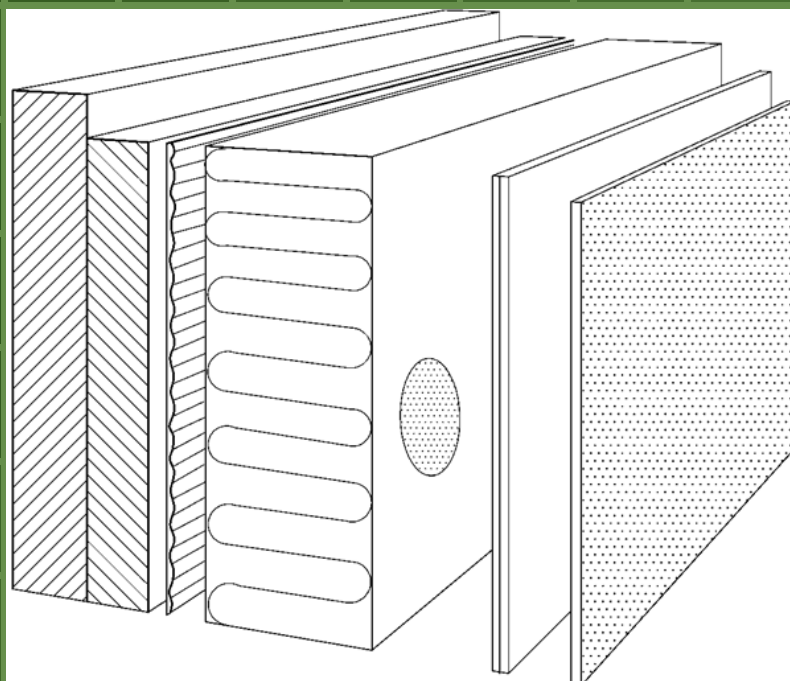


SILJE WÆRP, ANNA SVENSSON, SVERRE B. HOLØS OG MARK MURPHY

# Livsløpsvurdering (LCA) av puss på isolasjon

Prosjektrapport 95

2012



SINTEF Byggforsk

Silje Wærp, Anna Svensson, Sverre B. Holøs og Mark Murphy

# **Livsløpsvurdering (LCA) av puss på isolasjon**

Prosjektrapport 95 – 2012

Prosjektrapport nr. 95

Silje Wærp, Anna Svensson, Sverre B. Holøs og Mark Murphy

**Livsløpsvurdering (LCA) av puss på isolasjon**

Emneord:

Livsløpsvurdering

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1270-6 (pdf)

Prosjektnr.: 30248

Illustrasjon omslag:

SINTEF Teknisk Godkjenning TG 2442

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2012

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.

Adr.: Forskningsveien 3 B  
Postboks 124 Blindern  
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

[www.sintef.no/byggforsk](http://www.sintef.no/byggforsk)

## SAMMENDRAG

Rapporten oppsummerer livsløpsanalyse (LCA) av fasadeisoleringsystem puss på isolasjon. Livsløpsanalysen dokumenterer produktenes miljøbelastning fra vugge til grav samt beregner spart energi og tilhørende sparte klimagassutslipp når systemet benyttes til etterisolering. Det er beregnet tre ulike alternativer for isolasjon, steinull, EPS og fenolisolasjon med en tykkelse som gir samme U-verdi. Produksjonsfasen for puss og isolasjon har størst betydning for klimagassutslippet, det utgjør i størrelsesorden 85 % av totale klimagassutslippet over hele livsløpet for alternativene. Det som skiller de ulike alternativene er produksjonsfase for isolasjonen og transport. Bruk av 120 mm steinull eller EPS alternativt 70 mm fenolisolasjon gir en forskjell mellom laveste (EPS) og høyeste verdi (steinull) på 47 % på energibruk. Forskjellen mellom laveste (steinull) og høyeste verdi (EPS) er 28 % på klimagassutslipp. Endres densiteten på steinull fra 75 kg/m<sup>3</sup> til 90 kg/m<sup>3</sup> blir forskjellen kun 7 % på klimagassutslipp. Med datagrunnlaget som foreligger anbefales det ikke å la klimagassutslipp legges til grunn ved valg av isolasjonstype, men inkludere flere miljøparametre. Mulighet for gjenvinning og innhold av prioriterte miljøgifter bør vektlegges ved valg, det bør også ses på andre miljøparametre. Det anbefales å gjøre flere sammenligninger av ulike fasadesystemer. Ved å sammenligne flere miljødata, både spesifikke og generiske, kan resultatene generaliseres. Ser man på materialenes energi og klimagassutslipp over livsløpet mot spart energi og klimagassutslipp som følge av redusert varmetap, gir dette samlet sett en besparelse i løpet av om lag ett år. Behov for hyppigere utskiftning som følge av redusert levetid påvirker dette resultatet. Energikilde til oppvarming vil ha stor betydning for dette resultatet. Klima, ventilasjonsløsning i bygninger og bygningen var isolert i utgangspunktet vil også påvirke resultatet.

**Summary in English- see chapter 6.**

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>5</b>
1.1	Beskrivelse av fasadeisoleringssystemet.....	6
<b>2</b>	<b>Metode for livsløpsvurdering.....</b>	<b>7</b>
2.1	Funksjonell enhet.....	7
2.2	Systemgrenser.....	7
2.3	Allokering.....	8
2.4	Kalkulasjonsregler.....	8
2.4.1	LCI-data.....	8
2.4.2	Cut-off.....	9
2.5	Bruk av casestudie.....	9
2.5.1	Transport.....	10
2.5.2	Byggeplass.....	10
2.5.3	Driftsfase.....	10
2.5.4	Avhendingsfase, produktet som avfall.....	10
2.5.5	Prioriterte miljøgifter.....	10
<b>3</b>	<b>Resultater og vurdering av resultat.....</b>	<b>10</b>
3.1	Energibruk.....	10
3.2	Klimagassutslipp.....	11
3.3	Energibruk og klimagassutslipp - puss-system.....	13
3.4	Usikkerhet i datagrunnlag.....	13
3.5	Mulighet for gjenvinning?.....	14
3.6	Prioriterte miljøgifter i produktene.....	14
<b>4</b>	<b>Energiforbruk og tilhørende klimagassutslipp – driftsfase.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Diskusjon og anbefalinger.....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Summary in English.....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>Referanseliste.....</b>	<b>22</b>
	<b>Vedlegg 1 Mengdeberegning Møridalsporten.....</b>	<b>24</b>
	<b>Vedlegg 2 Øvrige miljøpåvirkninger.....</b>	<b>26</b>

## BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1. Mengdeberegning

Vedlegg 2. Øvrige miljøpåvirkninger per funksjonelle enhet

# Livsløpsvurdering (LCA) av puss på isolasjon

## 1 Innledning

Denne rapporten oppsummerer livsløpsanalyse (LCA) av et fasadeisoleringsystem bestående av puss på isolasjon. Hensikten med livsløpsanalysen er å belyse miljømessige konsekvenser av fasadeisolerings-systemet over livsløpet. Det er beregnet tre alternativer med ulik isolasjon som gir samme varmegjennomgangskoeffisient(U-verdi). Det er også sett på spart energi og klimagassutslipp når systemet benyttes til etterisolering. Rapporten inngår i FoU-prosjektene Mecoren som tar for seg bærekraftig rehabilitering av eksisterende bygg.

Livsløpsanalyser(LCA) omfatter miljøpåvirkning gjennom alle fasene av livsløpet

- Råvareuttak
- Produksjon
- Bygging
- Bruk
- Avhending

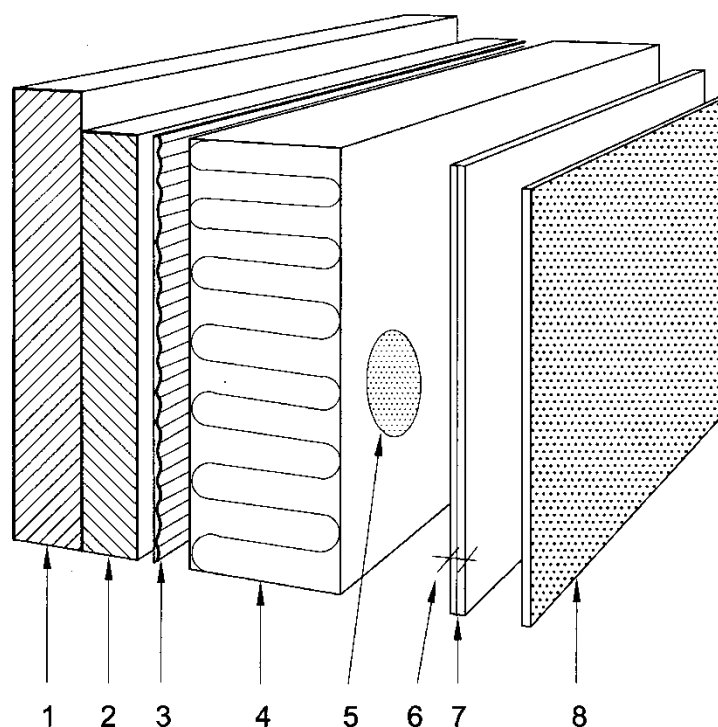
Følgende miljøtema er belyst:

- Energiforbruk i produksjon og varmetap i driftsfase
- Klimagassutslipp
- Avfallshåndtering ved endt livsløp
- Innhold av prioriterte miljøgifter i produktene.

Andre miljøpåvirkningskategorier (nedbryting av ozonlaget, dannelse av fotooksidanter, forsurening, overgjødning) er ikke analysert, men fremkommer i vedlegg 2.

I livsløpsanalysen er det i stor grad benyttet spesifikke miljødata. Innhold av prioriterte miljøgifter er vurdert med utgangspunkt i konkrete produkt. Metode for livsløpsanalysen er beskrevet i kapittel 2, resultater er beskrevet i kapittel 3.

## 1.1 Beskrivelse av fasadeisoleringsystemet



1. Bærende vegg (load bearing wall)
2. Overflatesjikt (puss/bygningsplate e.a.) (Surface layer (e.g. render))
3. Klebemørtel Sto Byggklister/Sto Systempuss (adhesive mortar)
4. Varmeisolasjon; steinull, ekspandert polystyren eller fenolskum (thermal insulation)
5. Sto Fasadeplugg (Facade plug)
6. Grovpuss; Sto Systempuss eller Sto Armat Classic (Coarse plaster)
7. Sto Armeringsnett M (reinforcement mesh)
8. Sto grunning og slutt puss (primer and finishing render)

Figur 1 Oppbygging av system, puss på isolasjon. I denne analysen er system fra Sto benyttet.

StoTherm fasadeisoleringsystem består av puss på isolasjon montert på utsiden av en bærende veggkonstruksjon[1], se fig. 1. Isolasjonsplatene klebes til underlaget. Normalt blir platene også festet med festeplugger. Pussen består av to materialsjikt; en grovpuss og en slutt puss. Grovpussen armeres med et armeringsnett av glassfiber. StoTherm leveres med isolasjon av steinull, ekspandert polystyren (EPS) eller fenolskum.

Til fasadeisoleringsystemet benyttes også følgende:

- Fugebånd. Selvklebende, forkomprimert fugebånd av impregneret polyuretanskum
- Sokkellist. Eloksert, tett aluminiumsprofil med dryppkant.
- Hjørnevinkel

Det benyttes også ulike pusstyper mot terreng, disse har en større andel sement.

Vekten av det ferdige fasadeisoleringsystemet inkludert isolasjon er mellom 19 kg/m<sup>2</sup> (120 mm EPS)- 32 kg/m<sup>2</sup> (200 mm Steinull).

## 2 Metode for livsløpsvurdering

Livsløpsanalysen er basert på internasjonale standarder:

- NS- EN ISO 14040 [2] og NS- EN ISO14044 [3], generelle standarder for livsløpsanalyser.
- NS- EN ISO21930[4], NS- EN ISO 14025[5], standarder for miljødeklarasjoner

Foreløpig standard for kalkulasjon av miljøbelastning for bygninger, prEN 15978 [6] og foreløpig standard for produktkategoriregler prEN 15804:2008 [7] er også benyttet som verktøy i analysen.

Det er beregnet spart energiforbruk som følge av etterisolering og tilhørende klimagassutslipp på en gitt konstruksjon. Dette inngår ikke i selve livsløpsvurderingen, metode og resultater er nærmere beskrevet i kapittel 4.

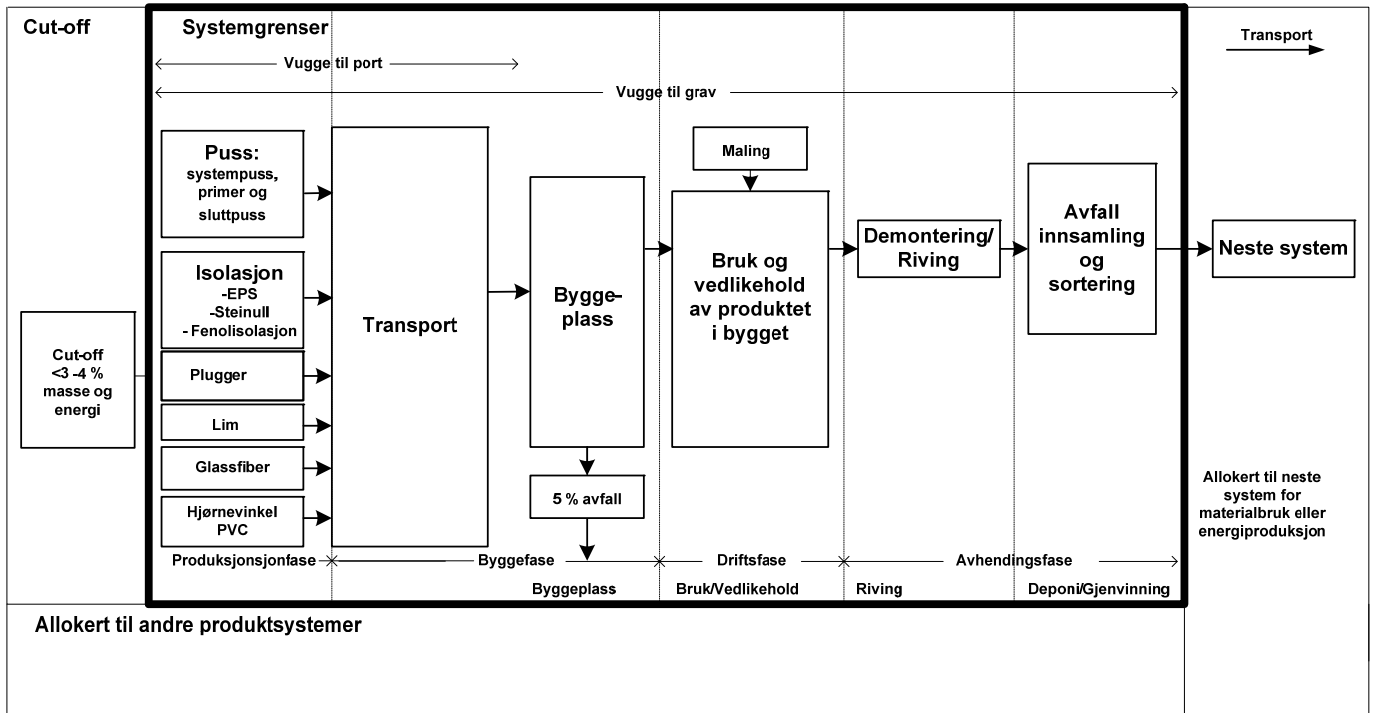
### 2.1 Funksjonell enhet

Den funksjonelle enheten er 1 m<sup>2</sup> fasadeisoleringssystem ferdig montert og vedlikeholdt med 50 års forventet gjennomsnittlig levetid og tilsvarende U-verdi. Energiforbruk i driftsfasen er medtatt i form av energi til bygging og vedlikehold. Isolasjon med henholdsvis 120 mm EPS eller steinull og 70 mm fenolisolasjon regnes som sammenlignbare, se kap. 4.

### 2.2 Systemgrenser

Analysen er gjort fra vugge til grav slik det fremgår av Figur 2. Miljøbelastningen fra materialene i opprinnelig konstruksjoner i bygget er ikke medtatt siden det regnes som ”avskrevet” miljømessig.





Figur 2 Fasadeisoleringsystem analysert fra vugge til grav.

### 2.3 Allokering

Allokering er en fordeling av miljøbelastning, som kan benyttes dersom det produseres flere produkter på en fabrikk og man ønsker å ta ut miljøbelastningen for et av produktene. Vanlige metoder er allokering etter volum, masse eller økonomisk verdi. Ulike allokeringemetoder gir ulike utslag på resultatet av en livsløps-analyse.

I dette tilfellet er det benyttet miljødata (LCI-data) fra ulike produsenter. Dette er hovedsakelig miljø-deklarasjoner (EPD), men også andre tilgjengelige data. Det kan være gjort allokeringer i LCA- analysen som ligger til grunn for EPDene som er benyttet. Vi har ikke gått nærmere inn i bakgrunnsdokumentene for disse miljødataene, men der EPDer er benyttet følger det internasjonale standarder for LCA- analyser. Det er det krav om sensitivitetsanalyser i LCA- studien, herunder allokeringemetode. Det er ikke gjort allokering i denne analysen av fasadeisoleringsystemet.

### 2.4 Kalkulasjonsregler

#### 2.4.1 LCI-data

Det er samlet inn spesifikke miljødata (LCI- data) for produktene som inngår i fasadeisoleringsystemet. Dette er oppsummert i Tabell 1.

Navn	Produkt	Type data		Kilde	Kommentar
Lim	Sto Byggklistler[8]	spesifikke	Vugge til port	EPD Tyskland	
Puss	Sto Systempuss[8]	Spesifikke	Vugge til port	EPD Tyskland	
Primer	StoPrep Mira[9]	Spesifikke	Vugge til grav	EPD Tyskland	EPD ikke ferdig, kun data for miljøpåvirkninger tilgjengelig. Det er gjort estimater for energibruk.
	StoLotus[9]	Spesifikke	Vugge til grav	EPD Tyskland	EPD ikke ferdig, kun data for

Sluttpuss					miljøpåvirkninger tilgjengelig. Det er gjort estimater for energibruk.
Plugg	EJOT festeplugg[10]	Spesifikke	Vugge til grav	EPD Tyskland	
Steinull	Paroc steinull[11]	Spesifikke	Vugge til port	EPD Norge	Data for steinull hentet fra EPD under utarbeidelse.
EPS	Sunde EPS[12]	Spesifikke	Vugge til port	Produksjonsdata Sunde	Produksjonsdata fra Sunde 2007/generiske data råstoffer
Fenolisolasjon	Kingspan Kooltherm K5 WDV-LC[13]	Spesifikke	Vugge til grav	Miljødokumentasjon Kingspan	Dette er ikke en EPD, noe usikre bakgrunnsdata.
Glassfiber	Glassfiber	generiske	Vugge til port	LCI data Gabi	
Hjørnevinkel	Hjørnevinkel PVC	generiske	Vugge til port	LCI data Gabi	
Maling	Maling (vedlikehold)[14]	generiske	Vugge til port	EPD Frankrike	

Tabell 1 Materialer som inngår i Sto Therm fasadeisoleringsystem, puss på isolasjon.

Tabell 1 viser at det er benyttet mye spesifikke data i denne analysen. Det er benyttet generiske tall for elektrisitet (Nordel miks) og transportdata fra GaBi. Det er også benyttet noen generiske data for materialer. Fordi EPD for enkelte pusstyper ikke forelå ved analysen er det gjort estimater på energiforbruk for primer og sluttpuss.

LCI- data for steinull er beregnet med utslippsfaktor med grønne sertifikat. Grønne sertifikat på elektrisitet gir et utslipp på elektrisitet på 18 g/kWh, mens nordisk elmiks gir 204 g/kWh. Det er beregnet alternativ med nordisk elmiks for steinull for å gjøre dataene mer sammenlignbare.

LCA-analysene er utført ved bruk av GaBi 4 software som er et LCA- verktøy utviklet av PE International i Tyskland. GaBi 4 henter informasjon fra databaser med LCI-data for ulike materialer, tilsetningsstoffer, energibærere etc. Mer informasjon om GaBi finnes på [www.gabi4.com](http://www.gabi4.com)

## 2.4.2 Cut-off

Regler for cut-off, dvs. hva som kan utelates i en LCA-analyse er definert i [7]. Maksimal cut-off per enhetsprosess skal være 1 % av masse og energi. Sum av cut-off per modul (eksempelvis produksjonsfase, byggefase) skal være maks 5 % av masse og energi. Materialer som har potensial for store miljøbelastninger skal ikke utelates på cut-off, f.eks. skadelige kjemikalier.

Følgende komponenter er utelatt i denne produksjonsfasen (angitt i % av masse og energi):

- Sokkelpuss (1–2 %)
- Fugebånd (mindre enn 0,05 %)
- Sokkellist (< 1 %)

Estimert cut-off for energibruk og masse i produksjonsfasen blir da beregnet til 3–4 %. I øvrige livsløpsfaser er cut-off svært liten, anslagsvis 1–2 % av materialmengde for hver livsløpsfase. Det er noe usikkerhet i scenarier for byggefase, driftsfase og transport. Det er ikke gjort cut-off på kjemikalier.

## 2.5 Bruk av casestudie

Maridalsporten er benyttet som case for å få riktige mengden inn i analysen. Maridalsporten er et kontorbygg i Oslo som ble bygget om til boliger. Denne casen er ikke studert ytterligere. Mengde puss (primer, puss og sluttpuss) er justert med + 10 % for tilpasning til hjørner, vinduer etc. i det aktuelle caset. Se vedlegg 1 for mengdeberegning.

### 2.5.1 Transport

Data for transportavstand og tomkjøring er innhentet hos Sto og Sunde. Byggeproduktene kommer fra Tyskland, Finland, Sverige og Norge. Det er relativt lang transport fra fabrikkport til byggeplass, estimert til gjennomsnittlig 600 km. Det er lagt inn 30 % tomkjøring. Transport til avhending er estimert til 50 km. Modellen for transportavstander og type transport er noe grovt vurdert, og dermed gjenstand for noe usikkerhet.

### 2.5.2 Byggeplass

Det er estimert energiforbruk på byggeplass, 10 MJ elektrisitet per m<sup>2</sup>. Det mangler gode data for forbruk av energi og utslipp på byggeplass, og tallet er derfor et meget grovt anslag. Det er lagt inn 5 % svinn på alle materialer på byggeplass og 20 % overlapp på glassfiber.

### 2.5.3 Driftsfase.

Puss på isolasjon som fasadeisoleringsystem har ikke vært så lenge i bruk i Norge. Data i Byggforskserien som omhandler pussede fasade gir et estimat på levetid på ca. 40–50 år[15]. Det henvises imidlertid til et stort antall eksempler på pussfasader som er intakte etter 100 år. Systemet ser ut til å stå seg bra over tid dersom det er riktig utført. På bakgrunn av dette er det valgt en levetid på 50 år for systemet uten utskiftning. Det er forutsatt et vedlikeholdsscenario som omfatter vask og maling, 3 x 2 strøk med maling (vanntynnbar akrylmaling, se 2.4.1) i løpet av 50 år. Miljøbelastningen for vask av fasaden vurderes som neglisjerbar.

### 2.5.4 Avhendingsfase, produktet som avfall.

Materialer som er egnet til gjenvinning får ikke dette tilgodesett i en LCA per i dag. I [7] er det foreslått en modul som skal synliggjøre potensialet for gjenbruk og resirkulering som en del av LCA I denne rapporten synliggjøres gjenvinningspotensialet for materialene basert på dagens praksis[16].

### 2.5.5 Prioriterte miljøgifter

Miljøgifter er stoffer som gjør irreversible skader når de kommer ut i naturen og det er vanskelig å sette noen definert grenseverdi for skadelighet. Med prioriterte miljøgifter menes her:

- CMR-stoffer (CMR=kreftfremkallende, mutagene og reproduksjonsskadelige)
- PBT/vPvB-stoffer (PBT= ikke nedbrytbare (persistent), bioakkumulerbare og giftige; vPvB svært persistent og svært bioakkumulerende, v=svært (very)).

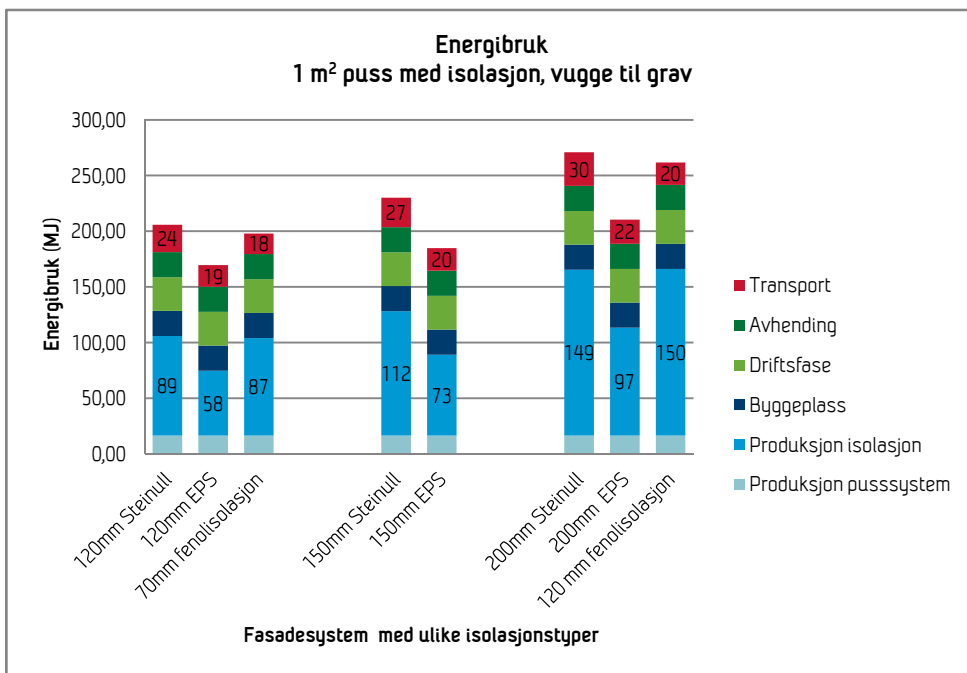
Stoffene omfattes av autorisasjonskravene iht. EUs kjemikaliesystem REACH, noen av disse stoffene inngår på Klima- og forurensningsdirektoratets Prioritetsliste. Det er krav i TEK 10 at disse miljøgiftene skal unngås. For mer informasjon, se [17] og [18].

## 3 Resultater og vurdering av resultat

Det er beregnet energiforbruk og klimagassutslipp for hele fasadeisoleringsystemet med ulike isolasjonsløsninger. Disse løsningene har samme U-verdi og er derfor sammenlignbare. Videre er det sett på mulighet for gjenvinning ved endt livsløp samt prioriterte miljøgifter i produktene som inngår.

Øvrige miljøpåvirkninger som fotokjemisk oksidasjonspotensial, ozonnedbrytingspotensial, og potensial for forurensning og overgjødning er rapportert ut i vedlegg 2, men ikke analysert nærmere.

### 3.1 Energibruk



Figur 3 Energibruk ved produksjon av fasadeisoleringsystem. (Lifetime energy use for faade insulation systems)

Energibruk per livsløpsfase fremgår av Figur 3. Det totale energiforbruket er 206 MJ (120 mm steinull), 170 MJ (120 mm EPS), 198 MJ (70 mm fenolisolasjon). Det skiller 21 prosent mellom laveste (EPS) og høyeste (steinull) alternativ, når man ser på hele livsløpet. En økning av isolasjonstykkelse fra 120 til 200 mm gir økning av energibruk for hele systemet på 24–32 %, høyest for EPS.

Det som skiller de ulike alternativene er produksjonsfase for isolasjon og transport. Energibruk for disse livsløpsfasene er angitt i Figur 3. Summerer man kun produksjonsfase for isolasjon og transport gir dette et energiforbruk på 113 MJ (120 mm steinull), 77 MJ (120 mm EPS) og 105 MJ (70 mm fenolisolasjon). Forskjellen mellom laveste (EPS) og høyeste alternativ (steinull) er 47 % på energibruk.

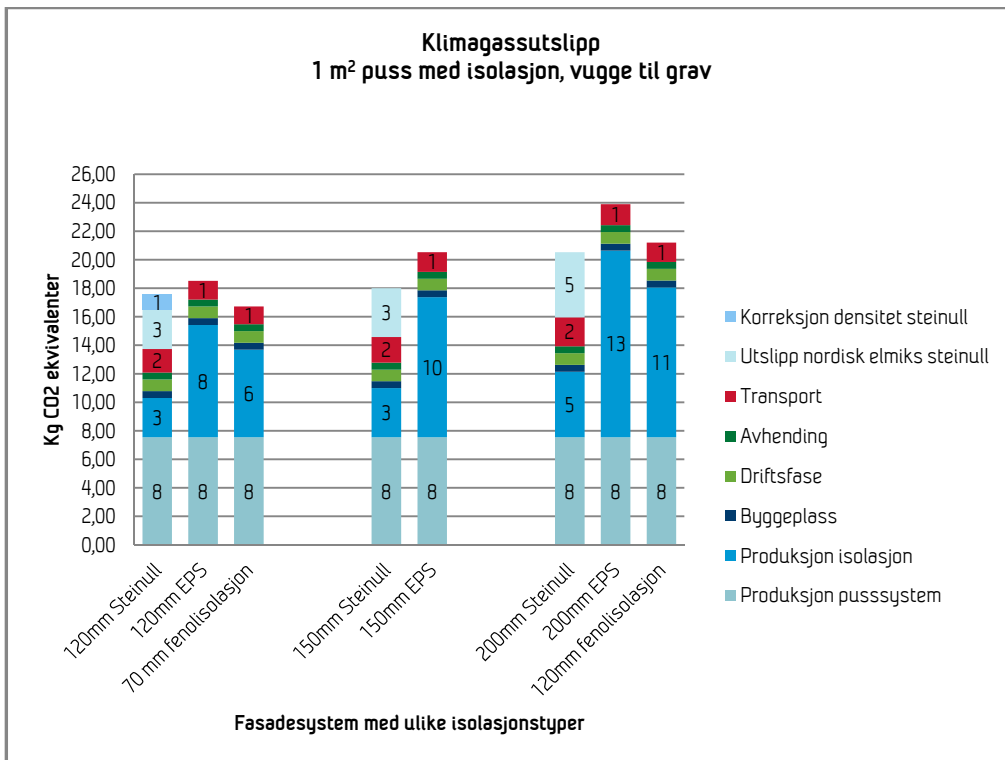
Steinull kan ha høyere densitet, noe som både gir seg utslag i miljøbelastning og U-verdi. Dette er nærmere vurdert i 3.2. Fenolisolasjon er mer energikrevende å fremstille per kg enn øvrige isolasjonstyper. Man sparer i dette tilfellet ikke energi på å benytte mindre mengde isolasjon.

Energiforbruk for livsløpsfasene byggeplass, driftsfase, avhending utgjør 75 MJ, henholdsvis 37 % (120 mm steinull), 44 % 120 mm (EPS) og 38 % EPS av totalt energiforbruk. Denne energibruken er basert på scenarier, der man har estimert en energibruk på byggeplass, ved drift og avhending (riving). I driftsfasen har framstilling av maling noe energiforbruk, ca. 7 MJ.

Scenariene for driftsfasen bør forbedres da det er knyttet usikkerhet til estimatene.

### 3.2 Klimagassutslipp

Klimagassutslipp for systemet fremgår av Figur 4



Figur 4 Klimagassutslipp for fasadeisoleringsystem. (GHG emission for facade insulation systems)

I EPDen for steinull var det lagt til grunn nullutslipp for elektrisitet (grønn el). For å få en sammenlignbar elektrisitetsmiks er det for steinull gjort en korreksjon for utslipp fra nordisk elektrisitetsmiks (se 2.4.1). Denne korreksjonen er lagt inn i Figur 4.

Det totale klimagassutslippet for alternativet med 120 mm steinull er 13,8 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter beregnet med grønn elektrisitet og 16,5 kg CO<sub>2</sub> ekv med korreksjon for nordisk elmiks. Dette viser at elektrisitetsmiks gir stort utslag.

For 120 mm EPS er klimagassutslippet 18,5 CO<sub>2</sub> ekv, og for 70 mm fenolisolasjon er det 16,7 kg CO ekv. Det skiller 12 prosent mellom laveste (steinull med korreksjon) og høyeste alternativ (EPS). En økning av isolasjonstykkelse fra 120 til 200 mm (EPS, steinull)/120 mm (fenol) gir en økning i utslipp for hele systemet på 25–29 %. Økningen er størst for steinull.

Produksjonsfasen for puss og isolasjon har størst betydning for klimagassutslippet, det utgjør i størrelsesorden 85 % av totale klimagassutslippet over hele livsløpet. Det som skiller de ulike alternativene er produksjonsfase for isolasjon og transport. Klimagassutslipp for disse livsløpsfasene er angitt i Figur 4. Summerer man produksjonsfase for isolasjon og transport gir dette henholdsvis 7,2 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter (120 mm steinull med korreksjon for elmiks), 9,2 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter (120 mm EPS) og 7,4 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter (70 mm fenolisolasjon). Forskjellen mellom laveste (steinull) og høyeste alternativ (EPS) er 28 % på klimagassutslipp.

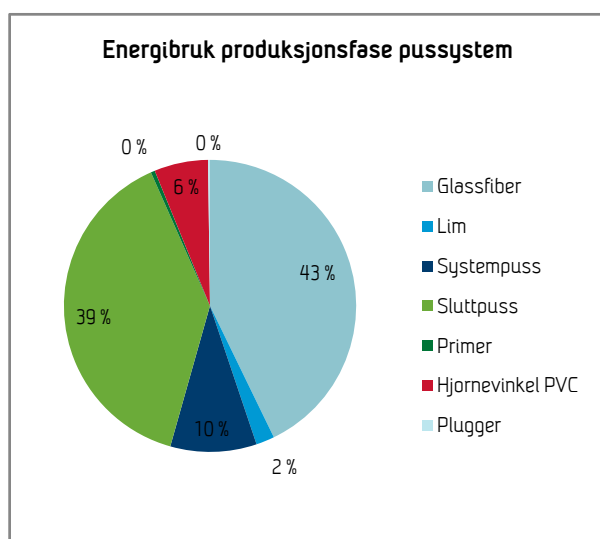
Ofte benyttes steinull med høyere densitet enn det som er benyttet i analysen. For alternativet med 120 mm isolasjon er klimagassutslippet for EPS som nevnt 28 % høyere enn steinull. Endres densiteten på steinull fra 75 kg/m<sup>3</sup> (som benyttet i beregning) til 90 kg/m<sup>3</sup> blir forskjellen kun 7 % (EPS 7 % høyere enn steinull). Dette vises i første søyle i Figur 4. Klimagassutslipp fra steinull er sensitive for endringer i densitet. Endring av densitet vil også påvirke U-verdi, hvor mye er ikke beregnet.

Transport utgjør mellom 7–10 % av klimagassutslippene for systemene med 120 mm isolasjon (EPS, steinull)/70 mm fenolisolasjon. Transport av steinull gir 28 % mer klimagassutslipp enn transport av EPS.

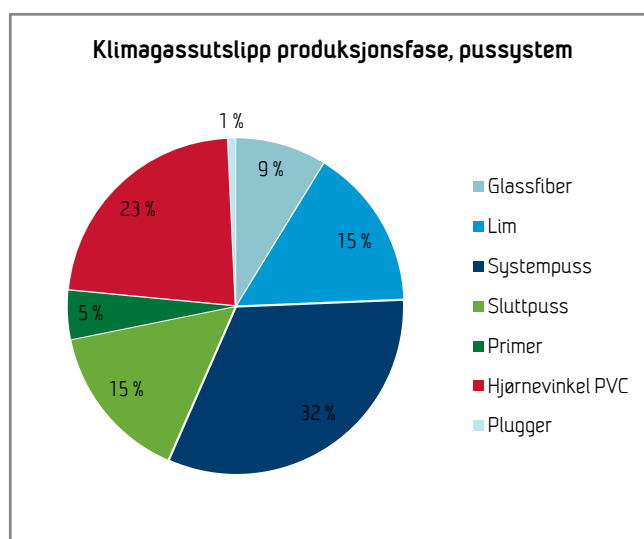
Klimagassutslipp for livsløpsfasene byggeplass, driftsfase og avhending utgjør 1,8 CO<sub>2</sub> ekvivalenter, ca. 10 % av totalt klimagassutslipp. Klimagassutslippet er resultat av scenarier for energibruk.

### 3.3 Energibruk og klimagassutslipp - pussystem

Figur 5 viser fordelingen av energibruk på de ulike delene av fasadeisoleringsystemet mens Figur 6 viser tilhørende klimagassutslipp. Her er alt unntatt isolasjon i produksjonsfase og maling i driftsfasen medberegnet.



Figur 5 Energibruk ved produksjon av pussdelen av fasadeisoleringsystem



Figur 6 Klimagassutslipp ved produksjon av pussdelen av fasadeisoleringsystem.

Ser man på energiforbruk utgjør selve pussen (primer, systempuss og sluttpuss) 50 % av energibruken. Ser man på tilhørende klimagassutslipp utgjør pussen 52 %. Materialer som PVC og glassfiber er energi- og utslippskrevende å fremstille.

### 3.4 Usikkerhet i datagrunnlag

Transport utgjør mellom fra 7–10 % av klimagassutslippene for systemene med 120 mm isolasjon/70 mm fenolisolasjon. Transport av EPS fra produksjonssted i Norge vil være noe kortere enn 600 km som er benyttet i analysen. Dette gir seg imidlertid lite utslag siden det inngår flere komponenter i fasadeisolerings-systemet. Det er estimert til maksimalt 10 % reduksjon av transportfasen ved reduksjon av transportavstand for EPS til halvparten (300 km). Dersom steinull skal transporteres halvparten av distansen, reduseres transportfasen med 24 % (pga. høyere vekt på steinull enn EPS). Scenariene for transport bør forbedres, da det her kun er tatt hensyn til vekt og distanse. I denne studien har transport begrenset betydning, siden produksjonsfase for materialene utgjør såpass mye av f.eks. klimagassutslippet.

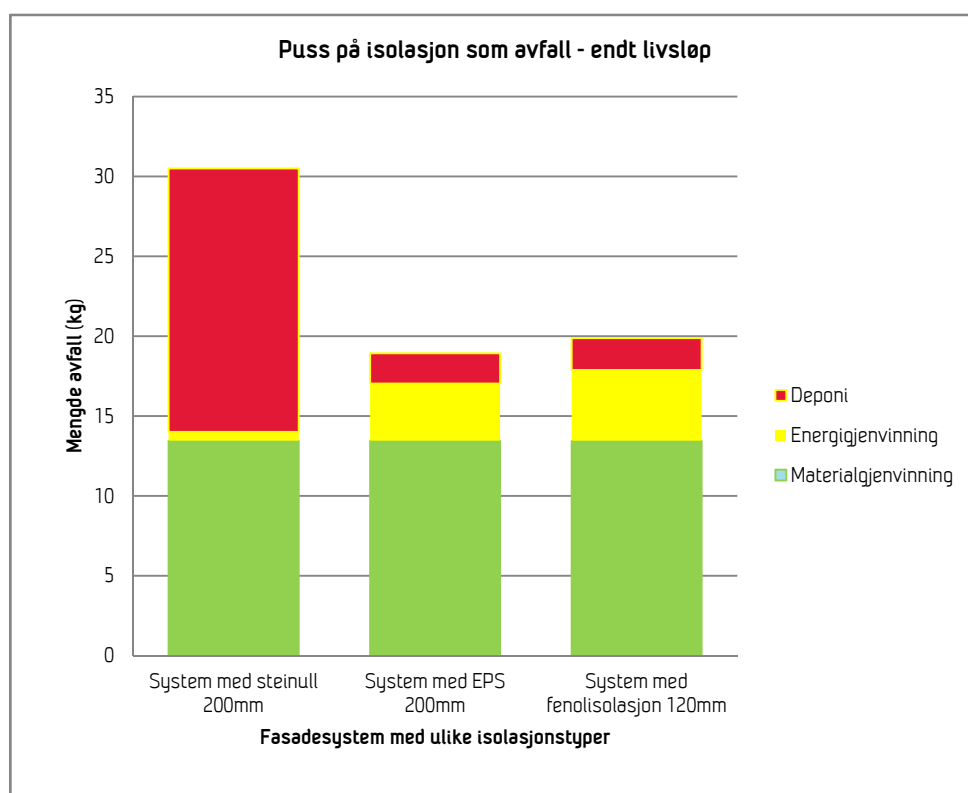
Data for fenolisolasjon kommer ikke fra en tredjepartsverifisert miljødeklarasjon (EPD). Data for EPS kan også ha noen mangler, siden dette ikke er en fullstendig EPD med produksjonsdata fra en fabrikk.

Scenariene for bygge-, drifts- og avhendingsfasen bør forbedres da det er knyttet usikkerhet til estimatene. Det bør ses nærmere på miljøbelastningen knyttet til forbruk av fossilt brensel og byggtørking. Redusert levetid som fører til tidligere utskiftning øker miljøbelastningen.

Når forskjellene mellom de ulike alternative isolasjonstypene er såpass små som angitt her, må resultatene benyttes med forsiktighet. Data for klimagassutslipp er bedre enn energibruk. Dette skyldes at EPD for puss ikke forelå ved utarbeidelse av analysen. Informasjon om energibruk var mangelfull i enkelte tyske EPD, mens klimagassutslipp var rapportert ut. Ved vurdering av resultatene er det derfor mest fornuftig å benytte data for klimagassutslipp.

### 3.5 Mulighet for gjenvinning?

Faktisk sluttavhending er vurdert med utgangspunkt i dagens praksis. Det er kun isolasjon og mengde avfall som skiller de ulike systemene fra hverandre. Systemet har per i dag begrenset mulighet for separasjon. Det er vurdert at 90 % av pussdelen av systemet (ikke isolasjon) kan materialgjenvinnes som puss.



Figur 7 Mengde avfall og type avfallshåndtering for pussystem

Systemet med steinull kommer dårligst ut når det gjelder avfallsmengde og type håndtering ved endt livsløp. Steinull har per i dag kun deponi som gjenvinningsløsning, men har potensial for materialgjenvinning. Det er etablert en løsning for dette i Finland. Materialgjenvinning begrenser uttak av ikke fornybare råvarer og vil redusere utslipp når den benyttes i ny steinullproduksjon.

EPS går i dag til energigjenvinning. EPS er en termoplast og er dermed egnet til materialgjenvinning [14]. Fenolisolasjon er vurdert som egnet til energigjenvinning, men kan ikke materialgjenvinnes fordi det er en herdeplast.

### 3.6 Prioriterte miljøgifter i produktene

Sto har gjennomgått sitt puss-system med hensyn på innhold av prioriterte miljøgifter. Tilsvarende har Sunde gjort for sitt EPS-isolasjon. Det er ikke identifisert noen prioriterte miljøgifter for produkter levert av disse produsentene. I PVC kan det være ulike tilsetningsstoffer. Fenolisolasjon inneholder formaldehyd.

Ved bruk av andre isolasjonstyper fra andre leverandører kan det være innhold av prioriterte miljøgifter[18]. I plastmaterialer kan det være bromerte flammehemmere og mykgjørere (ftalater) i bruk. I mineralull kan det være borsyre og myknere. I kjemiske byggprodukter som tettematerialer, maling og lim kan det være flere prioriterte miljøgifter. Dette bør sjekkes ved valg av produkt.

#### 4 Energiforbruk og tilhørende klimagassutslipp- driftsfase.

Etterisolering av yttervegger reduserer oppvarmingsbehovet for en bygning. Oppvarmingsbehovet er avhengig av varmetapet gjennom alle bygningsdeler, ventilasjon og luftlekkasjer samt varmetilskuddet i bygningen (varme fra beboere, soltilskudd, belysning og teknisk utstyr). Effekten av etterisolering av yttervegger kommer dermed an på en rekke hvor godt veggen er isolert fra før av, hvor mye varme som tapes gjennom ventilasjon og andre bygningsdeler, og hvor store varmelaster som finnes i bygningen (varme fra beboere, soltilskudd, belysning og teknisk utstyr).

Når man etterisolerer på en helt uisolert betongvegg og en betongvegg innvendig isolert med 50 mm treullsementplate gir det U- verdier iht. Tabell 2 og 3 [19]. Beregningene av veggene er utført i U-calc [20] og er sammenlignet mot krav til yttervegg i TEK10 og NS 3700 Passivhus for boliger[21]. Ved en dårlig isolert opprinnelig vegg forbedres U-verdien raskere ved etterisolering. Jo tykkere isolasjonslag som brukes desto mindre forskjell blir det mellom de to veggene i tabell 2 og 3.

Opprinnelig vegg: betongvegg, (U-verdi: 3,64 W/m <sup>2</sup> K) som etterisoleres med:	Estimat U-verdi (U-calc)	Avrundet U-verdi Opprinnelig U-verdi vegg 3,64	Minstekrav U-verdi yttervegg TEK10	Minstekrav U-verdi yttervegg Passivhus boliger (NS 3700)
120 mm Steinull lambda 0,039	0,30	0,30	0,22	0,15
120 mm EPS, lamda 0,038	0,29			
70 mm Fenolisolasjon, lamda 0,023	0,30			
150 mm Steinull	0,24	0,24		
150 mm EPS	0,24			
200 mm Steinull	0,18	0,17		
200 mm EPS	0,18			
120 mm fenolisolasjon	0,18			

Tabell 2 Sammenligning av etterisolering av en uisolert betongvegg med forskriftskrav TEK 10 og standard for passivhus for boliger.

Opprinnelig vegg: Betongvegg, innvendig isolert med 50mm treullsementplate (U-verdi: 1,11 W/m <sup>2</sup> K) som etterisoleres med:	Estimat U-verdi (U-calc)	Avrundet U-verdi Opprinnelig U-verdi vegg 1,11	Minstekrav U-verdi yttervegg TEK10	Minstekrav U-verdi yttervegg Passivhusboliger (NS 3700)
120 mm Steinull lambda 0,039	0,25	0,25	0,22	0,15
120 mm EPS, lamda 0,038	0,25			
70 mm Fenolisolasjon, lamda 0,023	0,25			
150 mm Steinull	0,21	0,21		
150 mm EPS	0,21			
200 mm Steinull	0,17	0,17		
200 mm EPS	0,16			
120 mm fenolisolasjon	0,16			

Tabell 3 Sammenligning av etterisolering av en betongvegg med innvendig treullsementplate, med forskriftskrav TEK 10 og standard for passivhus.

Det er først gjort forenklete varmetapsberegninger ved hjelp av graddagsberegninger. Grunnlaget for disse beregningene er at man antar at bygningens varmesystem varmer opp bygningen til 17 °C, og at internlast og soltilskudd sørger for å løfte temperaturen til faktisk innetemperatur. Ut fra klimadata kan man så



summere opp forskjellen mellom gjennomsnittlig utetemperatur og 17 °C for hver dag i året med gjennomsnittstemperatur under 17 °C.

Årlig oppvarmingsbehov grunnet varmetap gjennom veggen (1 m<sup>2</sup>) kan så beregnes ved hjelp av graddagstallmetoden.

$$Q = U \cdot A \cdot G \cdot 24 / 1000$$

Q [kWh/år] = Årlig varmetap

U [W/m<sup>2</sup>/°C] = U-verdi

A [m<sup>2</sup>] = areal

G [°C\*d/år] = Graddagstallet er lik summen av den gjennomsnittlige temperaturredifferansen mellom inne- og uteluft for hver enkelt dag i fyringssesongen.

Det er tatt utgangspunkt i graddager for Oslo, fra klimadata i NS3031:2007, som også blir brukt i energiberegninger i SIMIEN. En basis innnetemperatur på 17 °C gir 4102 graddager. Denne beregning tar ikke hensyn til varmetap gjennom andre bygningsdeler, ventilasjon eller infiltrasjon og påvirkningen av dem.

Den ”investerte energien” er diskutert i punkt 3.1. Ved omregning fra MJ til kWh får man en størrelse som kan sammenlignes direkte med energireduksjonen pr. kvadratmeter yttervegg når man etterisolerer en uisolert vegg (U-verdi 3,64) og en som er noe isolert (U-verdi 1,1).

Isolasjonstype (thermal insulation type)	Energibruk, vugge-til-grav for fasadeisoleringsystem puss på isolasjon (etterisolering) (cradle to grave energy use)		Redusert energiforbruk pr. år (i forhold til opprinnelig U-verdi 3.64) Yearly reduced energy demand per m2 wall	
	MJ	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	Innsparingstid (måneder)
150mm Steinull (Rock wool)	230,2	63,9	334,0	2,3
150mm EPS	184,9	51,4	335,0	1,8
200 mm Steinull (Rock wool)	270,8	75,2	340,0	2,7
200mm EPS	210,4	58,5	341,0	2,1
120 mm fenolisolasjon (Phenolic foam)	261,7	72,7	340,0	2,6

Tabell 4. Sammenligning av energibruk for isolasjonssystemet og innsparing i energi per m<sup>2</sup> yttervegg. Utgangspunktet er uisolert betongvegg, (U-verdi 3,64).

Isolasjonstype (thermal insulation type)	Energibruk, vugge-til-grav for fasadeisoleringsystem puss på isolasjon etterisoleringsystem (cradle to grave energy use)		Redusert energiforbruk pr. år (i forhold til opprinnelig U-verdi 1.1) Yearly reduced energy demand per m <sup>2</sup> wall	
	MJ	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	Innsparingstid (måneders)
150 mm Steinull (Rock wool)	230,2	63,9	88,0	8,7
150 mm EPS	184,9	51,4	88,0	7,0
200mm Steinull (Rock wool)	270,8	75,2	92,0	9,8
200 mm EPS	210,4	58,5	92,0	7,6
120 mm fenolisolasjon (Phenolic foam)	261,7	72,7	92,0	9,5

Tabell 5. Sammenligning av energibruk for isolasjonssystemet og innsparing i energi per m<sup>2</sup> yttervegg (graddagssmetoden. Utgangspunktet er en noe isolert betongvegg (U-verdi 1,1).

Tabell 4 og 5 viser at redusert varmetap gir store innsparinger av energi. Sammenlignes denne innsparingen med energien som går med på å produsere materialene, vil redusert varmetap gi en innsparing i løpet av mindre enn et år. Her er det variasjoner mellom de ulike isolasjonstypene.

Ved å forutsette at bygningen varmes opp elektrisk, samt benytte CO<sub>2</sub>-faktor (204 g CO<sub>2</sub> ekvivalenter per kWh) for nordisk elmiks på oppvarmingsenergien, kan et tilsvarende regnestykke gjøres for klimagassutslipp. Resultatet blir det med samme resultat som for energien, innsparingstiden er noe høyere enn for energiforbruk, men kun i overkant av et år.

Termisk energi i form av fyring eller fjernvarme er en noe mer sannsynlig kilde til oppvarming enn ren elektrisitet. Fjernvarme kan ha en CO<sub>2</sub> faktor som er i nærheten av den som her benyttes for nordisk elmiks. Fyres det med bioenergi vil CO<sub>2</sub> faktoren være vesentlig lavere og innsparingen ta lenger tid.

Isolasjonstype (thermal insulation type)	Klimagassutslipp, vugge-til-grav for Sto etterisoleringssystem (cradle-to-grave GHG emission)	Redusert klimagassutslipp pr. år (i forhold til opprinnelig U-verdi 3,64) (Reduced GHG emission per year)	
		Kg CO <sub>2</sub> -ekv / m <sup>2</sup>	kg CO <sub>2</sub> -ekv Innsparingstid (Mnd)
150 mm Steinull (Rock wool)	18,0	68,1	3,2
150 mm EPS	20,5	68,3	3,6
200 mm Steinull (Rock wool)	20,5	69,4	3,6
200 mm EPS	23,9	69,6	4,1
120 mm fenolisolasjon (Phenolic foam)	21,2	69,4	3,7

Tabell 6. Sammenligning av klimagassutslipp for isolasjonssystemet og innsparing i klimagassutslipp (graddagssmetoden) ved opprinnelig betongvegg med U-verdi 3,64 (uisolert)

Isolasjonstype (thermal insulation type)	Klimagassutslipp, vugge-til-grav for Sto etterisoleringssystem (cradle-to-grave GHG emission)	Redusert klimagassutslipp pr. år (I forhold til opprinnelig U-verdi 1.1) (Reduced GHG emission per year)	
		Kg CO <sub>2</sub> -ekv / m <sup>2</sup>	g CO <sub>2</sub> -ekv Innsparingstid (Mnd)
150 mm Steinull (Rock wool)	18,0	18,0	12,0
150 mm EPS	20,5	18,0	13,7
200 mm Steinull (Rock wool)	20,5	18,8	13,1
200 mm EPS	23,9	18,8	15,3
120 mm fenolisolasjon (Phenolic foam)	21,2	18,8	13,6

Tabell 7. Sammenligning av klimagassutslipp for isolasjonssystemet og innsparing i klimagassutslipp (graddagssmetoden) ved opprinnelig betongvegg med U-verdi 1,11

Tabell 6 viser at med en vegg med dårlig opprinnelig U-verdi blir innsparingstiden kortere.

Videre er det gjort simuleringer med beregningsprogrammet SIMIEN [22]. Det er her tatt utgangspunkt i modellbygg som ble utviklet i forbindelse med endringen i TEK i 1997. Dette er i utgangspunktet relativt

kompakte bygg, som gjør at anslag over energisparepotensialet ved isoleringstiltak blir konservativt. Det ble regnet på noen ulike alternativer, for å illustrere hvordan redusering av ytterveggenes U-verdi vil variere med ulike utgangspunkt. Resultater er gjengitt i tabell 8.

	<b>Avtrekk- ventilasjon (exhaust ventilation)</b>	<b>Balansert ventilasjon (Balanced ventilation)</b>	<b>Lavenergi (Low energy house)</b>	<b>Dårlig isolert (Badly insulated house)</b>	<b>Balansert ventilasjon, Kristiansand</b>
<b>U-verdi vegg</b>	kWh/m <sup>2</sup> år	kWh/m <sup>2</sup> år	kWh/m <sup>2</sup> år	kWh/m <sup>2</sup> år	kWh/m <sup>2</sup> år
<b>1.1</b>	293.6	194.9	160.3	440.5	157.3
<b>0.3</b>	171.2	82.4	52.0	320.9	61.6
<b>0.24</b>	163.5	75.6	45.7	314.6	56.0
<b>0.17</b>	154.8	67.9	38.9	306.0	49.7

Tabell 8. Oppvarmingsbehov per kvadratmeter ytterveggflate for ulike U-verdier, ventilasjonsmåter, isoleringsnivåer og klima.

Som det framgår av tabell 8 gir ulike forutsetninger noe ulik reduksjon i oppvarmingsbehovet. Effekten av etterisolering er naturlig nok mindre når det regnes med Kristiansandklima i stedet for Oslo klima. Forøvrig er det relativt liten forskjell mellom ulike forutsetninger. Derimot ser det ut til at beregninger med graddagstall er konservativt (mindre beregnet reduksjon i varmebehov) i forhold til SIMIEN-beregninger der interne varmetilskudd beregnes etter standardverdiene i NS 3031:2007.

## 5 Diskusjon og anbefalinger

Ser man på klimagassutslipp og energibruk over hele livsløpet for materialene i fasadeisoleringsystemet er det små forskjeller mellom de alternative isolasjonsløsningene. Det som skiller de ulike alternativene er klimagassutslipp og energibruk i produksjonsfase for isolasjonen og transport. Ved 120 mm (steinull)/70 mm fenolisolasjon er forskjellen mellom laveste (EPS) og høyeste verdi (steinull) 47 % på energibruk. Forskjellen mellom laveste (steinull) og høyeste verdi (EPS) er 28 % på klimagassutslipp. Endres densiteten på steinull fra 75 kg/m<sup>3</sup> til 90 kg/m<sup>3</sup> blir forskjellen kun 7 % på klimagassutslipp (EPS 7 % høyere enn steinull). Endring av densitet vil også påvirke U-verdi, hvor mye er ikke beregnet. Analysen viser at resultatet er sensitivt for endringer og at det er små forskjeller mellom de ulike alternativene.

Fasadeisoleringsystemet har per i dag dårlig løsning for separasjon samt at isolasjonsmaterialene ikke kan materialgjenvinnes. Per i dag deponeres steinull, mens plastisolasjon energigjenvinnes. Materialer som materialgjenvinnes eller har potensiale for materialgjenvinning bør prioriteres ved valg av isolasjonsmateriale. Innhold av prioriterte miljøgifter må sjekkes i hvert enkelt produkt.

Etterisolering gir store besparelser i varmetap som er betydelig høyere enn investert energi/ og utslipp ved produksjon av materialene uavhengig av energikilde som benyttes til oppvarming. Levetid som reduseres ved utskiftning/skader påvirker denne innsparingen.

Energi og klimagassutslipp som går med i materialenes livsløp spares inn innen et drøyt år når nordisk elektrisitet smiks legges til grunn. Innsparingen skjer raskest ved når veggen er dårlig isolert i utgangspunktet. Valg av energikilde til oppvarming har stor betydning i dette regnskapet, benyttes biobrensel til oppvarming, tar innsparingen av klimagassutslipp lenger tid. Andre forutsetninger som ulike ventilasjonsløsninger og klima vil også påvirke resultatet.

Det er i denne analysen søkt å benytte mest mulig spesifikke data for fasadeisoleringsystemet samt å ta med alle komponentene som inngår. Dette for å gi et best mulig bilde av miljøbelastningen. Det er en svakhet ved bruk av utenlandske EPDer at rapporteringsmalen er noe forskjellig. Det er problematisk å aggregere opp

data der parametre som f.eks. energibruk mangler. Forskjellige måter å oppgi energiforbruk og forskjellige metodiske beslutninger er også kilde til usikkerhet. Den europeiske databasen for LCI-data[23] og databaser som GaBi har komplette datasett. Det pågår også standardiseringsarbeid på format og kommunikasjon av EPD (ISO TC 350). Det anbefales å gjøre flere sammenligninger av ulike fasadeisoleringsystemer. Ved å sammenligne flere miljødata og fasadeisoleringsystemer vil det i større grad være mulig å generalisere resultatene.

## 6 Summary in English

The report summarizes Life Cycle Analysis (LCA) of different options for facade refurbishment with rendered external insulation. The LCA includes environmental effects during all stages of the life of the system:

- Extraction of raw materials
- Production
- Building
- Use an maintenance
- Disposal

The following environmental aspects are assessed:

- Energy use in production, and energy demand for heating of the insulated space during use phase
- Global warming potential
- Waste treatment at end of life
- Hazardous substances

Other environmental effects: ozone depletion, photochemical ozone creation, acidification, eutrophication is reported in appendix 2.

The energy demand for heating the insulated space does not constitute a part of the LCA of the insulated system, and is treated separately.

The facade insulation system, see fig. 1 consists of adhesive mortar (3), thermal insulation (4), facade plug (5), course plaster (6), reinforcement mesh (7), primer and finishing plaster (8). Also shown in fig. 1 is load-bearing wall (1) and existing facade (2).

3 different insulation materials are compared. Since these materials have different thermal resistance, functional units comprising 1 m<sup>2</sup> facade insulation of comparable U-value are defined.

Material	U-value (uninsulated) 1.1 W/m <sup>2</sup> K	U-value (approx) 0,21 W/m <sup>2</sup> K	U-value (approx) 0,17 W/m <sup>2</sup> K
Rockwool	0	150 mm	200 mm
Expanded polystyrene	0	150 mm	200 mm
Phenolic foam	0	n/a	120mm

The assessment shows that the largest contributor to lifetime energy use is the production of the insulation material (fig. 3). Transport, end-life treatment, maintenance and building also contributes significantly, while production of the rendering system is of minor importance. Production of EPS insulation is considerably less energy consuming than production of the other materials. Phenolic foam is the most efficient insulation materials, but the energy intensity of its production still makes it the most energy consuming during the life-cycle.

Greenhouse gas emissions from different systems is shown in fig. 4. Comparing energy use, production of the rendering systems (about 8 kg CO<sub>2</sub>-equivalents / m<sup>2</sup>) is much more important in this aspect, while contributions from building phase, use phase (maintenance) and end-life treatment are minor. A Nordic electricity gridmix with GHG emissions of 204 g/KWh was used. Stone-wool has considerably less GHG emissions than the other materials. For the functional units with U-value of approx. 0.17, the EPS-system emits about 50 % more (24 kg vs 16 kg CO<sub>2</sub>-eq.) per functional unit. This is based on an EPD for an actual product that uses certified “green electricity” in its production. If instead the usual emission factor for

electricity was used, the difference would diminish (shown as light blue portions on top of stone-wool columns in fig. 4). Also, the use of higher density stone-wool would increase the GHG emissions per functional unit. This is shown as the medium blue top part of the leftmost column, and illustrates that this kinds of data are sensitive to products-specific choices, and should be used with caution when general recommendations are being made.

Figs 5 and 6 illustrates the contribution of the different parts of the rendering systems to energy use and GHG emissions. The dark blue and medium green sectors representing the actual rendering contribute less than 50 % of the total for both aspects. Minor components like fiberglass reinforcement and PVC corners contribute significantly, and should not be ignored in an LCA. They might also represent possibilities for improvement.

Sensitivity in results and small differences in GHG emissions between the alternative insulation materials, makes it important to include other environmental parameters in material choice, for instance content of hazardous substances and potential for recycling by end of life.

Waste treatment representing today's practice is illustrated in fig. 7. Plastic insulation can be energy recovered, while stone wool ends as landfill. Both stone wool and EPS is regarded as having a potential for materials recycling, while polyphenolic foam most likely can only be used for energy recovery.

The impact of energy demand and resulting GHG emissions in the use phase of the building was considered. The heating demand reduction was assessed with the simplified "degree-days method" (table 4 and 5) as well as with simulation (table 8). For the simulation a model apartment building was used. The degree-days method showed to be conservative compared to the simulations. Assuming the building was heated with electricity from the Nordic market, payback-times for the insulation systems were generally short, shorter than a year in terms of energy and about one year for GHG emissions. Change of energy source, e.g use of biomass for heating would increase the payback time. Other assumptions, eg different climate or ventilation system will also change this picture.

## 7 Referanseliste

- [1] SINTEF Teknisk godkjenning. TG 2194 Stotherm Fasadeisoleringsystem. [www.sintefsertification.no](http://www.sintefsertification.no)
- [2] NS-EN ISO 14040:2006, *Miljøstyring – Livsløpsvurdering – Prinsipper og rammeverk*
- [3] NS-EN ISO 14044:2006, *Miljøstyring – Livsløpsvurdering – Krav og retningslinjer*
- [4] NS-EN ISO 21930:2007, *Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products*
- [5] NS-EN ISO 14025:2006, *Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer*
- [6] prEN 15978:2009. Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings- Calculation method.
- [7] prEN 15804:2008 Bærekraftige byggverk- miljødeklarasjoner- produktkategoriregler
- [8] EPD-Sto-2008111-D. Mineralische werkmörtel, Putzmörtel- Armierungsputzte. Institut Bauen und Umwelt. [www.bau-umwelt.de](http://www.bau-umwelt.de) (Sto Baukleber og Sto Level Uni)
- [9] Diverse miljødokumentasjon fra Sto Norge AS v/Toril Tofte juni til des 2010.
- [10] EPD-EJT-2010111-D, EJOT Baubefestigungen. Institut Bauen und Umwelt.
- [11] Paroc Fireproof panel AST. EPD under utarbeidelse SINTEF Byggforsk.
- [12] Diverse miljødokumentasjon fra Sunde AS v/ Frank Wilhelmsen juni-des 2010.
- [13] Kingspan Koolterm K5 WDV-LC. Nibe Research. udatert. [www.nibe.org](http://www.nibe.org)
- [14] EPD vanntynnbar akrylmaling. Fransk EPD register (<http://www.inies.fr/default.asp>)
- [15] 542.811 Fasadepuss. Valg av pusstype. Byggforskserien. SINTEF Byggforsk kunnskapssystemer

- [16] Avfallshåndtering (dagens praksis). SINTEF Certification 30.08.2010
- [17] 470.103 Miljødeklarasjoner av byggevarer. Byggforskserien. SINTEF Byggforsk kunnskapssystemer.
- [18] Varsku liste Miljø i TG. SINTEF certification okt 2010.
- [19] 723.312 Etterisolering av betong- og murvegger. Byggforskserien. SINTEF Byggforsk kunnskapssystemer.
- [20] U-calc. Program for U-verdiberegning. SINTEF Byggforsk.
- [21] NS 3700:2010. Kriterier for passivhus og lavenergihus – Boligbygninger
- [22] SIMIEN. Ver 5.006. Programbyggerne, Kongsberg
- [23] ELCD databasen <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetArea.vm>



## Vedlegg 1 Mengdeberegning Maridalsporten

Mengdeberegningen er utført av Toril Tofte hos Sto Norge AS.

### Maridalsporten

Vegghøyde:	28	m		
Gavlbredde:	18	m	630,0	m <sup>2</sup>
Langfasade:	32	m	1792,0	m <sup>2</sup>
<b>Brutto areal;</b>		<b>Sum</b>	<b>2422,0</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

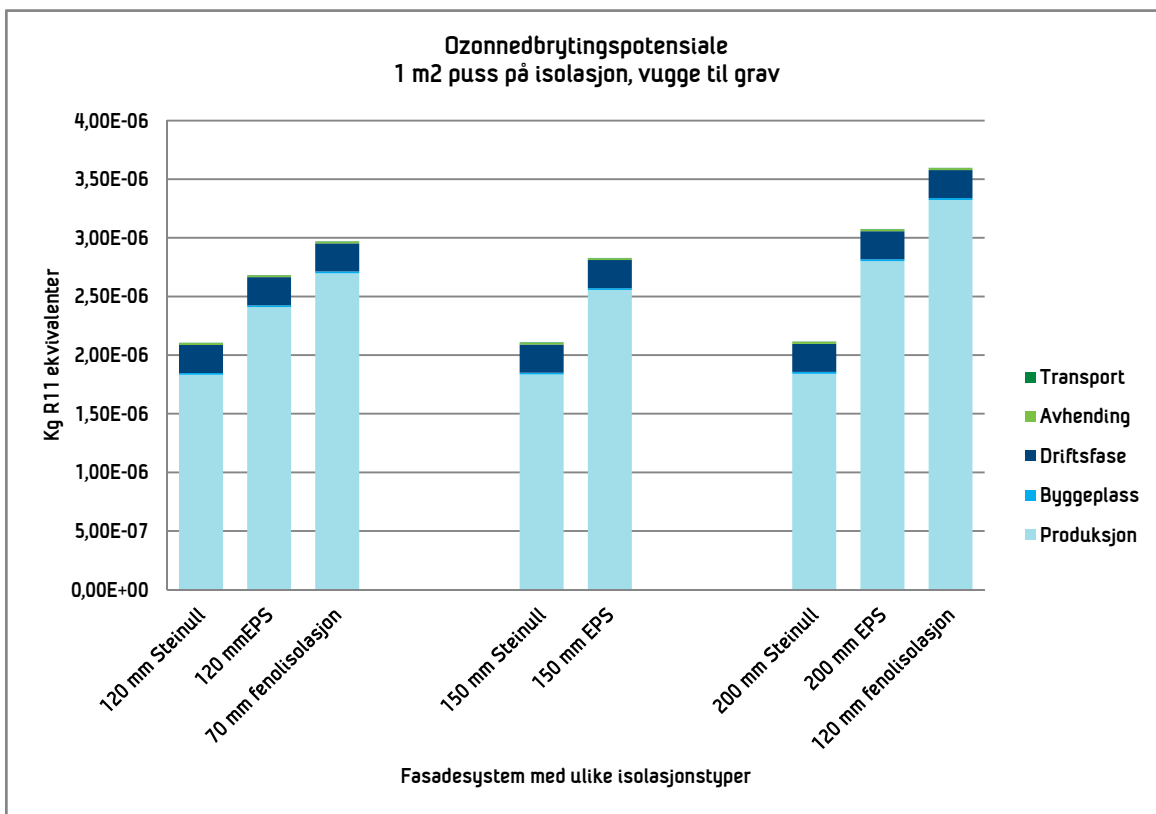
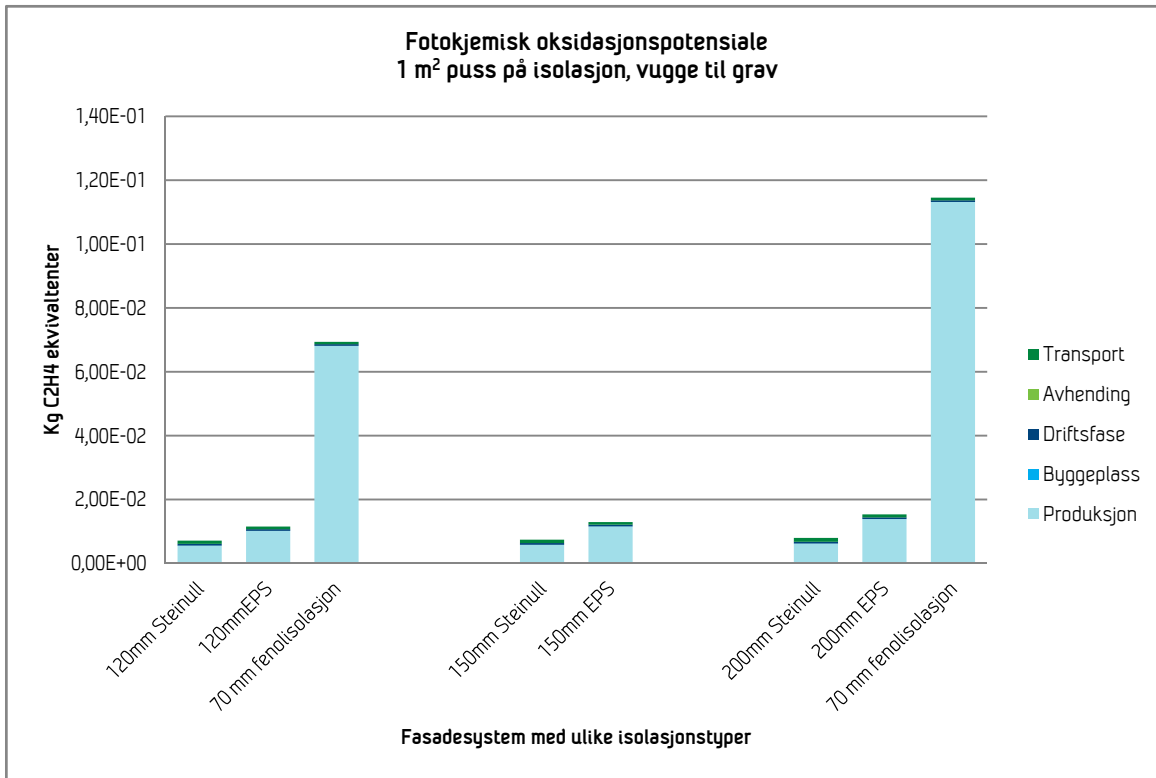
Vinduer	Sålbenger (m)	Ø/smyg (m)	Areal	
	388	1412	947,0	m <sup>2</sup>
			39 %	
<b>Totalt vinduer/ dører;</b>	<b>388</b>	<b>1412</b>	<b>947,4</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
Hvorav vertikale smyg		1024		
<b>Netto areal:</b>			<b>1475,0</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

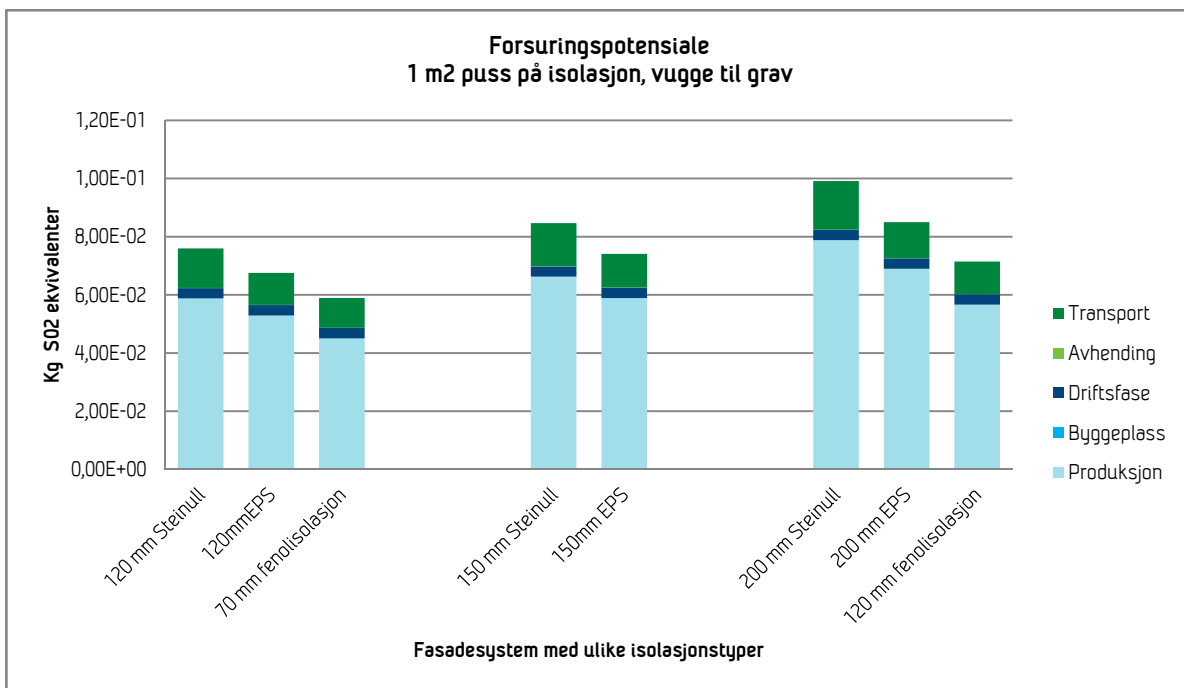
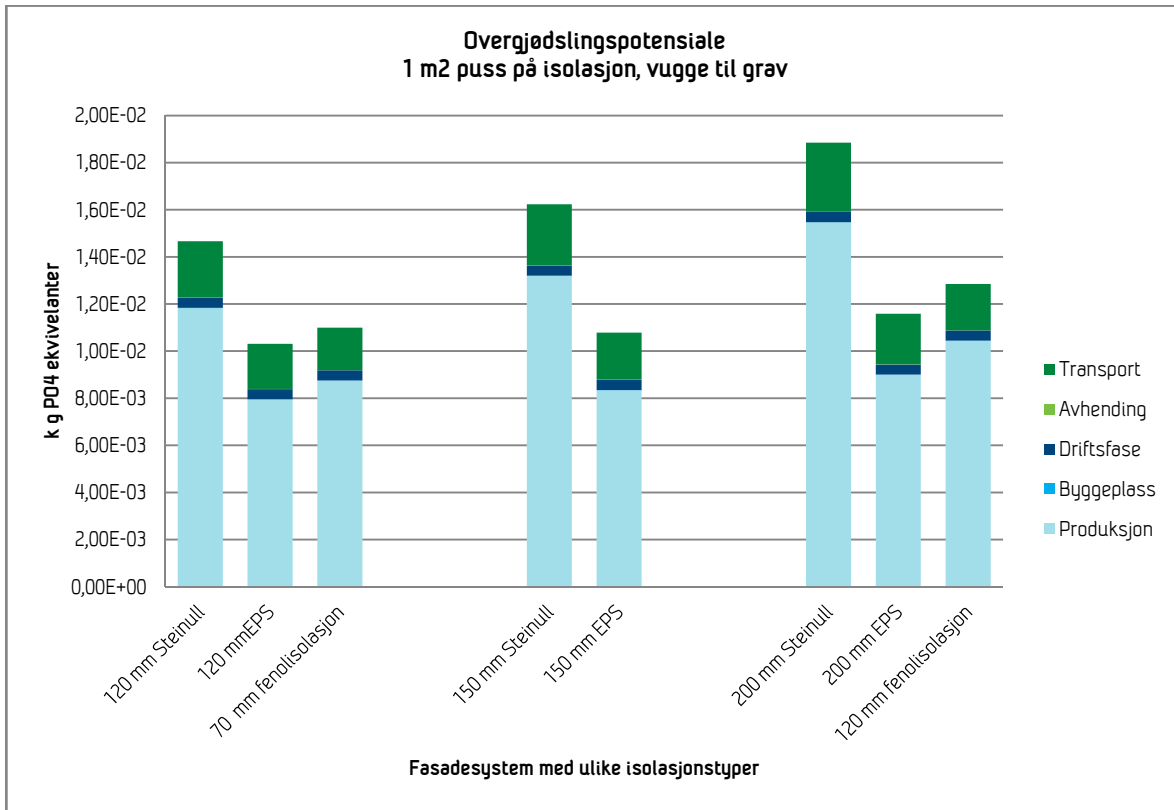
**StoTherm  
Fasadeisoleringsystem:**

	Sto-produkter	Forbruk	Mengde	Totalt på vegg
Lim	StoByggklister	4 kg/m <sup>2</sup>	1475 m <sup>2</sup>	5900 kg
Isolasjon	Fasadepl.EPSel.Min.ull 120mm	1 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	1475 m <sup>2</sup>	1475 m <sup>2</sup>
Plugger	Ejot STR U 155mm	5 stk/m <sup>2</sup>	1475 m <sup>2</sup>	7375 stk
Puss	StoSystempuss	8 kg/m <sup>2</sup>	1641 m <sup>2</sup>	13128 kg
Armering	StoArmeringsnett M	1,2 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	1475 m <sup>2</sup>	1770 m
Primer	StoPrep Miral	0,4 kg/m <sup>2</sup>	1644 m <sup>2</sup>	658 kg
Sluttpuss	Sto Lotusan K1,5	2,4 kg/m <sup>2</sup>	1644 m <sup>2</sup>	3947 kg
Fuktbest. grunnpuss	Sto Sokkelpuss	8 kg/m <sup>2</sup>	50 m <sup>2</sup>	400 kg
Ekstraarm.	Sto Panserarmering	1 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>
Fugebånd	Sto Fugebånd	1 m/m	1412 m	1412 m
Sokkellist	Sto Sokkellist 122mm	1 m/m	100 m	100 m
Hjørne-armering	Sto Hjørnevinkel 11/22(smyg) + utvendige hjørner	1 m/m	1412 m 112 m	1524 m

Svinn;	Tota svin
5 %	61
3 %	15
0 %	73
5 %	137
0 %	17
5 %	6
5 %	41
5 %	4
5 %	2
2 %	14
0 %	1
10 %	16

## Vedlegg 2 Øvrige miljøpåvirkninger





**SINTEF** er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

**SINTEF Byggforsk** er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.