller malt bartre medfører lavere klimagassutslipp gjennom et livsløp på seksti år enn både sement fasadeplater, teglforblending og sinkplater forutsatt at det brukes malings typer med lange ommalingsintervaller.



Figur 4.4.1. Miljøbelastning, potensiale for klimaendringer, for noen alternative fasadematerialer.



Figur 4.4.2. Miljøbelastning, human toksisitet, for noen alternative fasadematerialer.



Figur 4.4.3. Miljøbelastning, økologisk toksisitet, for noen alternative fasadematerialer.

5 Konklusjon

Det er gjennomført livsløpsanalyser, vugge til grav, av ulike trekledninger, med og uten overflatebehandling:

- Gran/furu – med og uten beis, dekkbeis eller maling
- Gran/furu – kobberimpregnert – med og uten beis, dekkbeis eller maling
- Royalimpregnert tre
- Sibirsk lerk
- Termisk modifisert tre

- Furfurylert tre

Til sammenlikning ble det også gjort analyser av tre alternative kledningsmaterialer: tegl, sementbaserte plater og sinkplater.

Rapporten presenterer resultatene i form av utslipp av klimagasser og utslipp av forbindelser som er giftige for mennesker og organismer i jord og vann. En sammenlikning av de ulike kledningstypene viser at:

- Bruk av norsk furu/gran med eller uten kobberimpregnering, men uten overflatebehandling medfører de laveste utslippene av klimagasser. Transport av tre over lange avstander, for eksempel fra Russland til Norge, gir en betydelig negativ effekt på miljøegenskapene.
- Maling og beis er forbundet med, relativt sett, høye klimagassutslipp. Selv om overflatebehandlingen kun utgjør et tynt sjikt på trekledningen, så er det allikevel i hovedsak overflatebehandlingens egenskaper som bestemmer miljøegenskapene til en beiset eller malt trekledning. Dersom en kledning skal overflatebehandles bør det velges et produkt med lange vedlikeholdsintervaller.
- Dersom kledningen er riktig satt opp er levetiden, i et sekstiårsperspektiv, den samme for alle de ulike treetypene, det vil si at forskjeller i levetid ikke har noen innvirkning på analysen. I områder med høy vannbelastning har impregnert og modifisert trevirke lengre levetid enn trevirke som ikke er impregnert eller modifisert. Kobberimpregnert tre har lang levetid sammenliknet med de fleste andre kledningstypene og produksjonen er forbundet med, relativt sett, lave klimagassutslipp. Totalt sett blir det en betydelig miljøgevinst med hensyn på klimagassutslipp å bruke kobberimpregnert tre i utsatte konstruksjoner. Men, dersom produksjonen av kledningen er forbundet med høye klimagassutslipp, så kan ikke forlenget levetid oppveie for dette og miljøgevinsten uteblir.

6 Forslag til videre arbeid

Det forventes at klimapåkjenningen øker i årene fremover. I Norge er det anslått at temperaturen øker, at det vil regne mer og at det blir mer ekstremvær (Lisø og Kvande 2007). Fasader er følsomme for klima og klimaendringer, og fare for råde i utvendige trekonstruksjoner vil sannsynligvis øke i mesteparten av landet. Dette kan gi økt behov for vedlikehold av fasader og kortere utskiftningsintervaller. Det er ønskelig å utføre beregninger som viser effekten av endringer i klimaet på miljøkonsekvenser av fasadematerialvalg.

Et godt datagrunnlag er avgjørende for alle vitenskapelige studier og livssyklusanalyser er ikke noe unntak i så måte. I denne studien er det lagt vekt på å fremskaffe så gode data som mulig, men det fins allikevel rom for forbedringer. Spesielt ønskes det bedre data for overflatebehandlinger og data for faktiske vedlikeholds- og utskiftningsintervaller.

Ulike fasadematerialer virker ikke bare inn på bygningens utseende og vedlikeholdsplanen for fasaden, men kan også påvirke den totale energibruken i bygningen. Dette bør tas med i en helhetlig vurdering av fasadematerialet. Enkelte fasadematerialer har også flere funksjoner utover å være en kledning. I denne studien har det for eksempel vært antatt at tegl har vært brukt som ren kledning (teglforblending), men tegl kan ha en dobbeltrolle som kledning og bærende konstruksjon. I tillegg vil det være interessant å se på også andre sider ved forholdet mellom fasade og hele bygningen, for eksempel

hvor stor andel utgjør fasadematerialet av den totale materialbruken og hva blir miljøeffekten av fasadevedlikehold og utskiftninger når man sammenlikner med hele bygningen.

7 Referanser

Aktas, C. B. & Bilec, M. M. (2011). Service life prediction of residential interior finishes for life cycle assessment. *Int J Life Cycle Assess*, 17, 362-371.

Akzo Nobel. Product Environmental Data Sheets. Cradle to gate data. Lastet ned fra: <http://www.sikkens-joinery.co.uk/en/Life+Cycle+Assessment.htm>.

Byggdetaljer 542.640. 2009. Overflatebehandling av utvendig trevirke. SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer. Oslo.

Alfredsen, G. og M. Westin. 2009. Durability of wood – laboratory vs field performance. In: 4th European conference on wood modification, 27-29 April, 2009, Stockholm, Sweden.

Alfredsen, G., P. O. Flæte og H. Militz. 2010. Performance of novel wood protection systems – evaluation based on five different test setups. In: *Society of Wood Science and Technology/United Nations Economic Commission for Europe – Timber Committee (UNECE-TC)*, s. 1-8. Geneve.

Brischke, C., R. Bayerbach og A. O. Rapp. 2006. Decay-influencing factors: A basis for service life prediction of wood and wood-based products. *Wood material science & engineering*, 1(3-4): 91-107.

Byggforvaltning 700.320. 2010. Intervaller for vedlikehold og utskiftning av bygningsdeler. SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer. Oslo.

Byggforvaltning 720.116. 1995. Tilstandsanalyse av utvendig treverk. Billedkatalog, symptomliste og typiske skadesteder. SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer. Oslo.

Evans F. G., G. Alfredsen og P.O. Flæte. 2011. Natural durability of wood in Norway – results after eight years above ground exposure. In: Proceedings of the 7th meeting of the Nordic-Baltic network in wood material science and engineering (WSE), Oslo, Norway, October 27-28, 2011.

Ecoinvent. Versjon 2.2. www.ecoinvent.org.

Evans, F. G., P. O. Flæte og G. Alfredsen. 2008. Natural durability of different wood species in above ground applications – Weight and MOE loss. In: *The International Research Group on Wood Protection – section 5*. IRG/WP 08-10667.

FDV MøreRoyal® – Royalimpregnert trelast. www.moreroyal.no.

Flæte, P. O., G. Alfredsen og F. G. Evans. 2006. Natural durability of Norwegian wood species for above ground applications – Project presentation and preliminary results. In: *The International Research Group on wood protection – Section I*. IRG/WP 06-10594.

Flæte, P. O., G. Alfredsen og F. Evans. 2008. Comparison of four methods for natural durability classification after 2,5 years. *Pro Ligno* 4(3):15-24.

Gobakken, L., J. Mattson og G. Alfredsen. 2008. In-service performance of wood depends upon the critical in-situ conditions. In: *The International Research Group on Wood Protection*. IRG/WP 08-20382.

Grinda, M og J. Carey. 2004. The COST euro index for fungal decay – five years results. In: COST Action E22 – Environmental optimisation of wood protection: Proceedings of the final conference 22-23 March 2004, Estoril, Portugal. European Communities. Brussel.

Häkkinen, T., Ahola, P., Vanhatalo, L. & Merra, A. (1999). Environmental Impact of Coated Exterior Wooden Cladding. Report 1.2.1999. VTT Building Technology.

Institut Bauen und Umwelt e.V. 2008. Miljødeklarasjon for Rheinzink®-Titanzink. EPD-RHE-2008112-D. bau-umwelt.de.

Institut Bauen und Umwelt e.V. 2012. Miljødeklarasjon for Fibre Cement Flatboard Products fra Cembrit Holding A/S. EPD-CEM-2012111-E. bau-umwelt.de.

ISO 15686-2:2012. Building and constructed assets. Service life planning. Part 2: Service life prediction procedures.

Lisø, KR og T Kvande. 2007. Klimatilpasninger av bygninger. SINTEF Byggforsk. Oslo.

Malingprodusenter. Anbefalinger - vedlikeholdsvask. www.jotun.no, www.gjoco.no, www.ifi.no.

Miljøstatus. 2012. Treavfall. <http://www.miljostatus.no/Tema/Avfall/Avfall-og-gjenvinning/Avfallstyper/Treavfall/>

Monteiro, H. & Freire, F. (2012). Life-cycle assessments of a house with alternative exterior walls: Comparison of three impact assessments methods. *Energy and buildings*, 47, 572-583.

Norén, J. 2001. Assessment and mapping of environmental degradation factors in outdoor applications – A part in the prediction of service life for wooden building components. Licentiatavhandling. KTH.

NS-EN 13183-1:2002. Fuktinnehol i et virkestykke av skurlast. Del 1: Bestemmelse ved tørkemetode.

NS-EN 350-1:1994. Tre og trebaserte produkters holdbarhet. Holdbarheten av heltre. Del 1: Prinsipper ved prøving og klassifisering av den naturlige holdbarheten av tre.

NS-EN 350-2:1994. Tre og trebaserte produkters holdbarhet. Holdbarheten av heltre. Del 2: Holdbarhet og impregnerbarhet av utvalgte tresorter av betydning i Europa.

NS-EN 351-1:2007. Tre og trebaserte produkters holdbarhet. Heltre behandlet med trebeskyttelsesmiddel. Del 1: Klassifisering av trebeskyttelsesmidlets inntrengning og opptak.

NS-EN 15978:2011. Bærekraftige byggverk. Vurdering av bygningers miljøprestasjon. Beregningsmetode.

NTR Dokument nr.1. 2011. Nordiske impregneringsklasser og produktkrav for impregneret tre. Nordisk trebeskyttelsesråd (Nordiska Träskyddsrådet). www.treteknisk.no.

NTR Dokument nr. 3. Nordiske regler for kvalitetskontroll av impregneret tre. Nordisk trebeskyttelsesråd (Nordiska Träskyddsrådet). www.treteknisk.no

Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner. 2012. Miljødeklarasjon for Kebony Furu. NEPD 155N. www.epd-norge.no

Plessner, T. 2011. Maling og beis for trefasader. Sammensetning og helse- og miljøegenskaper. Prosjektrapport 79. SINTEF Byggforsk. Oslo.

ReCiPe Midpoint (H). Versjon 1.07, juni 2012. www.lcia-ReCiPe.net.

Rüther, P. 2011. Wood weathering from a service life perspective. Doctoral thesis no 2011:187. Norwegian University of Science and Technology.

Scheffer, T. C. 1971. A climate index for estimating potential for decay in wood structures above ground. *Forest Products Journal*, 21(10): 25-30.

SimPro 7. 2011. Versjon 7.3.3. PRé Consultants.

Skogstad, P. (Redaktør) Norsk Treteknisk Håndbok, utgitt av Norsk Treteknisk institutt. .3 utgave. 2009.

SN/TS 3186:2008. Heltrekledning av bartre for utvendig bruk.

Statistisk sentralbyrå. 2011. Avfallsregnskapet. Natur og miljø. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo>.

Statistisk sentralbyrå. Avfall fra bygg og anlegg 2011. <http://www.ssb.no/avfbygganl/>

Teknisk godkjenning 2493. Kebony Furu. www.sintefcertification.no.

Thelandersson, S., Suttie, E., Toratti, T., Viitanen, H., Isaksson, T. Früwald, E., Grull, G. & Jermer, J. (2011). Service life of wood in outdoor above ground applications: Engineering design guideline. Background document. Report TVBK-3061, Lund University.

Westin M., og G. Alfredsen. 2011. Durability of modified wood in UC3 and UC4. Results from lab tests and 5 years testing in 3 fields. *The International research group on wood protection*. IRG/WP 11-40562.

Wærp, S., C. Grini, K. Folvik og J. Svanæs. 2009. Livsløpsanalyser (LCA) av norske treprodukter. Resultater fra MIKADO-prosjektet. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Vedlegg 1 Datagrunnlag sibirsk lerk

1 Inventering

Sibirsk lerk (*Larix siberica*) vokser på det Sibirske høylandet og den høye andelen kjerneved gir god naturlig holdbarhet og foretrekkes til utendørs bruk. Livsløpsregnskapet for grunnsystemet til Sibirsk lerk presentert her er fra Jildestedt (2007) og representerer Sibirsk lerk avvirket og saget i Sibir, men tørket og høvlet i Sverige. Tømmeret transporteres til høvleri i Sverige, se tabell 1, der det tørkes, se tabell 2, og høvles, se tabell 3. Densiteten til lerk er på 1 tonn per m³ for rått virke og 0,7 tonn per m³ for tørket.

Tabell 1. Felling av trær og saging i Krasnoyarsk, Russland. Transport av trevirke til Göteborg Sverige via St Petersburg og Stockholm.

Komponent	Mengde	Data for bakgrunnsprosesser		Kommentarer
		Kilde	Alder	
Input – hogst og saging av tømmer i Russland (Krasnoyarsk)				
Avvirking, produksjon av 1 m ³ tømmer	1 m ³	Ecoinvent: Industrial wood, hardwood, under bark, u=80%, at forest road/RER U	2003	
Elektrisitet, russisk sagbruk	68 kWh	Se tabell 4.		Saging av tømmer ved sagbruk i Russland. Russisk elektrisitetsmiks
Input - Transport fra Russland til Sverige				
Jernbane, Russland	4000 km	Ecoinvent: Transport, freight, rail/RER U	2003	Transport fra sagbruk i Krasnoyarsk til St Petersburg. Tettheten til sibirsk lerk er 1 tonn/m ³ .
Båt	700 km	Ecoinvent: Transport, transoceanic freight ship/OCE U	2003	Ferge fra St Petersburg til Stockholm. Tettheten til sibirsk lerk er 1 tonn/m ³ .
Lastebil	490 km	Ecoinvent: Transport, lorry >16t, fleet average/RER U	2007	Lastebiltransport fra Stockholm til Göteborg. Tettheten til sibirsk lerk er 1 tonn/m ³ .
Output				
Skurlast, sibirsk lerk, levert til høvleri i Sverige	1 m ³	-	-	-

Tabell 2. Tørking ved sagbruk i Göteborg, Sverige.

Komponent	Mengde	Data	Alder	Kommentarer
Input				
Skurlast, sibirsk lerk, levert til høvleri i Sverige	1 m ³	Se tabell 1	-	
Elektrisitetsbruk, Sverige	260 kWh	Ecoinvent v 2.2: Electricity, medium voltage, production NORDEL, at grid/NORDEL U	2007	
Output				
Skurlast, sibirsk lerk, tørket	1 m ³	-	-	-

Tabell 3. Høvling av sibirsk lerk ved sagbruk i Göteborg, Sverige.

Komponent	Mengde	Data	Alder	Kommentarer
Input				
Skurlast, sibirsk lerk, tørket	1,084 m ³	Se tabell 2	-	
Elektrisitet	44 kWh	Ecoinvent v 2.2: Electricity, medium voltage, production NORDEL, at grid/NORDEL U	2007	
Innpakningsfolie	0,5 kg	Ecoinvent: Packaging film, LDPE, at plant/RER U	2003	
Output				
Skurlast, sibirsk lerk, høvlet og innpakket	1 m ³	-	-	-

Tabell 4. Modellering av russisk elektrisitetsmiks basert på sammensetningen i 2009 [IEA].

Komponent	Mengde	Data	Alder	Kommentarer
Input				
Elektrisitetsproduksjon fra kull	0,165 kWh	Ecoinvent v2.2: Electricity, hard coal, at power plant/CENTREL U	2004	
Elektrisitetsproduksjon fra olje	0,0162 kWh	Ecoinvent v2.2: Electricity, oil, at power plant/UCTE U	2004	
Elektrisitetsproduksjon fra naturgass	0,473 kWh	Ecoinvent v2.2: Electricity, natural gas, at power plant/CENTREL U	2003	
Elektrisitetsproduksjon fra biomasse	0,000033 kWh	USLCI: Electricity, biomass, at power plant/US	2008	
Elektrisitetsproduksjon fra avfall	0,00263	Ecoinvent v2.2: Electricity from waste, at municipal waste incineration plant/CH U	2003	
Elektrisitetsproduksjon fra atomkraftverk	0,165	Ecoinvent v2.2: Electricity, nuclear, at power plant/UCTE U	2003	
Elektrisitetsproduksjon fra vannkraftverk	0,178	Ecoinvent v2.2: Electricity, hydropower, at power plant/FI U	2003	
Output				
Electricity, production mix/RU U	1 kWh	-	-	-

2 Referanser

IEA. International Energy Agency. Electricity/ Heat in Russian Federation in 2009. Hentet 29.1.2013, fra: http://www.iea.org/stats/electricitydata.asp?COUNTRY_CODE=RU

Jildestedt, A. (2007). Lärk eller Impregnerat – en kvalitativt jämförande livscykelanalys av sibirsk lärk och svensk tryckimpregnerad furu. Rapport nr. 2007:35. Chalmers Teknisk Högskola, Göteborg.

Vedlegg 2 Datagrunnlag kobberimpregnert tre

1 Inventering

Dataene for kobberimpregnert tre er hentet fra en EPD for kobberimpregnert skurlast (2010) og kombinert med data for trelast som er hentet fra MIKADO-prosjektet (Wærp et al 2009).

Treet blir impregnert med Wolmanit CX-8, et impregneringsmiddel fra BASF. Wolmanit CX-8 inneholder (BASF 2008):

- 2, 8 % Bis(N-cycloheksyldiazoniumdioksy)kobber, CAS 312600-89-8
- 13,04 % Kobberhydroksidkarbonat, CAS 12069-69-1
- 4,0 % Borsyre, CAS 10043-35-3

Mengde Wolmanite CX-8 er hentet fra NEPD 87N for kobberimpregnert trelast (2010).

Tabell 1. Modellering av kobberimpregnert tre.

Komponent	Menge	Data		Kommentarer
		Kilde	Alder	
Input				
Trelast	1 m ³	Wærp et al, 2009	2007	
Wolmanit CX-8	5,5 kg	Ecoinvent: Wood preservative, organic salt, Cr-free, at plant/RER S	2003	Impregneringsmiddel
Elektrisitet	10 kWh	Ecoinvent: Electricity, medium voltage, production NORDEL, at grid/NORDEL U	2007	
Output				
Kobberimpregnert høvellast	1 m ³	-	-	-

2 Referanser

NEPD 87. 2010. Kobberimpregnert trelast. Klasse AB (for bruk over bakken). Impregnert med Wolmanit CX-8. NEPD 87N. Lastet ned fra: www.epd-norge.no

BASF. 2008. Sikkerhetsdatablad for Wolmanit CX-8.

Wærp, S, C Grini, K Folvik og J Svanæs. 2009. Livsløpsanalyser (LCA) av norske treprodukter. Resultater fra MIKADO-prosjektet. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Vedlegg 3 Datagrunnlag Royalimpregnert tre

1 Inventering

Royalimpregnert kledning er høvellast behandlet i to trinn. Først blir den kopperimpregnert og så blir den behandlet med Royalolje. Royalolje består av linolje, nafta. Farget Royalolje er tilsatt 2–6 vektprosent pigment, sannsynligvis jernoksider. I Norge produseres Royalimpregnert trelast ved Marnar bruk (Marnardal i Vest-Agder), Møre Tre AS (Surnadal i Møre og Romsdal) og Alvdal skurlag (Alvdal i Hedmark). Modelleringsen av Royalolje og Royalimpregnert trelast er vist i tabell 1 og 2.

Energiforbruket ved impregnering med royalolje er ikke inkludert da det ikke er kjent og dessuten kan varierer med både energibærere og forbruk hos de forskjellige produsentene.

Tabell 1. Modellering av Royalolje. Sammensetningen er hentet fra sikkerhetsdatabladet til Royalolje RO,0 uten pigment fra Møre Royal (2010).

Komponent	CAS nummer	Mengde [vekt %]	Mengde [kg]	Kilde	Data Alder	Kommentarer
Input						
Linolje	66071-03-2	50	0,5	CPM LCA Database	1994	
Nafta	64742-52-5	50	0,5	Ecoinvent: Chemicals organic, at plant/GLO U	2003	
Output						
Royalolje	-	-	1 kg	-	-	Spesifikk vekt for Royalolje er lik 0,8 g/cm ³

Tabell 2. Modellering av Royalimpregnert trelast. Sammensetningen er hentet fra sikkerhetsdatabladet til Trykkimpregnert trelast klasse AB med CX-8, Royalolje RO,0 fra Møre Royal (2009).

Komponent	CAS nummer	Mengde [vekt %]	Mengde	Kilde	Data Alder	Kommentarer
Input						
Kobberimpregnert trelast	-	60-100	1 m ³	Se vedlegg 2	-	Tettheten til tre er satt til 500 kg/m ³
Royalolje	-	1-2	16 kg	Se tabell 1, vedlegg 3	-	
Output						
Royalimpregnert trelast	-	-	1 m ³	-	-	

2 Referanser

CPM LCA Database. <http://cpmdatabase.cpm.chalmers.se/>

Ecoinvent v2.2. www.ecoinvent.org

Møre Royal. 2010. Sikkerhetsdatablad for Royalolje RO,0 uten pigment . Lastet ned fra www.moreroyal.no.

Møre Royal. 2009. Sikkerhetsdatablad for Trykkimpregnert trelast klasse AB med CX-8, Royalolje RO,0. Lastet ned fra www.moreroyal.no.

Møre Royal. 2010. Sikkerhetsdatablad for Royalolje RO,0 uten pigment . Lastet ned fra www.moreroyal.no.

Møre Royal. 2009. Sikkerhetsdatablad for Trykkimpregnert trelast klasse AB med CX-8, Royalolje RO,0. Lastet ned fra www.moreroyal.no.

Vedlegg 4 Datagrunnlag termisk modifisert tre

1 Inventering

Den mest kjente typen termisk modifisert tre er Thermowood. Thermowood produseres i Finland. Nylig startet Marnar bruk opp produksjons av varmebehandlet tre. Det importeres også varmebehandlet tre fra Baltikum til Norge.

Forbruket av høvellast, elektrisitet, varme, plast og transport er hentet fra Ala-Viikari og Virtanen (2008). Dataene fra studiet til Ala-Viikari og Virtanen (2008) er omarbeidet til norske forhold, se tabell 1.

Tabell 1. Modellering av termisk modifisering – norske forhold.

Komponent	Mengde	Data Kilde	Alder	Kommentarer
Input				
Høvellast ¹⁾	1,17 m ³	Wærp et al, 2009	2007	Data fra MIKADO-prosjektet
Elektrisitet ¹⁾	106,6 kWh	Ecoinvent v2.2: Electricity, production mix NORDEL/NORDEL U	2006	
Termisk energi (gass) ¹⁾	350 kWh	Ecoinvent: Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER U	2003	
PVC film ¹⁾	0,4 kg	Ecoinvent: Polyvinylchloride, at regional storage/RER U	2009	
Nylon ¹⁾	0,05 kg	Ecoinvent: Nylon 6, at plant/RER U	2010	
Transport av tre til produksjonssted	1,17 m ³ / 56 km	Toutain et al, 2008	2008	Egenvekt tre: 0,5 tonn/km
Output				
Høvellast, termisk modifisert	1 m ³	-	-	-

1) Ala-Viikari og Virtanen (2008).

Referanser

Ala-Viikari, J. og J. Virtanen. 2008. Executive summary – Thermowood: Life cycle assessment (LCA) of Finnish thermally modified wood cladding. Lastet ned fra: www.thermowood.fi

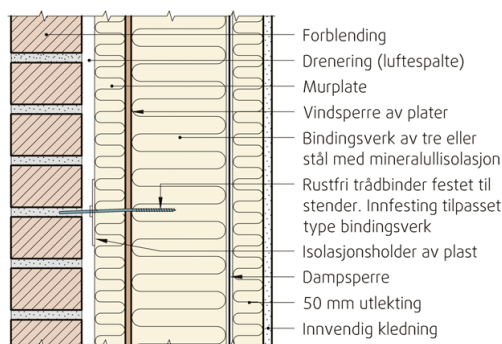
Toutain, JEW, G Taarneby, and E Selvig. 2008. “Energiforbruk og utslipp til luft fra innenlandsk transport”. Rapport nummer 2008/49. Statistisk sentralbyrå.

Wærp, S, C Grini, K Folvik og J Svanæs. 2009. Livsløpsanalyser (LCA) av norske treprodukter. Resultater fra MIKADO-prosjektet. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Vedlegg 5 Datagrunnlag for teglsteinsforblending

1 Inventering

Teglsteinsforblending er et utbredt alternativ til trekledninger. En teglsteinsforblending bygges opp med ett lag teglstein lagt i forband. Fugene er 12–18 mm brede. Forblendingen forankres til bakenforliggende konstruksjon med trådbindere. En prinsippskisse av en teglforblendet bindingsverksvegg er vist i figur 1.



Figur 1. Forblending av isolert bindingsverk (Byggdetaljer 542.301, 2009).

En oversikt over tilgjengelige LCA data for teglstein, murmørtel og tilbehør er vist i tabell 1. I dette studiet er det valgt å bruke ecoinvent-dataene for teglstein og mørtel til tross for at disse dataene er forholdsvis gamle. Sammenlikning av ecoinventdataene med data fra nyere studier av teglstein og murmørtel viser at miljøbelastningen er i samme størrelsesorden for en rekke miljøindikatorer, effekten på global oppvarming er vist i tabell 1.

Til trådbinderne anbefales det å bruke rustfritt stål med 17-19 % krom og 8-11 % nikkel (Byggdetaljer 542.301). Isolasjonsholderen er av plast.

Materialforbruket for 1 m² teglvegg er gitt i tabell 2. Det er valgt å ikke ta med festemidler, dvs. trådbindere og isolasjonsholdere, i modellen.

Tabell 1. Oversikt over tilgjengelige LCA-data for teglstein, murmørtel og tilbehør.

Komponent	Tidsperiode datainnsamling	Global oppvarming, pr kg produkt [kg CO2 ekv]	Referanse
Teglstein	Ikke oppgitt	Vugge til grav: 0,221	Koroneos og Dompros, 2007
Teglstein	2007-2008	Vugge til port: 0,203 Vugge til grav: 0,233	Rouwette, 2010
Teglstein	1992-2002	Vugge til port: 0,238	ecoinvent
Murmørtel Weber M5	2007	Vugge til port: 0,13	EPD Murmørtel Weber M5, 2009
Sementmørtel	1994-2001	Vugge til port: 0,19	ecoinvent
Rustfritt stål (18 % krom og 8 % nikkel)	1990-tallet	Vugge til port: 4,5	ecoinvent
Plast til isolasjonsholder			Plasttype ukjent

Tabell 2. Modellering av 1 m² teglvegg.

Komponent	Mengde	Forbruk		Data, materiale	
		Beregningsgrunnlag	Referanse	Kilde	Alder
Teglstein	123,2 kg	Antar hullteglstein. Størrelse: 226 x 104 x 60 mm Vekt: 2,2 kg Forbruk: 56 per m ²	Wienerberger produktdatablad for teglstein.	Ecoinvent: Brick at plant/RER U	2005
Murmørtel (mengde tørrmørtel)	43,8 kg	Beregner volum utblandet murmørtel som trengs for å lage 15 mm brede fuger. 1 l ferdig murmørtel tilsvarer 1,7 kg tørrmørtel	Produktdatablad for Murmørtel Weber M5	EPD Murmørtel Weber M5, 2009	2007
Trådbindere og isolasjonsholder	0,0196 kg rustfritt stål	Antall trådbindere per m ² vegg: 4 Lengde murbinder: 200 mm Diameter murbinder: 4 mm	Byggdetaljer 542.301	Utelatt	-
Plast til isolasjonsholder	Ukjent	Antall isolasjonsholdere per m ² vegg: 4	Byggdetaljer 542.301	Utelatt	-

2 Avfallsbehandling

Ombruk av tegl som teglstein gjøres i regel ikke, dels på grunn av måten riveprosessen gjerne gjennomføres på og dels fordi behandling av brukt teglstein før den kan brukes på nytt er tid- og kostnadskrevende (Statsbygg 2002). Derimot kan tegl, dersom den ikke er forurenset, knuses, renses og brukes som resirkulert tilslag (NHP 2007). I 2010 ble det produsert 684 000 tonn tegl- og betongavfall (Miljøstatus 2012):

- 89 000 tonn ble materialgjenvunnet (13,0 %)
- 16 000 tonn ble brukt som fyllmasse og dekkmasse og 447 000 tonn fikk annen behandling, sannsynligvis brukt som fyllmasser (totalt 67,7 %)
- 132 000 tonn ble deponert (19,3 %)

Hvis man regner både materialgjenvinning og bruk av tegl/betong som fyllmasse eller dekkmasse som resirkulering så betyr det at disse ikke tas med i miljøregnskapet utover kjøring til behandlingsanlegget for avfall og sortering. Avfallsbehandlingen er satt opp i tabell 3.

Tabell 3. Avfallsbehandling av tegl inkludert mørtel, per 1 m² teglfasade.

Parameter	Mengde/distanse	Data		Kommentar
		Kilde	Alder	
Transport til avfallsbehandling	123,2 kg teglstein 43,8 kg mørtel 50 km transport	Ecoinvent: Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	2007	
Sortering – teglstein og mørtel	123,2 kg teglstein 43,8 kg mørtel	-	-	Ingen data tilgjengelig
Deponi - teglstein	23,8 kg teglstein (19,3 %)	Ecoinvent: Disposal, building, brick, to final disposal/CH U	2003	
Deponi – mørtel	8,5 kg mørtel (19,3 %)	Ecoinvent: Disposal, building, cement (in concrete) and mortar, to final disposal/CH U	2003	
Resirkulering	80,7 %	-	-	Utenfor systemgrensene

3 Referanser

Byggdetaljer 542.301. 2009. Murt forblending. SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer.

Ecoinvent v2.2. www.ecoinvent.org

EPD Murmørtel Weber M5. 2009. NEPD 130N. Lastet ned fra: www.epd-norge.no

Koroneos, C. og A. Dompros. 2007. "Environmental assessment of brick production in Greece." *Building and Environment* 42 (5): 2114–2123.

Miljøstatus. 2012. Betong og teglavfall. <http://www.miljostatus.no/Tema/Avfall/Avfall-og-gjenvinning/Avfallstyper/Betong-og-teglavfall/>

Murmørtel Weber M5. Produktdatablad. Lastet ned fra: www.weber-norge.no

NHP. 2007. Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2007-2012. www.byggemiljo.no.

Rouwette, R. 2010. *LCA of Brick Products. Life Cycle Assessment Report. Final Report After Critical Review*. Think Brick Australia. Lastet ned fra: <http://blog.thinkbrick.com.au/featured/lca/>

SSB. Statistikk over utenrikshandel. www.ssb.no.

Statsbygg. 2002. Gjenbruk i byggebransjen – State of Art. Rapport 1. Prosjektnummer 10166. www.satsbygg.no

Wienerberger. Produktdatablad for teglstein. Lastet ned fra: www.wienerberger.no

Vedlegg 6 Datagrunnlag for overflatebehandling

1 Overflatebehandling

Det er valgt å bruke data fra et LCA studie utført av Imperial College Life Cycle Assessment Group i Storbritannia på oppdrag fra Akzo Nobel, se tabell 1. Analysene er gjennomført i henhold til standardene i ISO 14000-serien. Dataene ble innhentet i tidsrommet 2002–2005. Alle dataene er oppgitt å være vugge til port, der port i dette tilfellet er et sentralt lager i Storbritannia.

Produktene til Akzo Nobel, slik som de er beskrevet i produktdatabladene, er noe annerledes enn tilsvarende produkter på det norske markedet. Norske og andre nordiske behandlingssystemer består av en grunning basert på alkydolje som trenger inn i treet og hindrer vannopptak (impregnerende). Grunningen påføres bart trevirke. Over grunningen legges det en akrylat, alkyd eller hybrid beis eller maling som beskytter grunningen og gir ønsket farge. Enkelte systemer er slik at det ikke påføres grunning på bart trevirke når treet skal beises, bare før dekkbeising eller maling.

Cetol BL primer er et akrylatbasert produkt, som i henhold til beskrivelsen i produktdatabladene, har til funksjon å hindre skjemmende gjennomslag av kvae fra trevirket. Dette er sannsynligvis ikke et produkt som hindrer vanninntrenging. Cetol BL 21 Plus er et alkyd/akrylat produkt som kan brukes både som beis uten forbehandling med grunning og som kan brukes som grunning før behandling med dekkbeis. Dette produktet virker muligens impregnerende, men produsenten opplyser ikke om dette. Cetol BL Opaque er en maling basert på alkyd/akrylat som skal brukes uten grunning. Tilsvarende produkter har også vært i salg i Norge, men er et utypisk produkt hvis de da i det hele tatt fremdeles finnes.

Ettersom disse systemene til Akzo Nobel og de systemene som brukes i Norge i dag har en noe ulik oppbygning der de ulike sjiktene i et system ser ut til å ha forskjellige funksjoner er det sannsynlig at formuleringen også er forskjellig. Spørsmålet er da om formuleringen er så ulik at det ville gitt store forskjeller i LCA-resultatene eller ikke. Det spørsmålet er det vanskelig å svare på, men dataene fra Akzo Nobel tyder på at forskjellen i miljøbelastningen mellom ulike varianter av vannbaserte produkter er såpass liten at dette ikke utgjør noen stor usikkerhetsfaktor. Som eksempel på dette er global oppvarming vist i tabell 2. Effekten på global oppvarming er forholdsvis lik for de tre produktene, og det samme gjelder for de andre miljøindikatorene.

Et annet viktig usikkerhetsmoment er dataenes alder. Dataene er fra 2002–2005. Det skjer en stadig utvikling både ved formulering av malinger, systemoppbygging, og i produksjonsteknologi. Dataene kan med andre ord, være noe utdaterte. Det nødvendige grunnlaget for å bedømme hvor representative dataene er for moderen malingssystemer og malingsproduksjon mangler og dataene blir derfor av denne grunn også beheftet med usikkerhet.

Tabell 1. Produkter som inngikk i livsløpsanalysene [Akzo Nobel 2003-2005]. Alle produktene er vannbaserte. Informasjon om malingene er hentet fra databladene for de ulike produktene (Sikkens 2008–2009).

Egenskap	Industrielle produkter (sprøyting, dypping etc.)			Produkter som påføres med kost			
	Cetol WP 560	Rubbol WF 380	Cetol WF 955	Cetol BL 21 plus	Cetol BL 31	Cetol BL Primer	Cetol BL Opaque
Bindemiddel	Alkyd/akrylat	Akrylat	Akrylat	Alkyd/akrylat	Akrylat	Akrylat	Alkyd/akrylat
Produkttype	Grunning	Maling	Beis	Grunning og beis	Dekkbeis	Grunning, hindrer gjennomslag av kvæ og annen misfarging	Maling
Bruksområde	Inne/ute	Inne/ute	Inne/ute	Ute	Ute	Ute	Ute
Anbefalt grunning		f.eks. Cetol BL Primer	Cetol WP 560		Cetol BL 21 plus	-	Cetol BL Primer ved bruk av lyse farger
Tørrestoffinnhold, [vol %]	15	37	38	26	35	55	51
Spesifikk vekt [g/cm ³]	1,00-1,03	1,07-1,15	-	1,04	1,12	-	1,23
Forbruk	120-160 ml/m ²	150-300 ml/m ²	150-300 ml/m ²	Uhøvlet tre: 4-8 m ² /L Høvlet tre: 12-16 m ² /L	12-14 m ² /L	Uhøvlet tre: Ikke oppgitt Høvlet tre: 10 m ² /L	Uhøvlet tre: 6-8 m ² /L Høvlet tre: 10-12 m ² /L
Forbruk ¹⁾ [kg/m ²]	0,118-0,158	0,135-0,270	-	Uhøvlet tre: 0,13-0,26 Høvlet tre: 0,065-0,087	0,08-0,093	-	Uhøvlet tre: 0,154-0,205 Høvlet tre: 0,103-0,123
Antall strøk	-	2	-	Beis: 3 strøk Grunning: 1 strøk	2	1	2
Organiske løsemidler	-	-	DPGME	PG, 2-BE	EG, 2-PE	-	PG
Årstall innsamling av data	2002-2003	2003-2004	2005	2002-2003	2002-2003	2003-2004	2003-2004

1) Forbruk i kg/m² beregnet fra spesifikk vekt, og forbruk i ml/m² eller m²/L. Der spesifikk vekt angis som et intervall brukes gjennomsnittlig spesifikk vekt ved beregning.

2) DPGME – dipropylenglykol metyleter (CAS 34590-94-8), PG – propylenglykol (CAS 57-55-6), 2-BE - 2-butoxyetanol (CAS 111-76-2), EG – etylenglykol (CAS 107-21-1), 2-PE – 2-fenoxyetanol (CAS 122-99-6)

Tabell 2. LCA data for maling og beis.

Type overflatebehandling	Tidsperiode datainnsamling	Global oppvarming, pr kg produkt [kg CO ₂ ekv]	Kilde
Alkyd/akrylat grunning og beis - vannbasert (Cetol BL 21 plus)	2002–2003	2,933	Akzo Nobel. 2002–2005
Akrylat dekkbeis - vannbasert (Cetol BL 31)	2002–2003	2,569	Akzo Nobel. 2002–2005
Alkyd/akrylat maling - vannbasert (Cetol BL Opaque)	2003–2004	3,082	Akzo Nobel. 2002–2005
Alkyd maling, hvit, 60 % i vann	2003	2,74	Ecoinvent

2 Behandling av 1 m² kledning – forbruk

Ved beregning av forbruk er det gjort følgende valg:

- Akzo Nobels anbefalinger for mengde produkt (produktdatablader) er lagt til grunn. Forbrukene er typiske for denne typen produkter og stemmer godt overens med det forbruket som typisk er angitt for tilsvarende produkter på det norske markedet.
- Mengdeforbruk er angitt som intervaller og mengde vil avhenge av underlagets sug og struktur. Det er valgt å bruke det største anbefalte forbruket.
- Cetol BL Opaque skal i følge produsenten brukes uten grunning. Tilsvarende produkter på det norske markedet brukes med grunning. Det er derfor valgt å føye til ett sjikt Cetol BL 21 Plus i rollen som grunningssjikt.
- Ved behandling av en tidligere behandlet fasade antas det at 5 prosent av fasaden må behandles med grunning fordi trevirket er bart, enten fordi tidligere behandling er skrapet vekk eller fordi deler av kledningen er skiftet ut. Videre antas det at kledningen får ett strøk av toppsjiktet og at man fortsetter med samme type produkt toppstrøket som tidligere. Det vil, for eksempel, si at beisete fasader fortsetter å være beiset og at man ikke skifter til for eksempel malt fasade.

2.1 Tidligere ubehandlet kledning

Behandling av 1 m² tidligere ubehandlet og uhøvlet kledning med beis:

Tre sjikt Cetol BL 21 Plus (grunning/beis). Høyeste forbruk per sjikt er 4 m² per liter grunning/beis. Dette tilsvarer totalt 0,78 kg grunning/beis per m² for til sammen tre sjikt.

Behandling av 1 m² tidligere ubehandlet og uhøvlet kledning med dekkbeis:

Ett sjikt Cetol BL 21 Plus (grunning/beis). Høyeste forbruk per sjikt er 4 m² per liter grunning/beis. Dette tilsvarer 0,26 kg grunning/beis per m².

To sjikt Cetol BL 31 (dekkbeis). Høyeste forbruk per sjikt er 12 m² per liter dekkbeis. Det er ikke oppgitt i produktdatabladet for Cetol BL 31 om dette gjelder uhøvlet eller høvlet kledning, men

forbruket tyder på at det gjelder for høvlet kledning. Det er derfor valgt å ta utgangspunkt i et forbruk på 5 m²/L som er et typisk tall for dekkbeiser. Dette tilsvarer totalt 0,45 kg dekkbeis per m² for til sammen to sjikt.

Behandling av 1 m² tidligere ubehandlet og uhøvlet kledning med maling:

Ett sjikt Cetol BL 21 Plus (grunning/beis). Høyeste forbruk per sjikt er 4 m² per liter grunning/beis. Dette tilsvarer 0,26 kg grunning/beis per m².

To sjikt Cetol BL Opaque (maling). Høyeste forbruk per sjikt er 6 m² per liter maling. Dette tilsvarer totalt 0,41 kg maling per m² for totalt to sjikt.

2.2 Tidligere behandlet kledning

Behandling av 1 m² tidligere beiset fasade:

Veggen vaskes med kraftvask.

Bart trevirke behandles med ett sjikt Cetol BL 21 Plus (grunning/beis). Høyeste forbruk per sjikt er 4 m² per liter grunning/beis. Dette tilsvarer 0,013 kg grunning/beis per m².

Ett sjikt Cetol BL 21 Plus (grunning/beis). Høyeste forbruk per sjikt er 4 m² per liter grunning/beis. Dette tilsvarer 0,26 kg grunning/beis per m².

Behandling av 1 m² tidligere dekkbeiset fasade:

Veggen vaskes med kraftvask.

Bart trevirke behandles med ett sjikt Cetol BL 21 Plus (grunning/beis). Høyeste forbruk per sjikt er 4 m² per liter grunning/beis. Dette tilsvarer 0,013 kg grunning/beis per m².

Ett sjikt Cetol BL 31 (dekkbeis). Høyeste forbruk per sjikt er 12 m² per liter dekkbeis. Det er ikke oppgitt i produktdatabladet for Cetol BL 31 om dette gjelder uhøvlet eller høvlet kledning, men forbruket tyder på at det gjelder for høvlet kledning. Det er derfor valgt å ta utgangspunkt i et forbruk på 5 m²/L som er et typisk tall for dekkbeiser. Dette tilsvarer totalt 0,224 kg dekkbeis per m².

Behandling av 1 m² tidligere malt fasade:

Veggen vaskes med kraftvask.

Bart trevirke behandles med ett sjikt Cetol BL 21 Plus (grunning/beis). Høyeste forbruk per sjikt er 4 m² per liter grunning/beis. Dette tilsvarer 0,013 kg grunning/beis per m².

Ett sjikt Cetol BL Opaque (maling). Høyeste forbruk per sjikt er 6 m² per liter maling. Dette tilsvarer totalt 0,205 kg maling per m².

3 Referanser

Akzo Nobel. 2002–2005. Product Environmental Data Sheets. Cradle to gate data. Lastet ned fra: <http://www.sikkens-joinery.co.uk/en/Life+Cycle+Assessment.htm>.

Ecoinvent v2.2. www.ecoinvent.org.

Sikkens. 2008–2009. Produktdatablader for Cetol BL21 plus, Cetol BL31 og Cetol BL Opaque. Lastet ned fra www.sikkens.trade-decorating.co.uk.

Vedlegg 7 Vask av overflatebehandlet trekledning

1 Innledning

Malingsprodusenter anbefaler at malt eller beiset trekledning vaskes en gang i året og at kledningen vaskes før den males. Til årlig vedlikeholdsvask brukes det gjerne en husvask, mens det før maling brukes en kraftvask. De to produkttypene skiller seg noe fra hverandre, idet kraftvasken inneholder et sterkt alkalie (natriumhydroksid eller kaliumhydroksid) som fører til matting av malingsflaten noe husvasken ikke gjør.

Formuleringen av vaskemidler er en industrihemmelighet, men noe informasjon er tilgjengelig dels fra fagbøker og dels fra produkt- og sikkerhetsdatablader til leverandørene av slike produkter. Felles for en lang rekke syntetiske vaskemidler er at de inneholder følgende to grupper av ingredienser [Board 2005]:

- Overflateaktive ingredienser. Disse brukes blant annet for å sikre at ingrediensen i vaskemidlet blandes godt, kontrollere skumdannelse og føre til bedre kontakt mellom vannet og den overflaten som skal vaskes.
- "Builders": uorganiske forbindelser som forbedrer effekten av de overflateaktive ingrediensene og vannet. De fjerner kalsium- og magnesiumioner fra hardt vann, de kontrollerer pH, bryter opp jordpartikler, forhindrer at partikler som er løsnet fra overflaten fester seg igjen men i stedet holder seg flytende i vannet.

I tillegg kan de inneholde et utvalg av andre forbindelser, for eksempel:

- Basiske forbindelser.
- Løsemidler: løser fett-, olje- og voksforbindelser.
- Biocider
- Parfumer
- Fargestoffer.

På basis tilgjengelig informasjon fra faglitteraturen og fra datablader er det satt opp estimerte formuleringer for husvask og kraftvask. Med utgangspunkt i de antatte formuleringene er det laget to Simapro-prosesser, en for husvask og en for kraftvask. Ettersom vi ikke har tilgjengelig data (energibruk, utslipp og transportavstander for råvarer) for produksjonsprosessen av vaskemidler, det vil si selve sammenblandingen av råvarer hos vaskemiddelprodusenten, er disse ikke tatt med i Simapro-prosessene. Prosessene for husvask og kraftvask er helt og holdent basert på Ecoinvent databasedata og antatte vaskemiddelformuleringer. Datakvalitetene er, med andre ord, forholdsvis dårlig.

2 Husvask

Tabell 1 viser sammensetningen av husvask fra Gjøco og fra Jotun. Gjøco angir i sammensetningen i et datablad for bestanddeler og i et sikkerhetsdatablad. Datablad for bestanddeler skal i henhold til vaskemiddelforordningen, vedlegg VII C, inneholde alle bestanddeler. Sammensetningen til Jotun husvask er basert på sikkerhetsdatabladet for produktet. Slik reglene for sikkerhetsdatablader er utformet må ikke alle ingredienser oppgis i sikkerhetsdatabladet og listen over ingredienser vil derfor sannsynligvis være ufullstendig.

Tabell 1. Husvask fra Gjeco og Jotun.

Ingrediens	CAS nummer	Mengde [Vekt %]	Kommentar
Gjeco Husvask: 1 L konsentrat fortynnes med 30 L vann.			
Vann		Ikke oppgitt	
Trisodium nitrilotriacetat (NTA)	5064-31-3	Ikke oppgitt	Reagerer med kalsium og magnesium i hardt vann. Fremmer fjerning av jordpartikler.
Etoksylert alkohol, C9-C11 (4)	68439-46-3	1-5	Overflateaktiv forbindelse. Ikke ionisk.
Etoksylert alkohol, C9-C11 (6)	68439-46-3	1-5	Overflateaktiv forbindelse. Ikke ionisk.
Natrium metasilikat pentahydrat	10213-79-3	1-5	"Builder". Regulerer pH (gjør basisk) og reduserer korrosjonsskader på en del metaller.
Jotun Husvask: 1 L konsentrat fortynnes med 20 L vann og rekker til vask av ca. 315 m ² flate.			
Etoksylert undekan-1-ol	34398-01-1	10-20	Overflateaktiv forbindelse.
2-(2-butoksyetoksyetanol)	112-34-5	5-10	Løsemiddel: Løser fett, oljer o.l.
Hexyl D-glucosid	54549-24-5	1-5	Overflateaktiv forbindelse. Ikke ionisk.
Natriumkarbonat	497-19-8	1-5	"Builder". Regulerer pH (gjør basisk).

Det er valgt å modellere kraftvask med utgangspunkt i Jotun kraftvask selv om sammensetningen muligens ikke er fullstendig fordi det finnes databasedata for tre av de fire råvarene (utenom vann), mens det for Gjeco kraftvask finnes databasedata for tre av de fem råvarene (utenom vann). Mengden av hver råvare er satt til midtpunktet i mengdeintervallet og blandingen er så fylt opp til 100 prosent med vann. Modellen med utvalgte prosesser er vist i tabell 2.

Tabell 2. Modellering av Husvask. Basert på innholdsdeklarerer av Jotun husvaskvask.

Komponent	CAS nummer	Mengde [vekt %]	Mengde i 1 L konsentrat [g]	Ecoinventprosess	Kommentar
Innhold i vaskemiddel					
Etoksyliert undekan-1-ol	34398-01-1	15	209,8	Ethoxylated alcohols (AE3), petrochemical, at plant/RER U	Vugge-port, 2003
2-(2-butoksyetoksyetanol) = dietylglykol monobutyleter (DGBE)	112-34-5	7,5	104,9	Ethylene glycol monoethyl ether, at plant/RER U	Vugge-port, 2007
Hexyl D-glucosid	54549-24-5	3	42,0	Ingen prosess funnet	
Natriumkarbonat	497-19-8	3	42,0	Sodium carbonate from ammonium chloride production, at plant/GLO U	Vugge-port, 2009
Vann		71,5	1000	Water, deionised, at plant/CH U	2003
Utslipp til jord ved vasking av vegg					
Etoksyliert undekan-1-ol	34398-01-1	-	209,8	Alcohols, c12-14, ethoxylated	
2-(2-butoksyetoksyetanol) = dietylglykol monobutyleter (DGBE)	112-34-5	-	104,9	Diethylene glycol, monoethyl ether	
Hexyl D-glucosid	54549-24-5	-	42,0	Ikke funnet	
Natriumioner (Na+) fra Natriumkarbonat	-	-	9,1	Sodium (+I)	

3 Kraftvask

Tabell 3 viser sammensetningen til Gjøco og Jotun kraftvask. Sammensetningen til Gjøco kraftvask er basert på datablad for bestanddeler og sikkerhetsdatablad og antas derfor å være fullstendig. Sammensetningen til Jotun kraftvask er basert på bare sikkerhetsdatablad og kan derfor være ufullstendig.

Tabell 3. Kraftvask fra Gjeco og Jotun.

Ingrediens	CAS nummer	Mengde [Vekt %]	Kommentar
Gjeco Kraftvask: 1 L konsentrat fortynnes med 10-15 L vann og rekker til vask av 110-320 m ² flate.			
Vann		Ikke oppgitt	
Natriumhydroksid	1310-73-2	1-5	Matter den malte overflaten
Natriummetasilikat pentahydrat	10213-79-3	1-5	"Builder". Regulerer pH (gjør basisk) og reduserer korrosjonsskader på en del metaller.
Cocoamido dipropionat dinatriumsalt	3655-00-3	< 10	
Trisodium nitrilotriacetat	5064-31-3	< 1	Reagerer med kalsium og magnesium i hardt vann. Fremmer fjerning av jordpartikler.
Etoksyliert alkohol, C9-C11	68439-46-3	1-5	Overflateaktiv forbindelse. Ikke ionisk.
Jotun Kraftvask: 1 L konsentrat fortynnes med 20 L vann og rekker til vask av ca. 315 m ² flate.			
Kaliumhydroksid	1310-58-3	2,5-10	Matter den malte overflaten
Dinatriummetasilikat	6834-92-0	2,5-10	"Builder". Regulerer pH (gjør basisk) og reduserer korrosjonsskader på en del metaller.
Fettalkoholetoksyler, >5 EO (Etoksyliert undekan-1-ol)	34398-01-1	2,5-10	Overflateaktiv forbindelse. Ikke ionisk. Flytende ved romtemperatur. Løselighet i vann: 9,4 g/l
Kvartært C12-C14 alkylaminoetoksyliert, klorid	863679-20-3	1-2,5	Overflateaktiv forbindelse. Katioinisk.

Det er valgt å modellere kraftvask med utgangspunkt i Jotun kraftvask selv om sammensetningen muligens ikke er fullstendig fordi det finnes databasedata for tre av de fire råvarene (utenom vann), mens det for Gjeco kraftvask finnes databasedata for tre av de fem råvarene (utenom vann). Mengden av hver råvare er satt til midtpunktet i mengdeintervallet og blandingen er så fylt opp til 100 prosent med vann. Modellen med utvalgte prosesser er vist i tabell 4.

Tabell 4. Modellering av kraftvask. Basert på innholdsdeklarerer av Jotun Kraftvask.

Komponent	CAS nummer	Mengde [vekt %]	Mengde i 1 L konsentrat [g]	Ecoinventprosess	Kommentar
Innhold i vaskemiddel					
Kaliumhydroksid	1310-58-3	6,25	78,6	Potassium hydroxide, at regional storage/RER U	Vugge-port, 2005
Dinatriummetasilikat	6834-92-0	6,25	78,6	Sodium metasilicate pentahydrate, 58 %, powder, at plant/RER U	Vugge-port, 2003
Fettalkoholetoksylater, >5 EO (Etoksylert undekan-1-ol)	34398-01-1	6,25	78,6	Ethoxylated alcohols (AE3), petrochemical, at plant/RER U	Vugge-port, 2003
Kvartært C12-C14 alkylaminoetoksylat, klorid	863679-20-3	1,75	22,0	Ingen prosess funnet	
Vann		79,5	1000	Water, deionised, at plant/CH U	2003
Utslipp til jord ved vasking av vegg					
Kaliumioner, K+ fra KOH	-	-	54,8	Potassium (+I)(kg)_s	
Dinatriummetasilikat	6834-92-0	-	78,6	Ingen emisjoner til jord funnet	
Fettalkoholetoksylater, >5 EO (Etoksylert undekan-1-ol)	34398-01-1	-	78,6	Alcohols, c12-14, ethoxylated	
Kvartært C12-C14 alkylaminoetoksylat, klorid	863679-20-3	-	22,0	Quaternary coconut oil amine ethoxylate	

4 Referanser

Board, N. 2005 *The Complete Technology Book On Detergents*. National Institute of Industrial Research. Delhi.

Europaparlaments- og Rådsforordning (EF) Nr. 648/2004 av 31 Mars 2004 om vaske- og rengjøringsmidler”, 2004. <http://www.lovdata.no/for/grafikk/32004r0648.pdf>.

Gjøco Husvask og Gjøco Kraftvask. Datablader for bestanddeler og sikkerhetsdatablader. Lastet ned fra www.gjoco.no den 22.5.2012.

Jotun Husvask og Jotun Kraftvask. Sikkerhetsdatablader. Lastet ned fra www.jotun.no den 22.5.2012.

Miøjanalyse av trefasader

Å benytte tre som fasademateriale blir ofte sett på som et miljøvennlig alternativ til andre, ofte ikke-fornybare materialer. Tre som fasademateriale kommer i mange utgaver, f.eks. ubehandlet trevirke, tre med overflatebehandling, impregnert tre og termisk modifisert tre.

Spørsmålet er da hvordan disse trefasadene kommer ut i et livsløpsperspektiv? Og i hvilken grad innvirker overflatebehandlingen på miljøegenskapene til kledningen? Denne analysen forsøker å lage realistiske vedlikeholdsscenarioer, ta i bruk de beste tilgjengelige levetids- og miljødataene for så å sammenligne miljøpåvirkningen til alternative løsninger i et livsløpsperspektiv. Resultatene viser at bruk av norsk furu/gran med eller uten kopperimpregnering, men uten overflatebehandling, medfører de laveste utslippene av klimagasser gjennom levetiden. Lange transportavstander av trevirke har også negativ effekt på miljøregnskapet.

Studien er et samarbeid mellom SINTEF Byggforsk, Treteknisk institutt og Institutt for skog og landskap og er finansiert av forskningsprosjektet KlimaTre.