

## Evaluering av miljø- og ressursforhold ved bygging av Gjenbrukshus i Trondheim



Ingunn Saur Modahl  
Hanne Lerche Raadal

STØ, Stiftelsen Østfoldforskning  
November 2003  
OR 14.03

[www.sto.no](http://www.sto.no)

# RAPPORTFRAMSIDE

<b>Rapportnr:</b> OR 14.03	<b>ISBN nr:</b> 82-7520-492-5 <b>ISSN nr:</b> 0803-6659	<b>Rapporttype:</b> Oppdragsrapport
<b>Rapporttittel:</b> Evaluering av miljø- og ressursforhold ved bygging av Gjenbrukshus i Trondheim	<b>Forfatter(ar):</b> Ingunn Saur Modahl og Hanne Lerche Raadal (STØ) <b>Foto:</b> Njål Pettersen (Trondheim kommune)	
<b>Prosjektnummer:</b> 233620	<b>Prosjekttittel:</b> Gjenbrukshus Trondheim	
<b>Oppdragsgivar:</b> Trondheim kommune, miljøavdelingen <b>Kontaktperson:</b> Njål Pettersen		
<b>Samandrag:</b> <p>Trondheim kommune har bygd to tilsynelatande "like" firemannsboligar på Tiller i Trondheim; den eine er imidlertid bygd med ein stor andel gjenbruksmaterial ("Gjenbrukshus") mens den andre er oppført på vanleg måte ("Nybygg"). Denne rapporten evaluerer prosjektet ut frå ei miljø- og ressursvurdering og med tanke på miljøøkonomi, i eit liv sløpsperspektiv (LCA). Sidan det ikkje var avsatt midlar til ei grundig evaluering i denne fasen, er dette ei noko forenkla studie.</p> <p>Ved samanlikning av dei to boligane har Gjenbrukshuset best resultat for alle d ei vurderte miljøpåverknadskategoriene; drivhuseffekt, forsuring, eutrofiering, fotokjemisk oksidantdannning og total energibruk. Det samme gjeld ved vurdering av miljøkostnader.</p> <p>Gjenbruk av tegl til takstein/teglmur står for størstedelen av miljøgevinsten i Gjenbrukshuset medan gjenbruk av reisverk/kledning bidrar til størsteparten av miljøkostnadsgevinsten.</p> <p>Samanlikna med Nybygget fører bygging av Gjenbrukshuset til redusert total energibruk tilsvarande over to årsforbruk energi i ei hushaldning. På samme måte reduserer Gjenbrukshuset potensiell drivhuseffekt med i overkant av 3 års bilbruk og potensialet for forsuring med over 30 års bilbruk. Forskjellen i miljøkostnader på dei to husa i oppføringsfasen tilsvarar nesten 10 års bilbruk.</p> <p>I eit evt. vidare arbeid foreslår STØ at ekstra energiforbruk i samband med selektiv riving blir fordelt på dei ulike komponentane slik at det blir lettare å prioritere komponentar for gjenvinning. STØ tilrår også at spesifikke transportavstander for dei ulike komponentane blir inkludert. Etter ønske frå oppdragsgivar har denne forenkla analysen konsentrert seg om oppføringsfasen. Ein fullstendig analyse av Gjenbrukshuset bør også inkludere driftsfasen sidan erfaring tilseier at driftsfasen er viktig ved vurdering av miljøpåverknader i det totale livsløpet til bustadhus. STØ tilrår også at gjenbrukte material bør dokumentere miljøprofilen sin i form av miljøvaredeklarasjonar (MVD type III).</p>		
<b>Emneord:</b> * Gjenbruk * Bygg * LCA/livsløpsanalyser * Miljøkostnader	<b>Tilgjengeleg</b>  <b>Denne sida:</b> Åpen <b>Denne rapporten:</b> Åpen	<b>Antal sider</b> <b>I rapporten:</b> 30 <b>I vedlegg:</b> 12
<b>Godkjent</b> <b>Dato:</b>		
<hr/> <b>Prosjektleder</b> (sign)		<hr/> <b>Instituttleder</b> (sign)

---

# INNHALD

---

<b>1</b>	<b>INNLEIING .....</b>	<b>1</b>
1.1	BAKGRUNN .....	1
1.2	ORGANISERING AV PROSJEKTET .....	2
1.3	METODIKK .....	2
<b>2</b>	<b>MÅL OG FØRESETNADER.....</b>	<b>4</b>
2.1	MÅLSETTING.....	4
2.2	FUNKSJONELL EINING .....	4
2.3	SYSTEMGRENSER .....	5
2.4	DATAGRUNNLAG .....	10
<b>3</b>	<b>RESULTAT MILJØ- OG RESSURSPROFIL .....</b>	<b>15</b>
3.1	SAMANLIKNING AV MILJØPROFIL FOR NYBYGG OG GJENBRUKSHUS.....	15
3.2	DRIVHUSEFFEKT .....	17
3.3	FORSURING .....	18
	EUTROFIERING .....	19
3.5	FOTOKJEMISK OKSIDANTDANNING.....	20
3.6	TOTAL ENERGIBRUK .....	21
3.7	OPPSUMMERING AV RESULTATA .....	22
<b>4</b>	<b>MILJØ-ØKONOMISK VURDERING .....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>KONKLUSJONAR .....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>FORSLAG TIL VIDARE ARBEID.....</b>	<b>29</b>

## Referanseliste

- Vedlegg A** LCA-metodikk  
**Vedlegg B** Prosesstre for Nybygg og Gjenbrukshus  
**Vedlegg C** Materialliste for Nybygg og Gjenbrukshus

---

# 1 INNLEIING

---

## 1.1 BAKGRUNN

Trondheim kommune har bygd to tilsynlatande "like" firemannsboligar på Tiller i Trondheim; den eine er imidlertid bygd med ein stor andel gjenbruksmaterial (heretter kalla "Gjenbrukshus") mens den andre er oppført på vanleg måte ("Nybygg"). Husa følger gjeldande husbankstandard og er finansiert av kommunen og Husbanken. Målet med prosjektet var å undersøke tekniske, miljømessige og økonomiske sider med gjenbruk i moderne boligbygging, samtidig som ein stimulerte etableringa av ein gjenbrukssentral. Med to like hus vart det eit reelt og godt samankningsgrunnlag for å få erfaringar og kompetanse.

Prosjektideen kom frå kommunen si Miljøavdeling, som ønska fleire tiltak for å auke gjenvinning og ombruk av byggeavfall. Prosjektet vart igangsatt i samarbeid med Stavne Gård gjennom Interreg II -prosjektet "Gränssprängning".

Begge husa har to toroms leilegheiter på 60,9 m<sup>2</sup>, og to tre-roms leilegheiter på 74,7 m<sup>2</sup>, som skal leiest ut til økonomisk vanskelegstilte hushaldningar i kommunen. Husa er bygd av tre i to etasjar utan kjellar. Byggherren for husa er Trondheim kommune ved Trondheim Eiendom. Oppdragsgivar var Bolig og byfornyelseskontoret i kommunen.

Alle gjenbruksmateriala er frå rivingsobjekt i Trondheimsområdet, og vart samla inn og bearbeidd av det kommunale arbeidstreningssektoret Stavne Gård. Alt brukt trevirke vart omdimensjonert til dagens standardar medan andre bygningsdelar vart rensa og klargjort for ombruk. Gjenbruksmateriala vart testa på Høgskolen i Sør-Trøndelag, institutt for bygg og miljø som også var rådgivarar med omsyn til materialkvalitet, gjenbruk og evaluering. HSØ arkitekter har stått for prosjektering og anbud, Aas-Ja kobsen AS var byggherreombud og Trebetong AS var entreprenør. Gamle vindu vart oppgradert av Vindusrestaurering AS.

Denne rapporten evaluerer prosjektet ut frå ei miljø- og ressursvurdering og med tanke på miljøøkonomi, i eit livsløpsperspektiv (LCA). Sidan det ikkje var avsatt midlar til ei grundig evaluering i denne fasen, er dette ei nokre føreknkla studie, finansiert av Husbanken og Trondheim kommune. Det er også laga ein hovudrapport for prosjektet som oppsummerer heile prosjektet og dei ulike aktørane sine erfaringar med gjenbruksmateriale. Gjenbrukshuset blir også presentert i ein eigen film og på internett. \_\_\_\_\_

## ***1.2 ORGANISERING AV PROSJEKTET***

Prosjektet er gjennomført av ei prosjektgruppe i STØ, med denne samansettinga:

Forskar Ingunn Saur Modahl

Gruppeleiar Hanne Lerche Raadal

Forskningsleiar/professor II Ole Jørgen Hanssen

Innsamling av data for materialforbruket til dei to husa er gjort av:

Olav R. Aarhaug, Høgskolen i Sør-Trøndelag (HiST), Institutt for bygg og miljø

Rolf E. Petersen, Høgskolen i Sør-Trøndelag (HiST), Institutt for bygg og miljø

Njål Pettersen, Trondheim kommune, Miljøavdelinga

## ***1.3 METODIKK***

Studien er gjennomført med bruk av livsløpsvurderingar (LCA) basert på ISO-standardane 14040-43. I vedlegg 1 er metodikken forklart nærmare.

STØ har brukt dataprogrammet SimaPro 5.1 for å gjennomføre analysen. Dette er eit program som systematiserer livsløpsdata samtidig som det inneheld data basar for produkt, energi og prosessar.

Trondheim kommune og HiST har samla inn spesifikke data for material- og energiforbruk ved bygging av husa medan det er brukt generelle data for produksjon av dei ulike materiala. Dei generelle data er henta frå databasane i SimaPro og frå tidlegare livsløpsvurderingar som STØ har gjennomført.

Ved vurdering av miljø- og ressursmessige effektar har vi konsentrert oss om desse miljøpåverknadskategoriane:

- Drivhuseffekt
- Forsuring
- Eutrofiering
- Fotokjemisk oksidantdanning
- Total energibruk

Tabell 1 viser eksempel på kva for utslepp som bidrar til dei ulike miljøpåverknadane og dei potensielle miljøeffektane dei kan gi.

**Tabell 1 Samanheng mellom miljøpåverknadskategori, utslepp og potensielle miljøeffektar**

Miljøpåverknadskategori	Eksempel på utslepp	Potensielle miljøeffektar
Drivhuseffekt (global warming potential –GWP)	CO <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O CH <sub>4</sub> CF <sub>4</sub> /C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	Temperaturauke i nedre delen av atmosfæren som kan gi klimaendringar. Dette vil sannsynlegvis føre til alvorlege konsekvensar for heile jorda, i form av endra og meir ekstremt klima, auka ørkendanning, heva vannstand pga isbresmelting, osv.
Forsuring	SO <sub>2</sub> HCl NO <sub>x</sub>	Fiskedød, skadar på vegetasjon, korrosjonsskadar, skadar på bygningar, utløsning av tungmetall med verknad på dyr, vegetasjon og helse.
Eutrofiering (overgjødsling)	Tot N til vatn Tot P til vatn NO <sub>x</sub>	Auka algevekst som følge av tilførsel av næringsstoff kan føre til oksygenmangel og lokale gjengroingseffektar i innsjøar og hav.
Fotokjemisk oksidantdannning (bakkenær ozondanning/POCP)	VOC CO NO <sub>x</sub> CH <sub>4</sub>	Akutt toksisk effekt, negativ effekt på fotosyntese.
Total energibruk (forbruk av ressurs)	Ingen utslepp, men forbruk av energiresursar i form av potensiell energi, sol-, vind-, bølgeenergi og fossil energi.	Ingen direkte miljøeffektar, men endring i forbruket av dei ulike energibærarane kan gi endringar i dei andre miljøpåverknadskategoriene.

Den miljø-økonomiske analysen er gjennomført med basis i resultatane frå livsløpsvurderingane (LCA). Dette innebærer at utsleppa som er beregna i LCA-vurderingane blir multiplisert med spesifikke verdsettingsparametrar (Econ, 2000) og blir presentert som eit miljøkostnadsrekneskap vist i NOK per funksjonell eining.

Miljøkostnadsmodellen inneheld verdsettingsparametrar for i alt 136 ulike utslepp til luft og vatn. Dette er fleire enn det som blir tatt med i dei vurderte miljøpåverknadskategoriene, og det er spesielt toksiske komponentar (for eksempel tungmetall) som kan slå ut ved vurdering av miljøkostnader og som ikkje vil vere synlege i påverknadskategoriene drivhuseffekt, forsuring, eutrofiering, fotokjemisk oksidantdannning og total energibruk.

---

## 2 MÅL OG FØRESETNADER

---

### 2.1 MÅLSETTING

Målet med studien er å klarlegge i grove trekk dei miljø- og ressursmessige effektane av bygging av Gjenbrukshuset i Trondheim slik at Trondheim kommune og eventuelt andre interesserte kan få ein indikasjon på dei miljø-, ressurs- og miljøøkonomiske forskjellane det er mellom å bygge bolighus på tradisjonelt vis og å bygge av brukte material.

Evalueringa skal skje ved å gjennomføre ei forenkla livsløpsvurdering (LCA) av bygging av eit gjenbrukshus og samanlikne dette med bygging av det samme huset bygd på tradisjonelt vis (nye material). Det skal også gjerast ei grov miljøøkonomisk vurdering av dei to måtane å bygge på. Til saman vil dette legge grunnlaget for ei evt. mer grundig og detaljert miljøevaluering av Gjenbrukshuset om dette skulle bli aktuelt seinere.

### 2.2 FUNKSJONELL EINING

Ei livsløpsvurdering av eit produkt er definert som ei systematisk kartlegging og vurdering av miljø- og ressurspåverknader gjennom heile livsløpet til produktet, frå 'vogge til grav'. Analysen tar utgangspunkt i eit *produktssystem*, og vurderer miljø- og ressursmessige forhold ved dette systemet i forhold til ei definert *funksjonell eining*, som er den eininga som viser oss kva produktet yter i forhold til ein bestemt brukar sine krav til produktet.

Som eksempel på valg av ulike funksjonelle einingar for eitt og samme produktsystem kan nemnast:

- a) 10 l maling for utandørs bruk
- b) Den mengda maling som trengs for å male 100 m<sup>2</sup> yttervegg
- c) Vedlikehald av 100 m<sup>2</sup> yttervegg i 10 år

Desse tre alternativa vil gi ulike svar på kva som er viktig å fokusere på ved miljøoptimering av produktsystemet. Alternativ "c" fokuserer på *funksjonen* til produktet, og vil gi best grunnlag for miljøoptimalisering og samanlikning med andre produkt.

I dette prosjektet har vi to "like" hus som kan samanliknast direkte, og det er difor ikkje nødvendig med så sterkt fokus på funksjonen til husa. For å gjere det enklast m uleg er denne funksjonelle eininga valgt for studien:

Produksjon og transport av alle gjenbrukte material i Gjenbrukshuset og tilsvarande mengde nye material i Nybygget.

Desse komponentane inngår (heilt eller delvis ) i analysen:

- Reisverk og kledning
- Kjøkkeninnreiing og dører
- Takstein og teglmur
- Vindu
- Toalett og vaskar

I materialmengder betyr dette:

- 24.322 kg treverk
- 27.529 kg tegl
- 224 kg glass
- 152 kg teknisk porselen
- 62 kg stål

## **2.3 SYSTEMGRENSER**

Systemgrensene definerer kva for prosessar og aktivitetar som inngår i det valgte produktsystemet, og som tilsaman er med på å oppfylle den eller dei funksjonane produktsystemet skal oppfylle.

STØ ønsker å presisere at studien har vektlagt oppføringsfasen fordi dette er eit ønske frå oppdragsgivar. Erfaringar viser oss at driftsfasen vil vere viktigast når det gjeld miljø- og ressurseffektivitet i bygningen to talt. Ei analyse av Borchsenius (1998) viser at driftsfasen står for over 90% av det totale energiforbruket over livsløpet til eit bustadhus.

Analysen omfattar berre dei materiala der det i Gjenbrukshuset er brukt gjenbruksmaterial. Analysen gjeld difor ikkje for eit heilt hus, men sidan det som ikkje er tatt med er likt for dei to husa, viser analysen forskjellen på Gjenbrukshuset og Nybygget.



Dei komponentane som er med i analysen er:

- Ca. 85% av alt reisverk og kledning (trevirke), inkludert nødvendig omdimensjonering av trevirke
- Ca. 50% av kjøkkeninnreiingane (trevirke og stål)
- Alle dører (trevirke)
- All takstein og teglmur (tegl)
- 16 av 24 vindu (glass og trevirke)
- Alle toalett og vaskar (porselen og stål)
- Selektiv riving (ekstra dieselbruk)

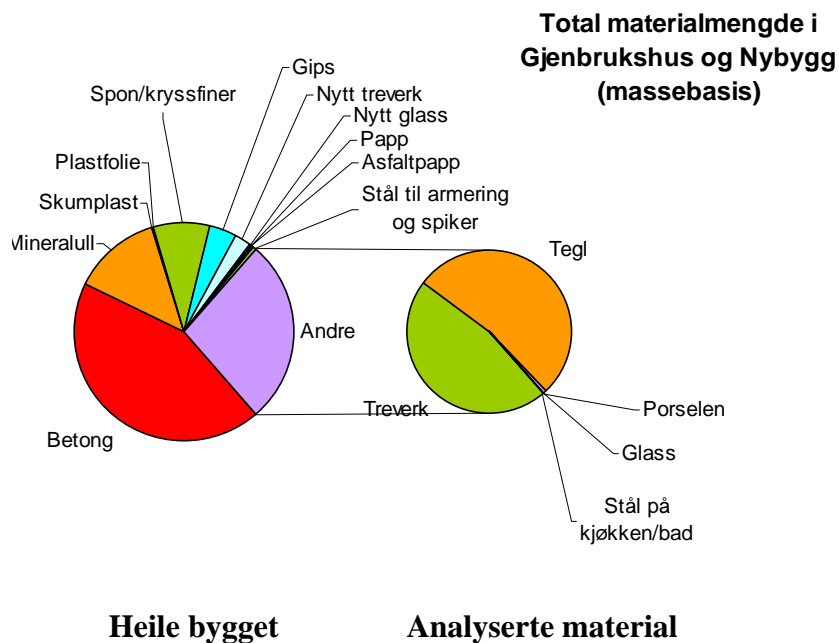
Fordelt på materialtypar blir dette:

- Treverk 24.322 kg
- Tegl 27.529 kg
- Glass 224 kg
- Teknisk porselen 152 kg
- Stål 62 kg

Husa består i tillegg av desse materiala (ikkje med i analysen):

- Betong 82.380 kg
- Mineralull 24.843 kg
- Skumplast 428 kg
- Plastfolie 104 kg
- Spon/kryssfiner 15.628 kg
- Gips 7.631 kg
- Papp 30 kg
- Asfaltapp 509 kg
- Stål til armering og spiker 1.229 kg
- Nytt treverk 4.696 kg
- Nytt glass 112 kg

Figur 1 viser fordelinga på massebasis av kva material som er med i analysen, og kva som er utelatt på grunn av at materiala er like (dvs. nye material i begge husa).



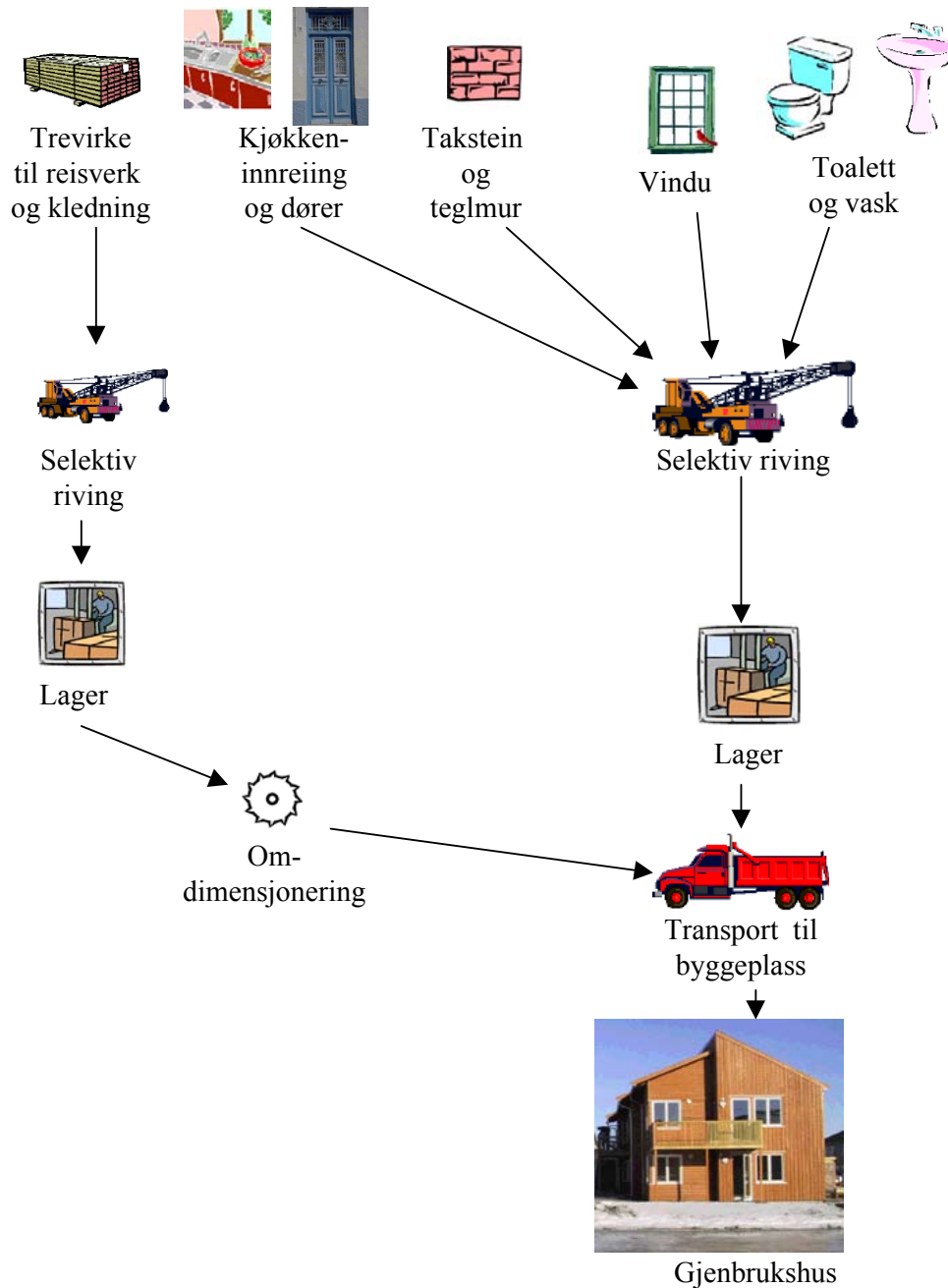
**Figur 1** Total materialmengde i Gjenbrukshus og Nybygg

For gjenbrukte material har vi sett bort fra energibruk ved sortering, rensing og mellomlagring fordi energiforbruket ved disse operasjonene for det meste er knyttet til manuelt arbeid. Omdimensjonering av gjenbrukt trevirke er tatt med fordi dette er knyttet til sagging (dieseldrift). Det er også lagt inn antatt meirforbruk av diesel til mobilkran i samband med selektiv riving. Dieselforbruket er ikke allokeret til riving av hvert enkelt materiale.

For nye material har analysen brukt livsløps data for uttak/prosesse ring av hvert enkelt materiale, men sjølve forminga av sluttproduktet er ikke tatt med når det gjelder stål (valsing, bøyning, trekking, sveising) og glass (skjæring). Sluttforminga av trevirke, tegl og porselen er tatt med. Erfaring tilseier at energiforbruket ved forming av sluttprodukt når det gjelder stål og glass er lite i forhold til sjølve framstillinga av materialet.

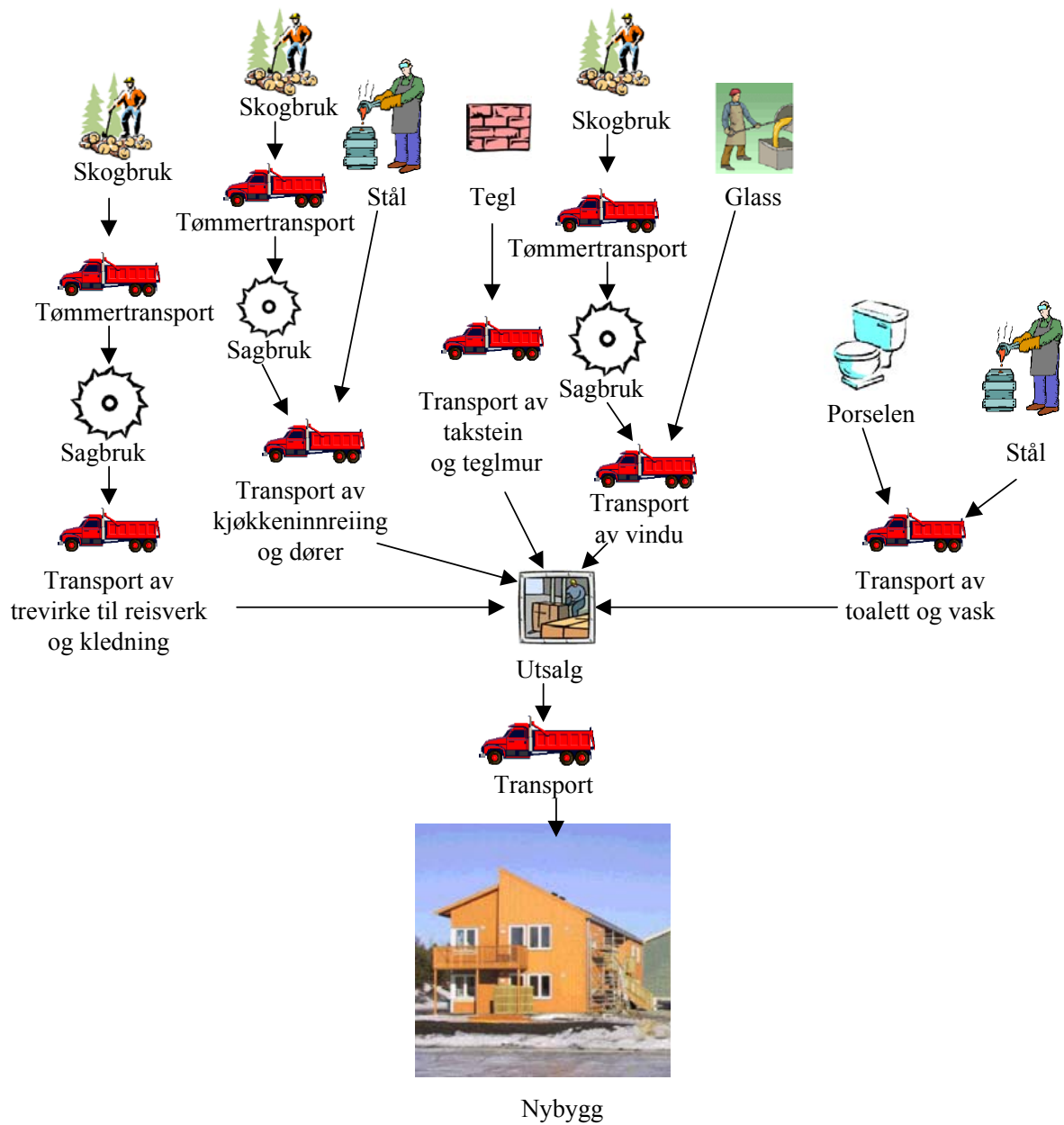
Det er brukt spesifikke data for material- og energiforbruk ved bygging av husa medan det er brukt generelle data for produksjon av dei ulike materiala. Transport av råvarer for produksjon av dei ulike materiala ligg inne i datagrunnlaget. Transport frå produksjon til utsalg/lager for nye material er også tatt med i form av meirtransport for nye material samanlikna med transport av gjenbrukte material frå riving til lager (Pettersen, 2003). I tillegg er det tatt med transport frå lager eller utsalg til byggeplass for både gjenbruksmateriala og nye material.

Livsløpsmodellane for dei to produktsystema (Gjenbrukshus og Nybygg) er vist i Figur 2 og Figur 3.



**Figur 2 Livsløpsmodell for produktsystemet til Gjenbrukshuset**

Figuren viser produktsystemet til Gjenbrukshuset, der gjenbrukt trevirke til reisverk og kledning inngår ilag med gjenbrukt kjøkkeninnreining, dører, tegl, vindu, toalett og vask. Transport og operasjoner som inngår i analysen er markert med illustrasjoner (bortsett fra utsalg og lager som ikke inngår med data).



**Figur 3 Livsløpsmodell for produktsystemet til Nybygget**

Figuren viser produktsystemet til Nybygget, der berre nye materiale inngår; trevirke til reisverk og kledning, kjøkkeninnreining, dører, te gl, vindu, toalett og vask. Transport og operasjonar som inngår i analysen er m arkert med illustrasjonar (bortsett frå utsalg som ikkje inngår med data).

## 2.4 DATAGRUNNLAG

Materiala til Gjenbrukshuset vart henta frå mange ulike rivingsprosjekt i Trondheim, for eksempel:

- Trevirke frå Rye skole (bygd i 1898), Lerkendal stadion, Regionsykehuset i Trondheim/RiT (St. Olavs Hospital) og Leangen leir (Ikea)
- Teglstein frå TMV på Nedre Elvehavn
- Taktegl frå RiT
- Dører og VVS (teknisk porselen/sanitærporselen) frå Lerkendal stadion
- Vindu frå RiT
- Kjøkkeninnreiing frå RiT

Transporten av gjenbrukte material frå riving til lager vil difor variere. Det same vil transportavstanden for nye material frå produksjon til utsalg/lager. I analysen har vi difor brukt anslag for forskjellen på desse to distansane og lagt dette inn i analysen for Nybygget (Pettersen, 2003). I analysen er det valgt ei meiravstand på 4 mil (8 mil tur-retur) for nytt trevirke i samsvar med ei vurdering av selektiv riving og miljøeffektar (Pettersen, 2000), og ei meiravstand på 40 mil for nytt stål, tegl, glass og porselen. I tillegg er det valgt ei avstand på 1 mil (2 mil tur-retur) frå lager/utsalg til byggeplass for alle materiala (nye og gjenbrukte) ut frå eit overslag på sannsynleg avstand mellom utsalg og byggeplass.

Tabell 2 og Tabell 3 viser brukte materialmengder og transportavstandar for kvar enkelt komponent i Nybygget og Gjenbrukshuset. Tabell 4 viser datakjeldene som er brukt for råvareproduksjon.

**Tabell 2 Føresetnader for materialbruk, transport og energi for komponentar til Nybygg på Tiller\***

Komponent	Materiale	Transport	Energi	Kommentar
Reisverk og kledning	22.402 kg nytt trevirke	40 km + 10 km		Nyproduksjon av materiale til ytterveggar, innerveggar, dekker og tak, inkludert bindingsverk, lekter, panel, spikerslag, oppføring, etasjeskillarar, himling og bjelkelag for 4-mannsbolig med utebu. Antatt meiravstand frå produksjon til utsalg for nytt trevirke (40 km). Antatt distanse frå trelastutsalg til byggeplass (10 km).
Kjøkken og dører	1.280 kg nytt trevirke til kjøkkeninnreiing og dører	40 km + 10 km		Nyproduksjon av materiale til 4 ytterdører, 4 balkongdører, 16 innerdører, 4 dører til utebu og 4 kjøkkeninnreiingar (50% av kvar enkelt kjøkkeninnreiing). Antatt meiravstand frå produksjon til utsalg for nytt trevirke (40 km). Antatt meiravstand frå produksjon til utsalg for nytt stål (400 km). Antatt distanse frå utsalg til byggeplass (10 km).
	40 kg nytt stål til kjøkkeninnreiing	400 km + 10 km		
Takstein og mur	9.530 kg ny tegl som murstein	400 km + 10 km		Tegl brukt til takstein på hus og til mur i utebu. Antatt meiravstand frå produksjon til utsalg for nytt tegl (400 km). Antatt distanse frå utsalg til byggeplass (10 km).
	17.998 kg ny tegl som takstein	400 km + 10 km		
Vindu	224 kg nytt glass	400 km + 10 km		16 vindu. Antatt meiravstand frå produksjon til utsalg for nytt glass (400 km) og for nytt trevirke (40 km). Antatt distanse frå utsalg til byggeplass (10 km).
	640 kg nytt trevirke	40 km + 10 km		
Toalett og bad	22 kg nytt stål til vask på bad	400 k m + 10 km		4 vaskar (porselen og stål) og 4 toalett (porselen). Antatt meiravstand frå produksjon til utsalg for nytt stål (400 km) og nytt porselen (400 km). Antatt distanse frå utsalg til byggeplass (10 km).
	40 kg nytt porselen til vask på bad	40 km + 10 km		
	112 kg nytt porselen til toalett	400 km + 10 km		
Selektiv riving				Kun aktuelt for Gjenbrukshuset.

\* I tabellen er ordet meiravstand brukt. Dette er forskjellen i transportavstand frå produksjon til utsalg for nytt materiale samanlikna med avstand frå riving til lager for gjenbrukt materiale.

**Tabell 3 Føresetnader for materialbruk, transport og energi for komponentar til Gjenbrukshus på Tiller\***

Komponent	Materiale	Transport	Energi	Kommentar
Reisverk og Kledning	22.402 kg gjenbrukt trevirke	10 km	Omdimensjonering (0,32 MJ diesel/kg trevirke)	Materiale til ytterveggar, innerveggar, dekker og tak, inkludert bindingsverk, lekter, panel, spikerslag, oppføring, etasjeskillarar, himling og bjelkelag for 4-mannsbolig med utebu. Omdimensjonering er inkludert. Antatt distanse frå lager til byggeplass (10 km)
Kjøkken og dører	1.280 kg gjenbrukt trevirke i kjøkkeninnreiing og dører	10 km		Materiale til 4 ytterdører, 4 balkongdører, 16 innerdører, 4 dører til utebu og 4 kjøkkeninnreiingar (50% av kvar enkelt kjøkkeninnreiing). Antatt distanse frå lager til byggeplass (10 km)
	40 kg gjenbrukt stål i kjøkkeninnreiing	10 km		
Takstein og mur	9.530 kg gjenbrukt tegl som murstein	10 km		Tegl brukt til takstein på hus og til mur i utebu. Antatt distanse frå lager til byggeplass (10 km).
	17.998 kg gjenbrukt tegl som takstein	10 km		
Vindu	224 kg gjenbrukt glass	10 km		16 vindu, inkludert innsatt ekstra innerglass. Antatt distanse frå lager til byggeplass (10 km).
	640 kg gjenbrukt trevirke	10 km		
Toalett og bad	22 kg gjenbrukt stål i vask på bad	10 km		4 vaskar (porselen og stål) og 4 toalett (porselen). Antatt distanse frå lager til byggeplass (10 km).
	40 kg gjenbrukt porselen i vask på bad	10 km		
	112 kg gjenbrukt porselen i toalett	10 km		
Selektiv riving	100 l diesel		4.310 MJ	Antatt meirforbruk av diesel pga. ekstra ventetid for mobilkraner <sup>1</sup> .

\* I tabellen er ordet meiravstand brukt. Dette er forskjellen i transportavstand frå produksjon til utsalg for nytt materiale samanlikna med avstand frå riving til lager for gjenbrukt materiale.

<sup>1</sup> Olav R. Aarhaug, 27.juni 2003

**Tabell 4 Datakjelder for nyproduksjon av dei vurderte materiala (data brukt i analysen av Nybygget)**

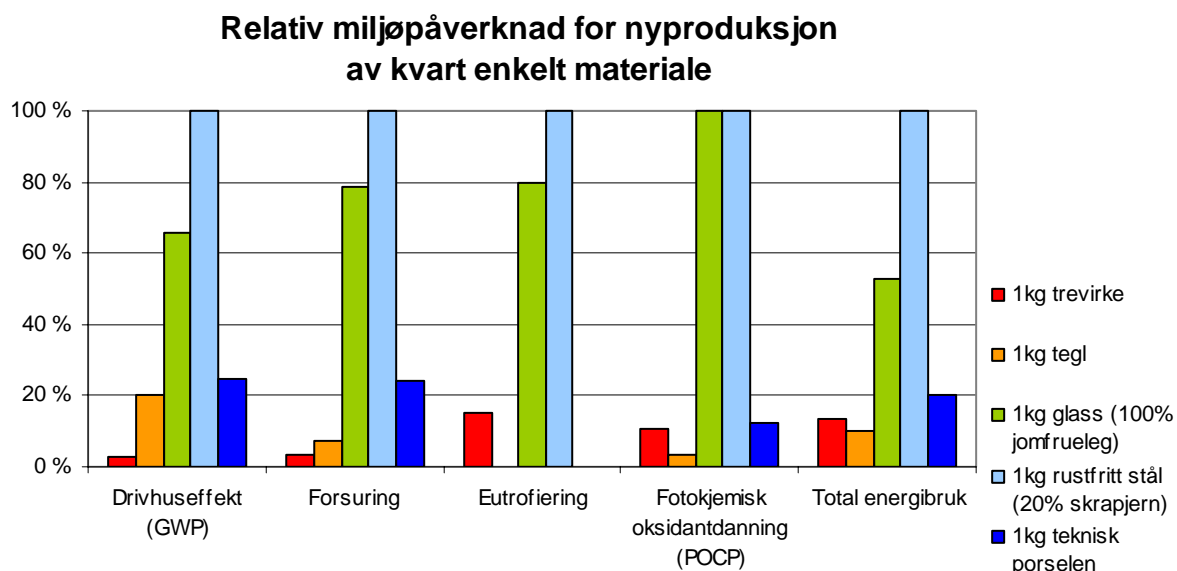
<b>Materiale</b>	<b>Datakjelde</b>	<b>Kommentar</b>	<b>Referanse</b>
Trevirke	Norsk Treteknisk Institutt/STØ LCA-database	Data for skogsdrift, tømmertransport og trelastproduksjon, inkl. intern transport. Ressursforbruk av trevirket som råvare er kuttet ut (ønsker berre prosessenergi i "total energibruk). Bruker data for ressursforbruk; olje, diesel, biobrensel og elkraft. Frå "Miljødeklarasjon av t reindustriens produkter" av Norsk treteknisk Institutt, rapport 37, Januar 1997.	Norsk Treteknisk Institutt, 1997. Olje: \processes\energy\ heat B250\ Heat oil(EL,CH) B250 Bio: \processes\energy\ heat B250\ Heat wood B250 Diesel: \processes\transport\ STØ transport\ heavy goods vehicle, 16t (diesel) Elektrisitet: \processes\energy\ elect.STØ\ hydroelectricity other users
Tegl	SimaPro material-database	Data for produksjon av "coarse ceramics", hovudsakleg murstein. Produksjonsdata gitt som gjennomsnitt for tegl-industrien. Energidata for Nederland, ellers data frå SPIN Ceramics 1 (1992).	\processes\material \glass+ceramics\ceramic (coarse)
Glass	SimaPro material-database	Gjennomsnittsdata for produksjon av jomfrueleg glass i Sveits (1994) frå BUWAL 250 (1996).	\processes\material \glass+ceramics \glass(virgin)
Stål	SimaPro material-database	Data for produksjon av ferritisk rustfritt stål til bruk i hushaldningsapparat som for eksempel oppvaskmaskiner. Gjennomsnittsdata for verden, levert Rotterdam. Inneheld 20% skrapstål. Frå m.a. SPIN Iron and Steel (1992).	\processes\material \metals\ferro\stainless steel\ X6Cr17 (430)I
Porselen	SimaPro material-database	Data for produksjon av teknisk porselen i Nederland (1988). Transport av råmateriale er inkludert. Data frå SPIN Ceramics 2 (1992).	\processes\material \ceramics\porcelain
Diesel	STØ LCA-database	Data for produksjon og forbrenning av 1 MJ diesel brukt i eit "tungt" kjøretøy, dvs over 16 tonn. Data for sluttbruk (forbrenning) frå "Utslipp fra vegtrafikk i Norge" (SFT/SSB, 1999). Data for produksjon av diesel frå "Life cycle inventory of Norwegian energy carriers, oil and gas" (STØ, 1998). Dette er data for diesel som er produsert av Norsk Hydro og Statoil og selt i Noreg.	\processes\transport\STØ transport\heavy goods vehicle, 16t



Figur 4 viser relativ miljøpåverknad for nyproduksjon av kvart enkelt materiale i analysen. Figuren viser kun produksjonsfasen for materialene. Transport ikkje er med, og heller ikkje forming av sluttprodukt for stål og glass (for vurdering av kor viktig transport er; sjå kapittel 3.2 til 3.6). Mengda av kvart materiale som blir brukt i eit hus er også totalt forskjellig; for eksempel er det begrensa kor mykje porselen som blir brukt i forhold til treverk. Figuren gir likevel ein peikepinn om kva ein bør konsentrere seg om å gjenbruke. Figuren viser også kva materiale som kan transporterast lengst utan at miljøeffekten ved gjenvinning blir spist opp av utsleppa frå transport (stål og glass).

Per kilo materiale gir det størst effekt å gjenbruke:

1. Stål
2. Glass
3. Porselen
4. Tegl/trevirke



**Figur 4 Miljøpåverknad for nyproduksjon av materialene som er brukt i studien (trevirke, tegl, glass, rustfritt stål og teknisk porselen). NB! Dette er ikkje LCA-data, kun produksjonsfasen er med i figuren.**

I resten av rapporten er det brukt LCA-data for materialene for samanlikning av Gjenbrukshuset og Nybygget.

---

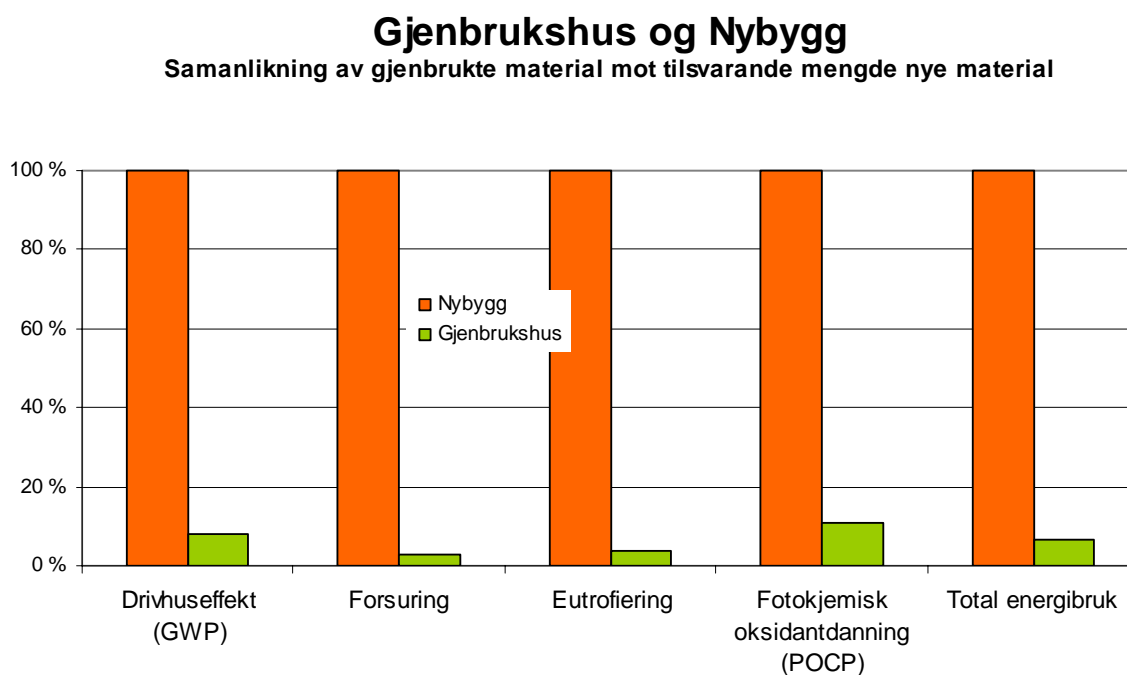
## 3 RESULTAT MILJØ- OG RESSURSPROFIL

---

I dette kapitlet er resultatene fra den forenkla livsløpsanalysen presentert. Sammenlikninga av miljøprofilen for Gjenbrukshuset og Nybygget er vist først (kapittel 3.1). Deretter kjem meir detaljerte resultat for kvar påverknadskategori. Her er resultatet vist for dei ulike komponentane i huset.

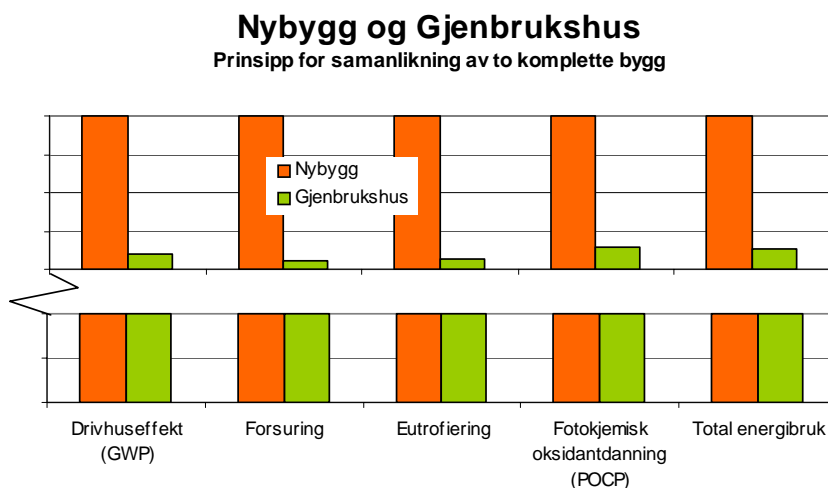
### 3.1 SAMANLIKNING AV MILJØPROFIL FOR NYBYGG OG GJENBRUKSHUS

Figuren under viser resultatene for alle dei vurderte påverknadskategoriene. Dette gir ei oversikt over korleis miljøprofilen for Nybygget og Gjenbrukshuset er.



**Figur 5** Samanlikning av miljøprofil for gjenbrukte material i Gjenbrukshuset mot tilsvarande mengde nye material i Nybygget (NB! Figuren viser ikkje miljøprofilen for eit heilt hus).

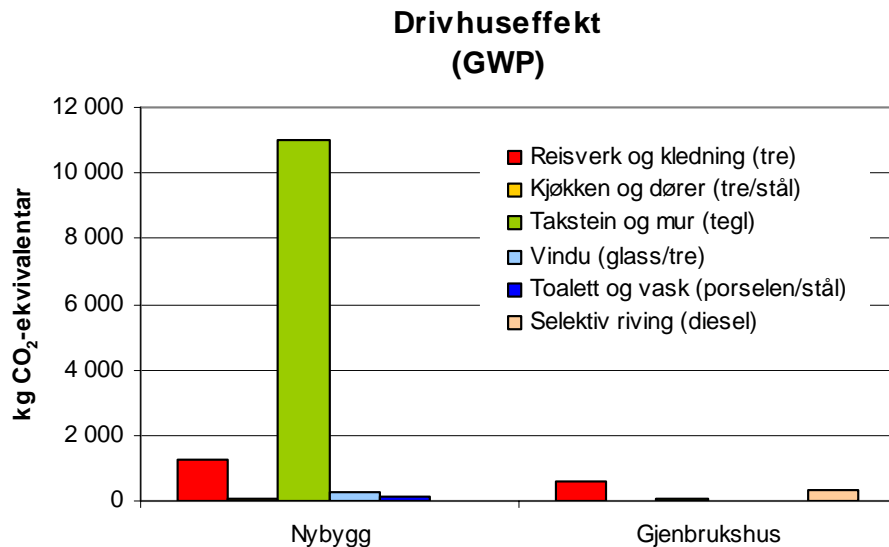
Ein ser at Gjenbrukshuset har klart betre resultat enn Nybygget for alle miljøpåverknadskategoriene. Her er det viktig å huske at figuren ikkje viser profilen for eit heilt hus, men kun for dei materiala som har forskjellig opphav i dei to husa (nye og brukte). Sidan miljøprofilen for nokre material i huset ikkje er kjent (betong, gips, mineralull, skumplast osv), og desse komponentane er like for dei to husa, vil den totale miljøprofilen for eit heilt hus i prinsippet sjå ut som i figuren under.



**Figur 6 Samanlikning av to komplette bygg når miljøprofilen for nokre komponentar ikkje er kjent (men like).**

I dei følgjande kapitla er resultatane vist for kvar påverknadskategori, fordelt på dei ulike komponentane i huset.

### 3.2 DRIVHUSEFFEKT



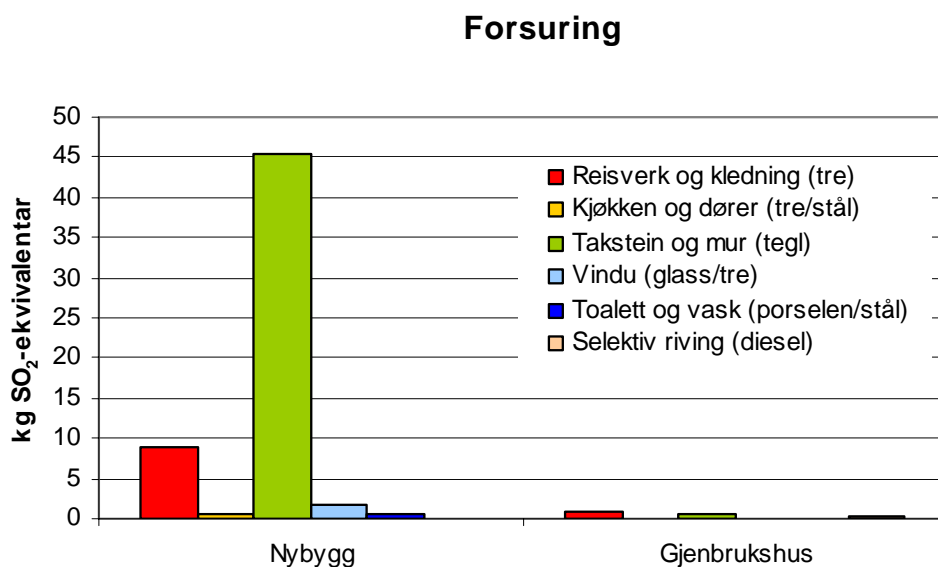
**Figur 7 Potensiell drivhuseffekt for dei vurderte komponentane i Nybygg og Gjenbrukshus på Tiller (GWP = Global Warming Potential)**

Figur 7 viser at det er komponenten takstein/teglmur som er viktigast av dei vurderte komponentane til Nybygget når det gjeld drivhuseffekt. Over 75% av miljøbelastninga til tegl kjem frå sjølve produksjonen av tegl (inkl. råvaretransport). Gjenbruk av tegl gir difor ein stor miljøgevinst. Analysen viser at brukt tegl kan transporterast 120-130 mil lenger enn ny tegl før transportbelastninga med tanke på drivhuseffekt overstig gevinsten ved gjenbruk (forutsatt at dieselforbruket ved selektiv riving er fordelt 50% på takstein/teglmur og 50% på reisverk og kledning<sup>2</sup>).

På Gjenbrukshuset er det saging/omdimensjonering av reisverk/kledning som slår ut pga store mengder materiale, i tillegg til dieselforbruket i sam band med selektiv riving. Likevel er potensiell drivhuseffekt frå reisverk og kledning mindre i Gjenbrukshuset enn i Nybygget sjølv om ein skulle legge all belastning frå selektiv riving på trevirke. Potensiell drivhuseffekt frå vindu, kjøkken/dører og toalett/vask er mindre enn i Nybygget når ein ser bort frå dieselforbruket frå selektiv riving.

<sup>2</sup> Antaking brukt for utrekning av transportavstand. Basert på at tre og tegl er dei to dominerande materiala i analysen.

### 3.3 FORSURING

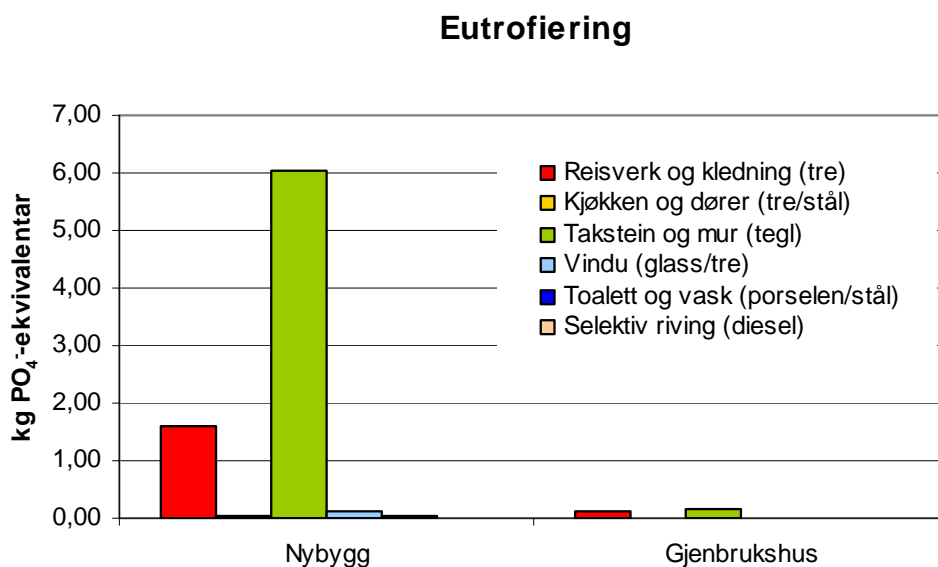


**Figur 8 Potensialet for forsuring for dei vurderte komponentane i Nybygg og Gjenbrukshus på Tiller**

Figur 8 viser at det er komponenten takstein/teglmur som er viktigast av dei vurderte komponentane til Nybygget også når det gjeld forsuring. Om lag 40% av miljøbelastninga til tegl kjem frå sjølv produksjonen (inkl. råva retransport) og 60% kjem frå transport frå produksjon til utsalg (400 km). Gjenbruk av lokal tegl gir difor stor miljøgevinst for denne påverknadskategorien fordi transporten blir kraftig redusert. I tillegg unngår ein belastninga frå sjølv produksjonen. Analysen viser at brukte tegl kan transporterast 20-30 m lengre enn nye tegl før transportbelastninga med tanke på forsuring overstig gevinsten ved gjenbruk (forutsatt at dieselforbruket ved selektiv riving er fordelt 50% på takstein/teglmur og 50% på reisverk og kledning<sup>3</sup>).

For Gjenbrukshuset er det om dimensjonering av reisverk/kledning og takstein/teglmur som slår ut pga. store mengder materiale, men belastninga er likevel langt under belastninga for nytt materiale. Dette gjeld også dei andre komponentane. For forsuring slår ikkje dieselforbruket i samband med selektiv riving ut i analysen.

### 3.4 EUTROFIERING



**Figur 9** Potensialet for eutrofiering for dei vurderte komponentane i Nybygg og Gjenbrukshus på Tiller

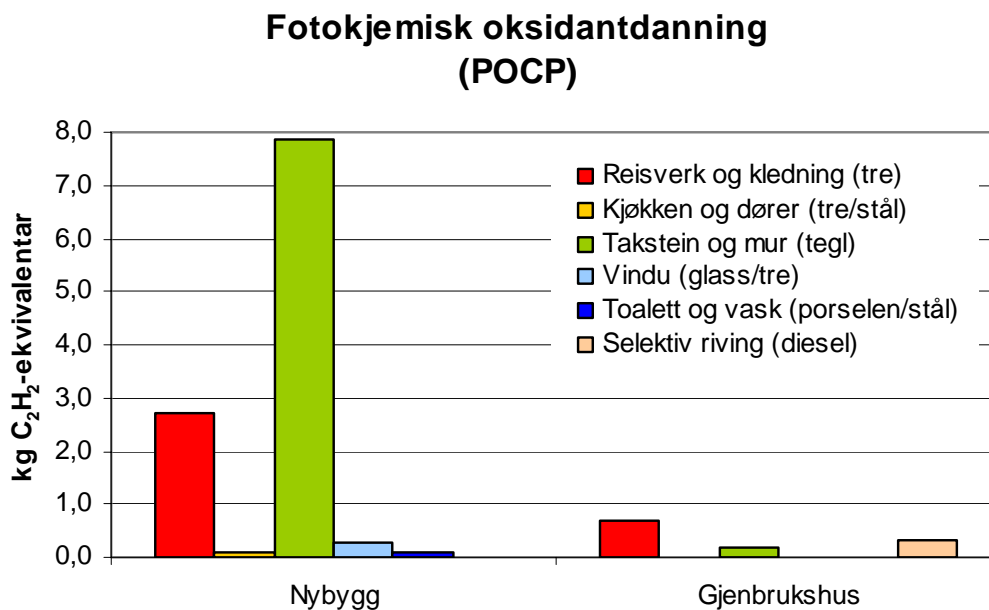
Figur 9 viser at det er komponenten takstein/teglmur som er viktigast av dei vurderte komponentane til Nybygget også når det gjeld eutrofiering. Om lag 97% av miljøbelastninga til tegl kjem frå transport frå produksjon til utsalg (400 km). Gjenbruk av lokal tegl gir difor stor miljøgevinst for denne påverknadskategorien fordi transporten blir kraftig redusert.

For Gjenbrukshuset er det også takstein/teglmur som slår ut, i tillegg til omdimensjonering av reisverk/kledning, men belastninga er likevel langt under belastninga for nytt materiale. Dette gjeld også dei andre komponentane. For eutrofiering slår ikkje dieselforbruket i samband med selektiv riving ut i analysen.

---

<sup>3</sup> Antaking brukt for utrekning av transportavstand.

### 3.5 FOTOKJEMISK OKSIDANTDANNING



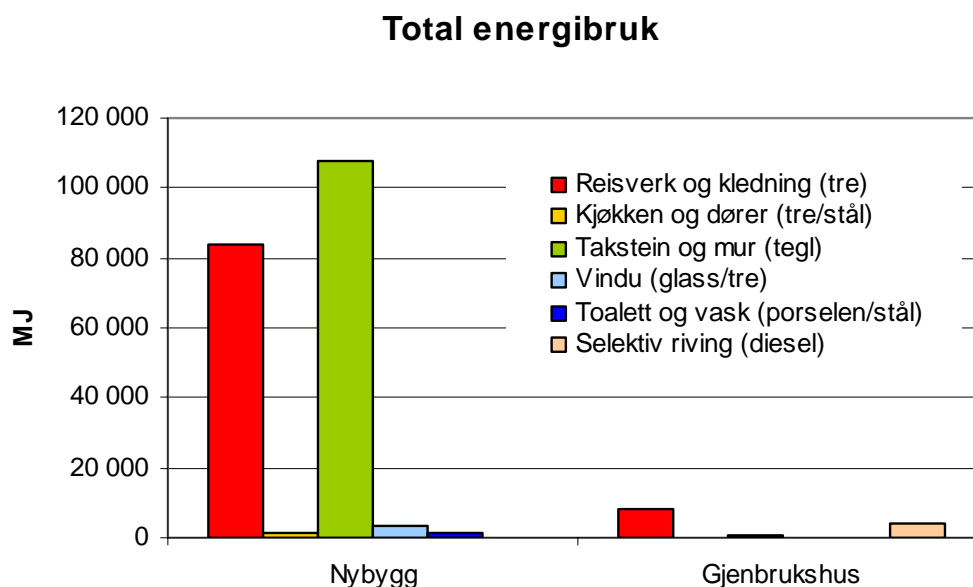
**Figur 10** Potensialet for fotokjemisk oksidantdannning for dei vurderte komponentane i Nybygg og Gjenbrukshus på Tiller (POCP = Photochemical Ozone Creation Potential)

Også ved vurdering av potensialet for fotokjemisk oksidantdannning er det komponenten takstein/teglmur som er viktigast for Nybygget. Om lag 90% av miljøbelastninga til tegl kjem frå transport frå produksjon til utsalg (400 km). Gjenbruk av lokal tegl gir difor stor miljøgevinst for denne påverknadskategorien fordi transporten blir kraftig redusert.

For Gjenbrukshuset er det om dimensjonering av reisverk/kledning som slår ut. Belastninga for reisverk/kledning er likevel langt under belastninga for nytt materiale, også dersom ein belastar denne komponenten med alt utslepp frå selektiv riving. Dette gjeld også for tegl.

Konklusjonen for gjenbruk av vindu, toalett/vask og kjøkken/ dører er ikkje klar sidan belastninga for selektiv riving ikkje er fordelt på komponentane.

### 3.6 TOTAL ENERGIBRUK



**Figur 11 Total energibruk for dei vurderte komponentane i Nybygg og Gjenbrukshus på Tiller**

Figur 11 viser at dei viktigaste komponentane til Nybygget når det gjeld total energibruk er reisverk/kledning og takstein/teglmur. Om lag 70% av energiforbruket ved produksjon og transport av tegl kjem frå sjølve produksjonen. Gjenbruk av lokal tegl gir stor gevinst både på grunn av unngått produksjon og redusert transport. Analysen viser at tegl kan transportast om lag 80 m ilt lenger enn ny tegl før transportbelastninga med tankene på totalt energiforbruk overstiger gevinsten ved gjenbruk (forutsatt at 50% av diesel forbruket ved selektiv riving blir belastet takstein/teglmur<sup>4</sup>).

For nytt materiale til reisverk/kledning er det hovudsakleg trelastproduksjon (inkludert oppstrøms aktivitetar i form av tømmerhogst og -transport) som bidrar. Omdimensjonering av brukt trevirke bruker mindre energi enn ny produksjon, og gjenbruk gir difor ein positiv effekt for total energibruk. Gjenbruk av reisverk/kledning har ein positiv effekt også dersom ein belastar reisverk/kledning med all energibruk i samband med selektiv riving. Dette gjeld også for gjenbruk av tegl.

Konklusjonen for gjenbruk av vindu, toalett/vask og kjøkken/ dører er ikkje klar sidan belastninga for selektiv riving ikkje er fordelt på komponentane.

<sup>4</sup> Antaking brukt for utrekning av transportavstand.



### 3.7 OPPSUMMERING AV RESULTATA

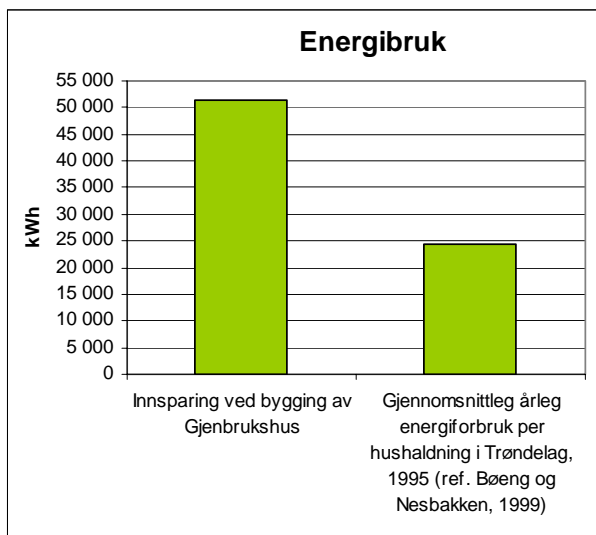
Gjenbrukshuset har klart best resultat for alle dei vurderte miljøpåverknadskategoriene; drivhuseffekt, forsuring, eutrofiering, fotokjemisk oksidantdannning og total energibruk.

Det er takstein/teglmur som er den viktigaste komponenten å gjenbruke. Gjenbruk av lokal tegl gir miljøgevinst for alle dei vurderte miljøpåverknadskategoriene (også ved evt. inkludering av utslepp frå selektiv riving). Ved vurdering av drivhuseffekt og total energibruk er det produksjonen av tegl som er viktigast medan reduert transport er viktigast ved vurdering av eutrofiering og fotokjemisk oksidantdannning. For forsuring bidrar produksjon og transport om lag like mykje. For total energibruk er også gjenbruk av reisverk/kledning viktig fordi omdimensjonering bruker mindre energi enn ny produksjon av treverk.

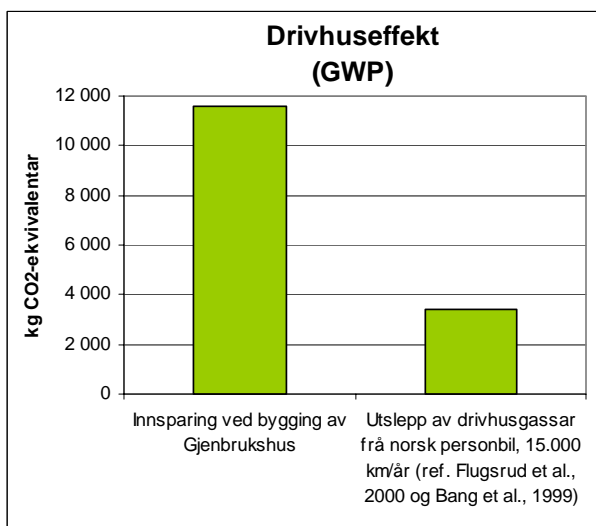
Gjenbruk av reisverk/kledning fører til mindre belastning enn ny produksjon for alle dei vurderte miljøpåverknadskategoriene, sjølv om ein skulle belaste komponenten med utsleppa frå selektiv riving.

Gjenbruk av vindu, kjøkken/dører og toalett/vask gir miljøgevinst med tanke på forsuring og eutrofiering, sjølv med evt. inkludering av utslepp frå selektiv riving. Ved vurdering av drivhuseffekt, fotokjemisk oksidantdannning og total energibruk er ikkje konklusjonen klar på grunn av at belastninga ved selektiv riving ikkje er fordelt på komponentane.

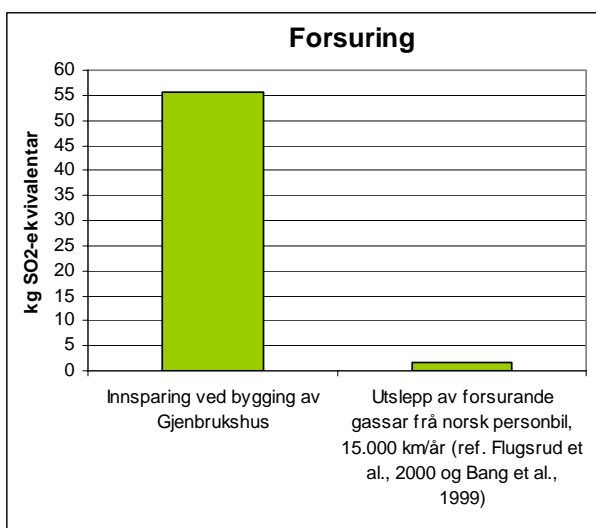
For å få ein peikepinn på kor stor forskjellen på Gjenbrukshuset og Nybygget er, viser figur 10, 11 og 12 forskjellen på dei to husa saman med utslepp frå bilbruk og energibruk i bustadhus.



**Figur 12**  
**Redusert energibruk ved bygging av Gjenbrukshus på Tiller, samanlikna med energiforbruk i hushaldningar.**



**Figur 13**  
**Redusert potensiell drivhuseffekt ved bygging av Gjenbrukshus på Tiller, samanlikna med utslepp frå kjøring med personbil.**



**Figur 14**  
**Redusert potensiell forsuring ved bygging av Gjenbrukshus på Tiller, samanlikna med utslepp frå kjøring med personbil.**

Figurane viser at bygging av Gjenbrukshuset reduserer total energibruk med litt over to årsforbruk av energi i ei trøndersk husholdning. Tilsvarende reduserer Gjenbrukshuset potensiell drivhuseffekt med i overkant av 3 års bilbruk og potensialet for forsuring med over 30 års bilbruk (forutsatt 15.000 km/år).

---

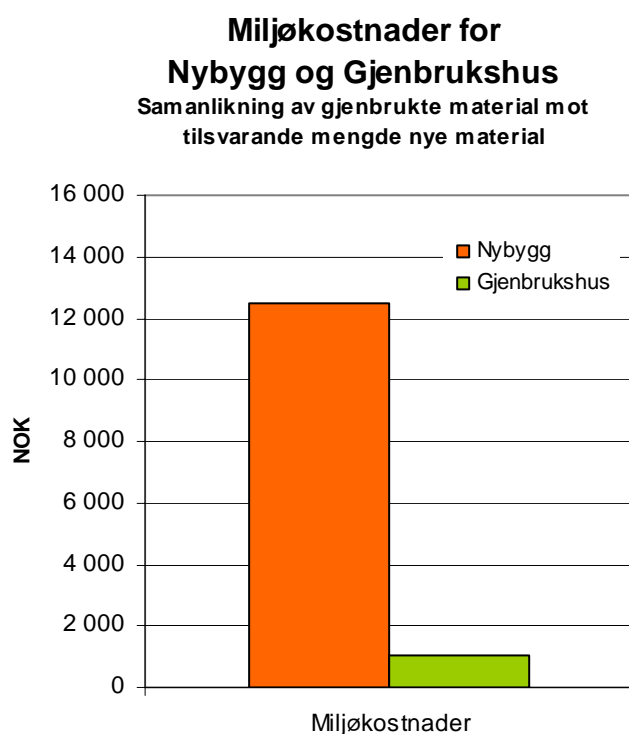
## 4 MILJØ-ØKONOMISK VURDERING

---

Dette kapitlet inneheld resultatane frå den miljø-økonomiske analysen (*eksterne* kostnader). Berekna utslepp frå livsløpsvurderingane blir her multiplisert med kvar sin verdsettingsparameter (Econ, 2000), summert og vist som miljøkostnader for Gjenbrukshuset og Nybygget. Med basis i det samme produksystemet kan ein også innhente *interne* kostnader for dei ulike aktivitetane. Dei interne kostnadene skal gjenspeile konvensjonelle driftskostnader (drift, investering osv.), eksklusive avgifter, for alle ledd i systemet. Summen av dei interne og eksterne kostnadene viser dei totale samfunnsmessige kostnadene (ikkje vist her).

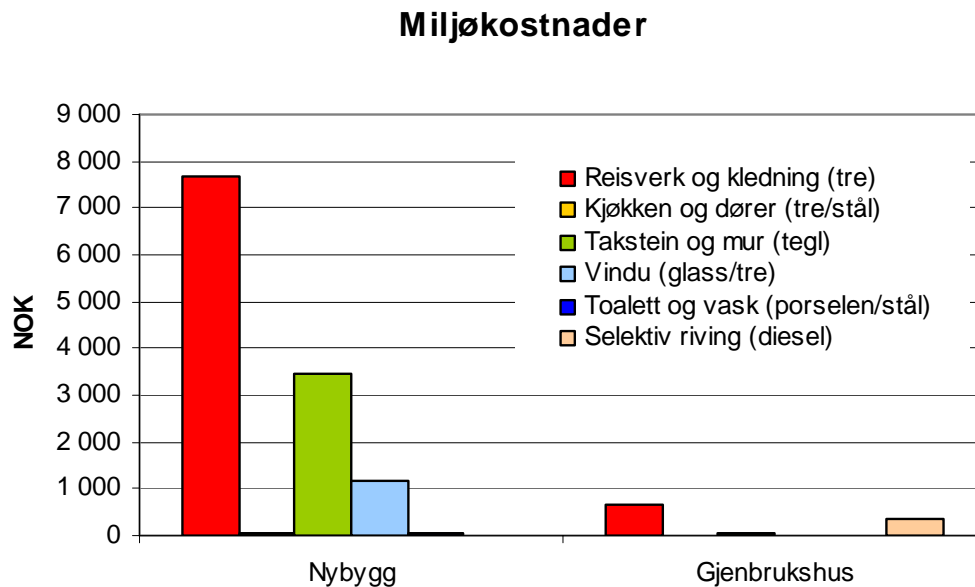
$$\begin{aligned} & \text{Eksterne kostnader (miljøkostnader)} \\ + & \text{Interne kostnader (driftskostnader)} \\ = & \text{Samfunnsmessige kostnader} \end{aligned}$$

Figur 15 viser miljøkostnadene (eksterne kostnader) for dei vurderte materiala i dei to bygga.



**Figur 15** Miljøkostnader for gjenbrukte material i Gjenbrukshuset og tilsvarende mengde nye material i Nybygget (NB! Figuren viser ikkje miljøkostnader for eit heilt hus)

Figuren viser at Gjenbrukshuset har eit betre resultat enn Nybygget når det gjeld miljøkostnader. Forskjellen i miljøkostnader på dei to husa i oppføringsfasen er 11.400 kr.



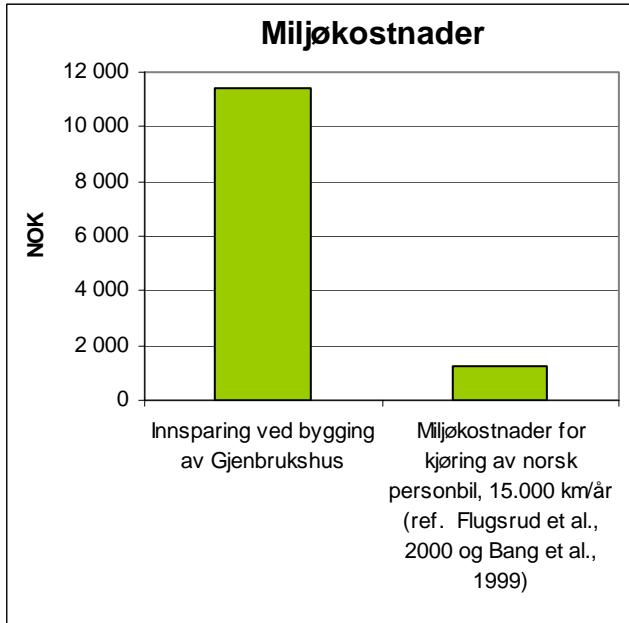
**Figur 16 Miljøkostnader for dei vurderte materiala i Nybygg og Gjenbrukshus på Tiller**

Figur 16 viser miljøkostnadene for dei to husa fordelt på dei ulike komponentane. Ein kan sjå at miljøkostnadene for gjenbruk av reisverk/kledning, takstein/teglmur og vindu er markant lågare enn for tilsvarende nye komponentar, også dersom dei får all belastning frå selektiv riving inkludert.

Ved vurdering av kjøkken/dører og toalett/vask er ikkje konklusjonen klar på grunn av at belastninga ved selektiv riving ikkje er fordelt på komponentane, men sidan det først og framst er manuelt arbeid ved selektiv riving av sanitærporselen, kjøkken og dører, vil ikkje desse komponentane få så stor andel av miljøkostnaden i figuren.

For nytt reisverk og kledning kjem 97% av miljøkostnaden frå sjølve produksjonen (inkl. oppstrøms aktivitetar i form av skogsdrift og transport). Det er støvutslepp som står for dei største kostnadene. For ny tegl kjem 40% av miljøkostnaden frå produksjonen (utslepp av CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O og SO<sub>2</sub>) og 60% frå transport (støv og NO<sub>x</sub>). For nytt glass står produksjonen for 98% av miljøkostnaden. Av dette har 70% utspring i utslepp av bly og 20% frå støvutslepp.

For å få ein peikepinn på kor stor forskjellen på Gjenbrukshuset og Nybygget er, viser Figur 17 forskjellen på dei to bygga saman med miljøkostnaden for utslepp frå bilbruk.



**Figur 17**  
**Reduserte miljøkostnader ved bygging av Gjenbrukshus på Tiller, samanlikna med utslepp frå kjøring med personbil.**

Figuren viser at bygging av Gjenbrukshuset reduserer miljøkostnadene med nesten 10 års bilbruk (forutsatt 15.000 km/år).

## 5 KONKLUSJONAR

Ved samanlikning av dei to boligane har Gjenbrukshuset best resultat for alle dei vurderte miljøpåverknadskategoriene; drivhuseffekt, forsuring, eutrofiering, fotokjemisk oksidantdannning og total energibruk. Det samme gjeld ved vurdering av miljøkostnader. Tabell 5 viser ei oppsummering av resultatene for dei ulike komponentane i Gjenbrukshuset og for Gjenbrukshuset totalt.

**Tabell 5 Effekt av gjenbruk på miljø og miljøkostnader**

Komponent	Effekt av gjenbruk					
	Drivhuseffekt	Forsuring	Eutrofiering	Fotokjemisk oksidantdannning	Total energibruk	Miljøkostnader
Reisverk/kledning	+	++		+	+	+
Kjøkken/dører	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)
Takstein/mur (tegl)	+	++		+	+	+
Vindu	(+)	+	+	(+)	(+)	+
Toalett/vask	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)
<b>Totalt</b>	<b>+</b>	<b>++</b>		<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>

+ Forbedring

- Forverring

( ) Usikkert pga. manglende fordeling av energiforbruk for selektiv riving

Gjenbruk av tegl til takstein/teglmur står for størstedelen av miljøgevinsten i Gjenbrukshuset medan gjenbruk av reisverk/kledning bidrar til størsteparten av miljøkostnadsgevinsten.

Samanlikna med Nybygget fører bygging av Gjenbrukshuset til redusert total energibruk tilsvarende to årsforbruk energi i ei husholdning. På samme måte reduserer Gjenbrukshuset potensiell drivhuseffekt med i overkant av 3 års bilbruk og potensialet for forsuring med over 30 års bilbruk (forutsatt 15.000 km/år).

Forskjellen i miljøkostnader på dei to husa i oppføringsfasen er 11.400 kr. Dette tilsvarer nesten 10 års bilbruk (forutsatt 15.000 km/år).

---

## 6 FORSLAG TIL VIDARE ARBEID

---

### *Forbetring og utviding av analysen*

- STØ foreslår at ekstra energiforbruk i samband med selektiv riving blir fordelt på dei ulike komponentane ved riving slik at det blir lettare å prioritere komponentar for gjenvinning.
- STØ tilrår også at spesifikke transportavstander for dei ulike komponentane blir inkludert (istaden for overslag slik det ligg inne no).
- Sluttforming av kjøkken/dører og vindu er ikkje med i analysen. Sortering, rensing og mellomlagring av gjenbrukte materialer heile eller ikkje med. STØ foreslår at dette bør inkluderast for å få ein meir fullstendig analyse.
- Etter ønske frå oppdragsgivar har ein i denne forenkla analysen konsentrert seg om oppføringsfasen. Ein fullstendig analyse av Gjenbrukshuset bør også inkludere driftsfasen sidan erfaring (Borchsenius, 1998) tilseier at driftsfasen er viktig ved vurdering av miljøpåverknader i det totale livsløpet til bustadhus. I ein slik analyse bør alle materiala i huset inkluderast, og ikkje berre dei komponentane som blir gjenbrukt i Gjenbrukshuset, fordi det vil vere vanskeleg å allokere energibruk i driftsfasen på dei ulike komponentane.

### *Miljødokumentasjon*

- Gjenbrukte materialer bør dokumentere miljøprofilen sin. Det finnst i dag minst tre typar system for miljøvaredeklarasjonar (MVD). Type I og type II er miljømerke (svanemerket, EU-blomsten o.a.) og egendeklareringar. Type III er ein deklarasjon som er basert på livsløpsanalyse. Det blir sett bestemte krav til gjennomføring, presentasjon og kompetanse hos involvert personell. Fordelen med type III er at dei er tilgjengelege for alle, ikkje berre dei "beste" produkta i sin klasse. Det blir lagt stor vekt på at deklarasjonane er objektive, samanliknbare, truverdige og adderbare. For ein produsent av gjenbruksmateriale vil miljøvaredeklarasjonar vere nyttige fordi dette:
  - Aukar marknadsverdien av produkta som følge av dokumentert miljøprofil.
  - Aukar marknadsverdien gjennom å vise at ein tar "miljøet på alvor" gjennom proaktiv haldning.
  - Oppfyller miljøkrava i "Lov om offentlige anskaffelser" av 16.07.99, og lov om retten til miljøinformasjon (gjeldande frå 1.1.04).



---

## REFERANSELISTE

---

Bang, J., Flugsrud, K., Holtskog, S., Haakonsen, G., Larsen, S., Maldum, K.O., Rypdal, K. og Skedsmo, A.: *Utslipp fra veitrafikk i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater*. Statens forurensningstilsyn (SFT), Rapport 99/04, TA 1622/1999, ISBN 82-7655-156-4, 1999.

Bøeng, A.C og Nesbakken, R.: *Energiforbruk til stasjonære og mobile formål per husholdning 1993, 1994 og 1995. Gjennomsnittstall basert på forbruksundersøkelsen*. Statistisk sentralbyrå, 99/22, august 1999.

Borchsenius, C. H. 1998.: *Livsløpsvurdering av bolig*. Stiftelsen Østfoldforskning, ISBN nr.: 82-7520-359-7, OR 59.98, 1998.

Econ: *Miljøkostnader ved avfallsbehandling*, Econ-rapport 85/00, ISBN 82-7645-422-4, 2000.

Flugsrud, K., Gjerald, E., Haakonsen, G., Holtskog, S., Høie, H., Rypdal, K., Tornsjø, B. og Weidemann, F.: *The Norwegian Emission Inventory. Documentation of methodology and data for estimating emission of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants*. Statens forurensningstilsyn og Statistisk sentralbyrå (SFT og SSB), Februar 2000, ISBN 82-537-4770-5.

Hanssen, O.J. and Asbjørnsen, O.A.: *Statistical properties of emission data in life cycle assessments*. Journal of Cleaner Production, no.4, pp.149-157, 1996.

Norsk Treteknisk Institutt: *"Miljødeklarasjon av treindustriens produkter. Sammenfatning med miljødeklarasjoner"*. Program "Nordic Wood". Utført av Dansk Teknologisk Institutt, Træteknik, Norsk Treteknisk Institutt, Trätek, Institutet för träteknisk forskning og Valton Tekninen Tutkimuskeskus (VTT). Rapport 37, januar 1997.

Petersen, R.E.: *Selektiv riving og miljøeffekter*. Høgskolen i Sør-Trøndelag, avdeling for teknologi, Institutt for bygg og miljø. Trondheim, desember 2000.

Pettersen, N., Miljøavdelinga, Trondheim kommune: Personleg kommunikasjon, telefonsamtale 1/9-03.

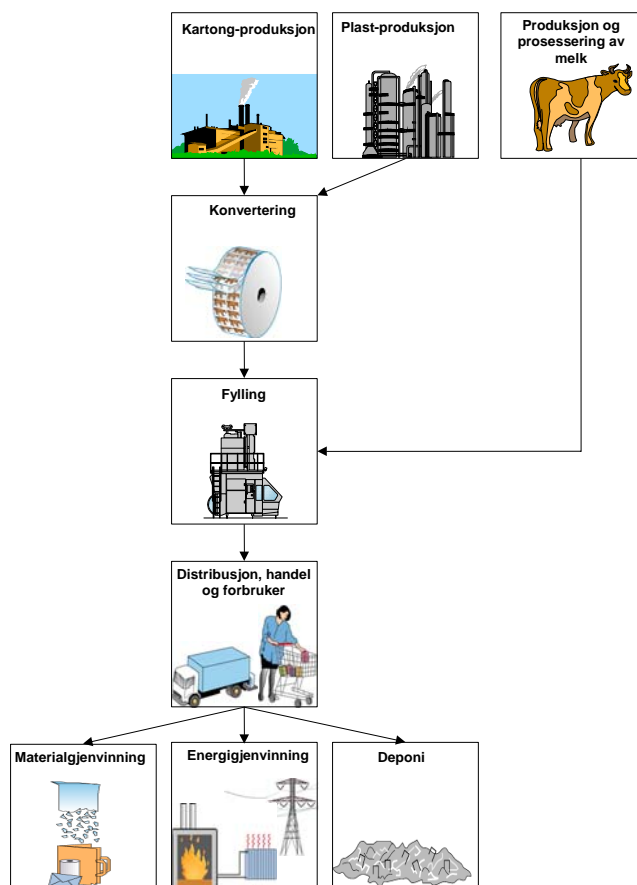
---

# VEDLEGG A LCA-METODIKK

---

Ei livsløpsvurdering av eit produkt er definert som ei systematisk kartlegging og vurdering av miljø- og ressurspåverknader gjennom heile livsløpet til produktet, frå 'vogg e til grav'. Analysen tar utgangspunkt i eit *produksystem*, og vurderer miljø- og ressursmessige forhold ved dette systemet i forhold til ei definert *funksjonell eining*, som er den eininga som viser oss kva produktet yter i forhold til ein bestemt brukar sine krav til produktet.

Livsløpsvurderinga skal omfatte alle dei prosessane og aktivitetane som inngår i eit produksystem, og som til saman er med på å oppfylle funksjonen eller funksjonane som produksystemet skal oppfylle. Eit eksempel på ein livsløpsmodell for eit produksystem er vist i figuren under.



**Figur A.1** Eksempel på ein livsløpsmodell for eit produksystem for melk (inkl. emballasje)

Ei livsløpsvurdering har følgande tre sentrale poeng:

- Ein ser på heile det tekniske systemet som skal til for å produsere, bruke og avhende produktet (systemanalyse) og ikkje berre på produktet i seg sjølv.
- Ein ser på heile materialsyklusen langs verdikjeda til produktet og ikkje berre på ein enkel operasjon eller bearbeidingsprosess.
- Ein ser på eit antall relevante miljø- og helsepåverknader for heile systemet og ikkje berre på ein enkelt miljøfaktor (f.eks. utslepp av løysemiddel eller støv).

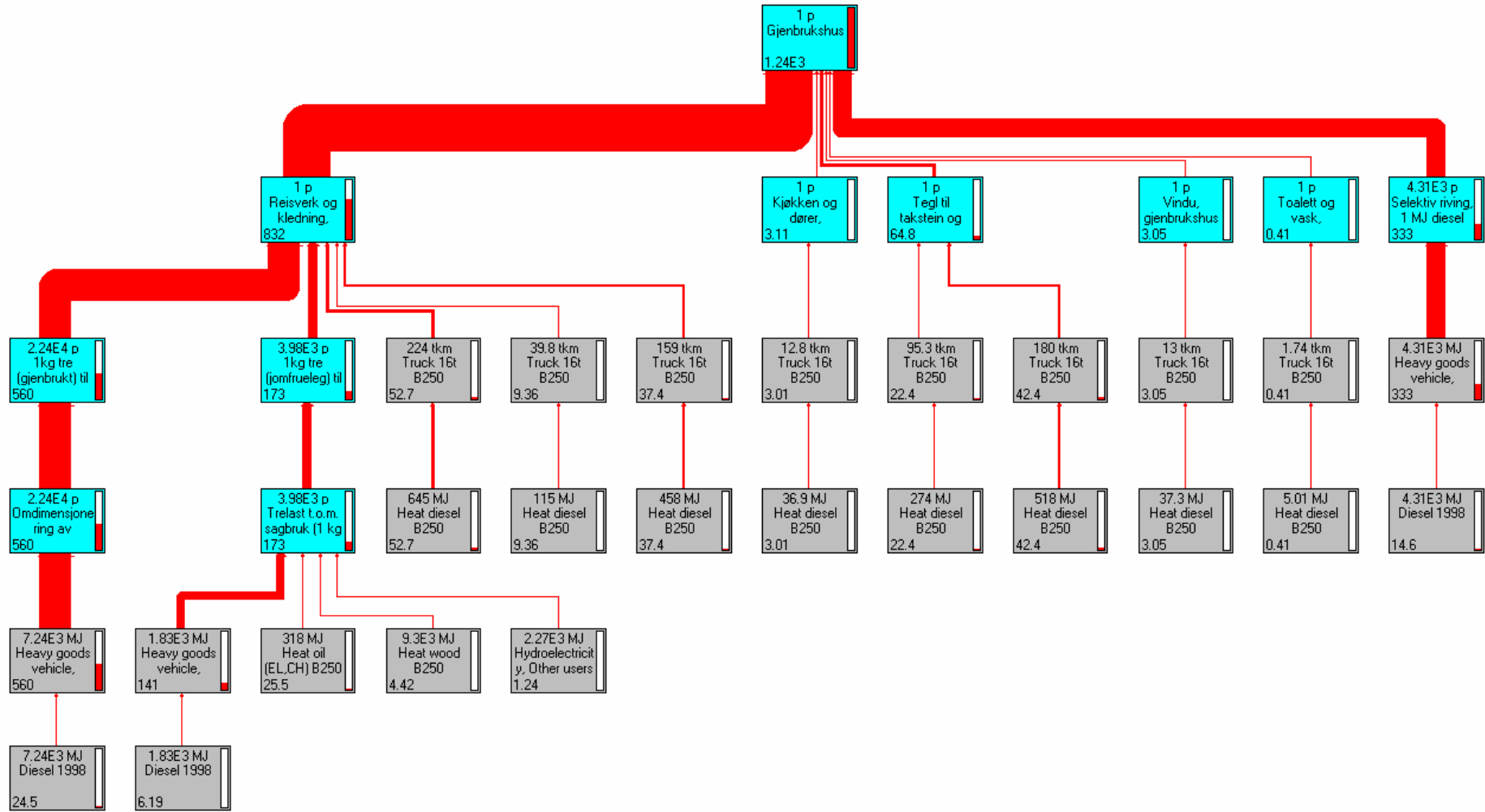
Dette gir ei meir heilheitleg tilnærming til helse-, miljø- og ressursproblema enn det vi ofte har vore vitne til tidlegare, der fokuset har vore på enkeltfaktorar eller enkeltstående prosessar.

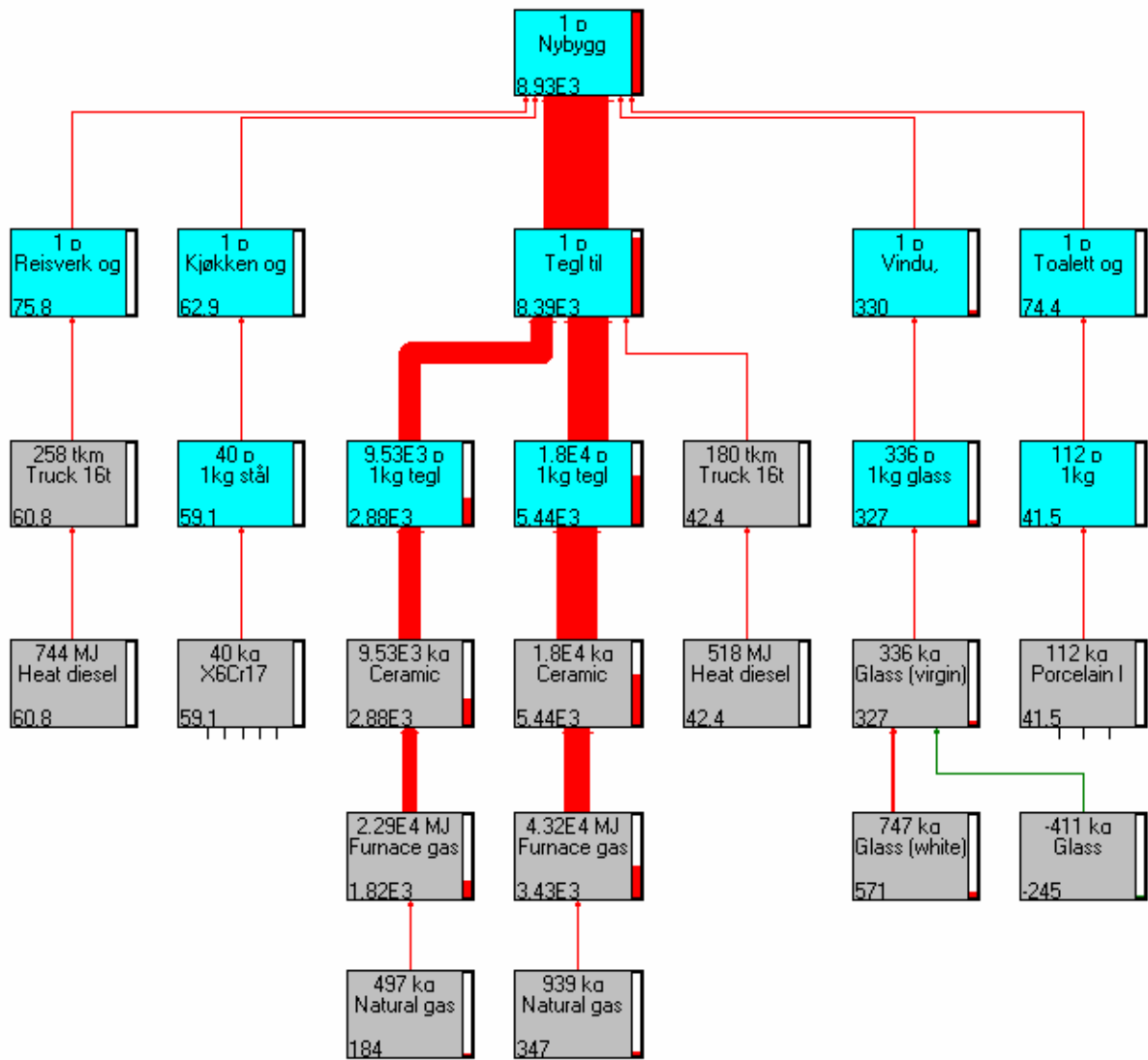
Simuleringsprogrammet SimaPro 5.1 er brukt for gjennomføring av analysane.

---

**VEDLEGG B      PROSESSTRE FOR NYBYGG OG  
GJENBRUKSHUS**

---





---

**VEDLEGG C    MATERIALLISTE FOR NYBYGG OG  
GJENBRUKSHUS**

---

MATERIALLISTE BASERT PÅ BYGGEMELDINGSTEGNINGER

MENGDER TIL ETT HUS

													TRE				TEGL					
													Nybygg		Gjenbrukshus				Nybygg		Gjenbrukshus	
															Gjenbruksmat		Nytt materiale					
BYGN.DEL		Areal	Konstruksjonsdel	(m/m2)	Material	Påslag	Material	%anle	Gjenbruk	Enhet	Materialdimensjon	Volumfaktor	total volum	Volum	vekt	volum	vekt	volum	vekt	volum	vekt	
KODE	Bygn.del	Beskrivelse	m2	(stk/m2)	sum	20 %	Behov	gjenbruk	mengde			m3/enh	m3	m3	kg	m3	kg	m3	kg	m3	kg	
23	<b>YTTERVEGGER</b>																					
	YVE 1 og 2	Nytt hus	265	150 bind.v 600 c/c	4	1060	212	1272	0	0,0	M	48x148	0,006	8,1	8,1	4070						
			265	Innvendig lekt	2	530	106	636	0	0,0	M	48x48	0,002	1,5	1,5	731						
			265	Plater,isolasjon	1	265	53	318	0	0,0	M2			0,0								
		Gjenbrukshus	265	150 bind.v 600 c/c	4	1060	212	1272	100	1272,0	M	48x148	0,006	8,1		8,1	4070	0,0	0			
			265	Innvendig lekt	2	530	106	636	100	636,0	M	48x70	0,003	2,2		2,2	1081	0,0	0			
			265	Plater,isolasjon	1	265	53	318	0	0,0	M2			0,0								
	YVE 1	Nytt hus	156	Tømmerm.panel	8	1248	249,6	1498	0	0,0	M	20x148	0,003	4,5	4,5	2246						
			156	Spikerslag	1,2	187,2	37,44	224,6	0	0,0	M	48x36	0,002	0,4	0,4	194						
		Gjenbrukshus	156	Tømmerm.panel	8	1248	249,6	1498	100	1497,6	M	20x148	0,003	4,5		4,5	2246	0,0	0			
			156	Spikerslag	1,2	187,2	37,44	224,6	100	224,6	M	48x70	0,003	0,8		0,8	382	0,0	0			
	YVE 2	Nytt hus	109	Liggende panel	8	872	174,4	1046	0	0,0	M	20x148	0,003	3,1	3,1	1570						
			109	Lekt	2	218	43,6	261,6	0	0,0	M	48x36	0,002	0,5	0,5	226						
		Gjenbrukshus	109	Liggende panel	8	872	174,4	1046	100	1046,4	M	20x148	0,003	3,1		3,1	1570	0,0	0			
			109	Lekt	2	218	43,6	261,6	100	261,6	m	48x36	0,002	0,5		0,5	226	0,0	0			
Bode r	Vegger	Nytt hus	40	1/2 st teglmur	62,2	2488	497,6	2986	0	0	Stk	23X6X11	0,002	4,5					4,5	9530		
		Gjenbrukshus	40	1/2 st teglmur	62,2	2488	497,6	2986	100	2986	Stk	23X6X11	0,002	4,5							4,5	9530
Oppsummert materialforbruk på siste side																						



													TRE				TEGL						
													Nybygg		Gjenbrukshus				Nybygg		Gjenbrukshus		
															Gjenbruksmat		Nytt materiale						
Menge-faktor													Material- dimensjo n	Volum- faktor	total volum								
BYGN.DEL		Areal	Konstru-	(m/m2)	Material	Påslag	Material	%anlel	Gjenbruk	Enhet				Volum	vekt	volum	vekt	volum	vekt	volum	vekt		
KODE	Bygn.del	Beskrivelse	m2	sjonsdel	(stk/m2)	sum	20 %	Behov	gjenbruk	Mengde			m3/enh	m3	m3	kg	m3	kg	m3	kg	m3	kg	
24	INNERVEGGER																						
	IVE 1	Nybygg	92	Enkel vegg cc600	2,8	257,6	51,5	309,1	0,0	0,0	M	43x73	0,003	1,0	1,0	485							
		Gjenbrukshus	92	Enkel vegg cc600	2,8	257,6	51,5	309,1	75,0	231,8	M	43x73	0,003	1,0			0,7	359	0,2	120			
	IVE2	Nybygg	92	Enkel vegg cc600	2,8	257,6	51,5	309,1	0,0	0,0	M	48x98	0,005	1,5	1,5	726							
		Gjenbrukshus	92	Enkel vegg cc600	2,8	257,6	51,5	309,1	75,0	231,8	M	48x98	0,005	1,5			1,1	545	0,4	182			
	IVE 3	Leiligh.skiller, ny	47	Dobbel v cc600	5,6	263,2	52,6	315,8	0,0	0,0	M	48x98	0,005	1,5	1,5	742							
		Leiligh.skiller.gjbr	47	Dobbel v cc600	5,6	263,2	52,6	315,8	75,0	236,9	M	48x98	0,005	1,5			1,1	557	0,4	186			
	IVE 4	Vegg mot loft	45	Enkel v cc600	2,8	126	25,2	151,2	0,0	0,0	M	48x198	0,01	1,4	1,4	718							
		i stuer 2. etg.ny																					
		Vegg mot loft	45	Enkel v cc600	2,8	126	25,2	151,2	75,0	113,4	M	48x198	0,01	1,4			1,1	539	0,4	180			
		i stuer 2. et gjbrh																					
	IVE 4	Bodvegger, ny	11	Enkel v cc600	2,8	30,8	6,2	37,0	0,0	0,0	M	48x73	0,003	0,1	0,1	57							
		Bodvegger, gjenbr.h	11	Enkel v cc600	2,8	30,8	6,2	37,0	75,0	27,7	M	48x73	0,003	0,1			0,1	43	0,0	14			
	IVE 5	Bærevegg på loft, nybygg	14	Enkel v cc600	2,8	39,2	7,8	47,0	0,0	0,0	M	48x98	0,005	0,2	0,2	111							
		Bærevegg på loft, gjenbrukshus	14	Enkel v cc600	2,8	39,2	7,8	47,0	75,0	35,3	m	48x98	0,005	0,2			0,2	83	0,1	28			

												TRE				TEGL							
												Nybygg		Gjenbrukshus				Nybygg		Gjenbrukshus			
		Menge-faktor												Gjenbruksmat		Nytt materiale							
BYGN.DEL		Areal	Konstruksjonsdel	(m/m2)	Material	Påslag	Material	%anleil	Gjenbruk	Enhet	Materialdimensjon	Volumfaktor	total volum	Volum	vekt	volum	vekt	volum	vekt	volum	vekt	volum	vekt
KODE	Bygn.del	Beskrivelse	m2	(stk/m2)	sum	20 %	behov	gjenbruk	mengde			m3/enh	m3	m3	kg	m3	kg	m3	kg	m3	kg	m3	kg
25	DEKKER																						
	Dekke 1	Oppføring, golv	120	Tilfarere, c/c 600	2,8	336	67,2	403,2	0,0	0,0	M	48x70	0,003	1,4	1,4	677							
		på gr. 1.et nybygg																					
		Oppføring, golv	120	Tilfarere, c/c 600	2,8	336	67,2	403,2	100,0	403,2	M	48x73	0,004	1,4		1,4	706	0,0	0				
		på gr. 1.et gjenbruk																					
	Dekke 2	Boder,golv på grunn	20							0,0				0,0									
	Dekke 3	Etasjeskiller	153	Bjelkelag cc600	2,5	382,5	76,5	459,0	95,0	0,0	M	73x198	0,014	6,4	6,4	3213							
		m. 1.og 2.etg, nyb.	12	Bad	3	36	7,2	43,2	95,0	0,0	M	73x148	0,011	0,5	0,5	238							
		Etasjeskiller	153	Bjelkelag cc600	2,5	382,5	76,5	459,0	95,0	436,1	M	73x198	0,014	6,4		6,1	3052	0,3	161				
		m. 1.og 2.etg, gjbrh	12	Bad	3	36	7,2	43,2	95,0	41,0	M	73x148	0,011	0,5		0,5	226	0,0	12				
	Dekke 4	Isol.himling	121	Bjelkelag cc600	2,5	302,5	60,5	363,0	95,0	0,0	M	73x198	0,014	5,1	5,1	2541							
		mot loft, nybygg																					
		Isol.himling	121	Bjelkelag cc600	2,5	302,5	60,5	363,0	95,0	344,9	M	73x198	0,014	5,1		4,8	2414	0,3	127				
		mot loft,gjbrh																					
	Dekke 5	Terrasse på bakken	26																				
	Dekke 6	Terrasser 2.etg	30																				

													TRE				TEGL						
													Nybygg		Gjenbrukshus				Nybygg		Gjenbrukshus		
															Gjenbruksmat		Nytt materiale						
BYGN.DEL			Areal	Konstruk-	(m/m2)	Material	Påslag	Material	%andel	Gjenbruk	Enhet	Material-	Volum-	total									
KODE	Bygn.del	Beskrivelse	m2	sjonsdel	(stk/m2)	sum	20 %	behov	gjenbruk	mengde		m3/enh	m3	m3	kg	m3	kg	m3	kg	m3	kg	m3	kg
26	TAK																						
	Tak 1	Høyeste del,nyb	65	Bjelkelag c/c 300	3,5	227,5	45,5	273,0	0,0	0,0	M	73x198	0,014	3,8	3,8	1911							
			55	Bjelkelag c/c 600	2,5	137,5	27,5	165,0	0,0	0,0	M	73x198	0,014	2,3	2,3	1155							
			65	Oppforing	3,5	227,5	45,5	273,0	0,0	0,0	M	48x48	0,002	0,6	0,6	314							
			55	Oppforing	2,5	137,5	27,5	165,0	0,0	0,0	M	48x48	0,002	0,4	0,4	190							
		Høyeste del,gjbr	65	Bjelkelag c/c 300	3,5	227,5	45,5	273,0	45,0	122,9	M	73x198	0,014	3,8			1,7	860	2,1	1051			
			55	Bjelkelag c/c 600	2,5	137,5	27,5	165,0	45,0	74,3	M	73x198	0,014	2,3			1,0	520	1,3	635			
			65	Oppforing	3,5	227,5	45,5	273,0	100,0	273,0	M	48x48	0,002	0,6			0,6	314	0,0	0			
			55	Oppforing	2,5	137,5	27,5	165,0	100,0	165,0	M	48x48	0,002	0,4			0,4	190	0,0	0			
	Tak 2	Laveste del,nyb	65	Bjelkelag c/c 300	3,5	227,5	45,5	273,0	0,0	0,0	M	73x198	0,014	3,8	3,8	1911							
			20	Bjelkelag c/c 600	2,5	50	10,0	60,0	0,0	0,0	M	73x198	0,014	0,8	0,8	420							
			65	Oppforing	3,5	227,5	45,5	273,0	0,0	0,0	M	43x73	0,003	0,9	0,9	429							
			20	Oppforing	2,5	50	10,0	60,0	0,0	0,0	M	43x73	0,031	1,9	1,9	942							
		Laveste del,gjbr	65	Bjelkelag c/c 300	3,5	227,5	45,5	273,0	45,0	122,9	m	73x198	0,014	3,8			1,7	860	2,1	1051			
			20	Bjelkelag c/c 600	2,5	50	10,0	60,0	45,0	27,0	M	73x198	0,014	0,8			0,4	189	0,5	231			
			65	Oppforing	3,5	227,5	45,5	273,0	100,0	273,0	M	43x73	0,003	0,9			0,9	429	0,0	0			
			20	Oppforing	2,5	50	10,0	60,0	100,0	60,0	M	43x73	0,031	1,9			1,9	942	0,0	0			
	Tak 1, 2 og 3	Takstein nybygg	243	Taksten, tegl	16,7	4058	811,6	4869,7	0	0	Stk		0,002	8,6						8,6	17998		
		Takstein gjbrh	243	Taksten, tegl	16,7	4058	811,6	4869,7	100	4870	Stk		0,002	8,6								8,6	###

												TRE				TEGL																				
												Nybygg		Gjenbrukshus				Nybygg		Gjenbrukshus																
														Gjenbruksmat		Nytt materiale																				
Menge-faktor												Material- dimensjo n	Volum- faktor	total volum																						
BYGN.DEL		Areal	Konstru-	(m/m2)	Material	Påslag	Material	%anlel	Gjenbruk	Enhet																										
KODE	Bygn.del	Beskrivelse	m2	Sjonsdel	(stk/m2)	sum	20 %	behov	gjenbruk	mengde			m3/enh	m3	m3	kg	m3	kg	m3	kg	m3	kg														
OPPSUMMERT MATERIALREGNSKAP NYTT BYGG OG GJENBRUKSHUS																																				
Antall kubikkmeter / kilo trematerialer i nybygg																	51,6	25819																		
Antall kubikkmeter / kilo nytt materiale i gjenbrukshuset																										8,0	3976									
Antall kubikkmeter / kilo gjenbruksmaterialer i gjenbrukshuset																													44,8	2240						
Antall kilo tegl i nybygget og bod																																				
Antall kilo gjenbrukstegl i gjenbrukshuset med bod																																				
I tillegg er det, pr hus: (gjenbruk i gjenbrukshuset)												Antall	Vekt pr enhet				Totalvekt Gjenbruk																			
													tre	glass	porsele	stål	tre	glass	porse	stål																
4 ytterdører												4	50				200	0	0	0																
4 balkongdører												4	35				140	0	0	0																
16 innerdører												16	25				400	0	0	0																
16 av 24 vinduer er gjenbrukt, med innsatt ekstra innerglass												16	40	14			640	224	0	0																
Øvrige 8 vindu er nye																																				
4 toaletter												4			28		0	0	112	0																
4 vasker på bad m/ dusj												4			10	5,5	0	0	40	22																
4 kjøkkeninnredninger med overskap (utgjør 50% av kjøkkenet)												4	100			10	400	0	0	40																
4 boddører, utvendig bod												4	35				140	0	0	0																
Det er ikke brukt gjenbruksbetong.																	0	0	0	0																
Betong, stål, mineralull, spon, gips osv. finnes på eget rekneark "andre materialer"																																				
Totalt i dører, kjøkken m.m.																	1920	224	152	62																
Antatt merforbruk diesel pr hus, hovedsakelig pga ekstra ventetid for mobilkraner:																																				
Stimuli AS / IBM HiST 27. juni 2003																																				
Olav R Aarhaug																																				
sign.																																				

										Totalvekt Gjenbruk																	
Oppsummert innbo (ingunn):										tre	glass	Porselen	Stål	tre	Glass	porsene	stål										
Kjøkken og dører														1280	0	0	40										
Vindu														640	224	0	0										
Toalett/vask														0	0	152	22										
SUM														1920	224	152	62										
Dieselforbruk										100	kg																
Antatt brennverdi (Naturressurser og Miljø, 1998)										43	MJ/kg																
										4310	MJ per hus																
Totalt med i vurderinga:																				Total t for heile huset							
Treverk										24 322	kg											Betong		82 380	kg		
Tegl										27 529	kg											Mineralull		24 843	kg		
Glass										224	kg											Skumplast		428	kg		
Porselen										152	kg											Plastfolie		104	kg		
Stål										62	kg											Spon/kryssfiner		15 628	kg		
Sum										52 288	kg											Gips		7 631	kg		
																				Nytt treverk		4 696	Kg				
																				Nytt glass		112	Kg				
																				Papp		30	Kg				
																				Asfaltpapp		509	Kg				
																				Stål til armering og spiker		1 229	Kg				
																				Treverk		24 322	Kg				
																				Tegl		27 529	Kg				
																				Glass		224	Kg				
																				Porselen		152	kg				
																				Stål på kjøkken og bad		62	kg				
																				Sum for heile huset		189 879	kg				

Stiftelsen Østfoldforskning  
Gamle Beddingvei 2, 1671 Kråkerøy  
Boks 276  
1601 Fredrikstad  
Telefon 69 35 11 00  
Telefaks 69 34 24 94  
Epost [post@sto.no](mailto:post@sto.no)  
Internett [www.sto.no](http://www.sto.no)



*Stiftelsen Østfoldforskning er et regionalt senter for forskning, utvikling og kompetanseformidling innenfor forebyggende miljøvern og virksomhets- og næringsutvikling*