Østfoldforskning

Rapport SUSTAINABLE INNOVATION

Forfattere: Hanne Lerche Raadal. Ingunn Saur Modahl og Kari-Anne Lyng

OR.18.09

ISBN: 978-82-7520-611-2, 82-7520-611-1

Klimaregnskap for avfallshåndtering, Fase I og II

Fase 1: Glassemballasje, metallemballasje, papir, papp, plastemballasje og våtorganisk avfall
Fase 2: Treavfall og restavfall fra husholdninger

ØSTFOLDFORSKNING AS UTFØRER ANVENDT
FORSKNING INNENFOR OMRÅDENE FOREBYGGENDE MILJØVERN
OG VIRKSOMHETS- OG NÆRINGSUTVIKLING

Rapportnr.: OR.18.09

ISBN nr.: 978-82-7520-611-2

ISBN nr.: 82-7520-611-1

ISSN nr.: 0803-6659

Rapporttype: Oppdragsrapport

Rapporttittel:

Klimaregnskap for avfallshåndtering, Fase I og II

Fase I: Glassemballasje, metallemballasje, papir, papp, plastemballasje, våtorganisk avfall
Fase II: Treavfall og restavfall fra husholdninger

Forfattere: Hanne Lerche Raadal, Ingunn Saur Modahl og Kari-Anne Lyng

Prosjektnummer: 1121

Prosjekttittel: Klimaregnskap for avfallshåndtering

Oppdragsgivere:

Avfall Norge

Oppdragsgivers referanse:

Henrik Lystad

Emneord:

- Avfall
- Behandling
- Klimaregnskap
- LCA

Tilgjengelighet:

Åpen

Antall sider inkl. bilag:

194

Godkjent:

Dato:	Hanne Lerche Raadal	Andreas Brekke
10.09.09	Prosjektleder	Forskningsleder
	(Sign)	(Sign)

© Kopiering med referanse er tillatt.

INNHOLD

0 SAMMENDRAG 1
1 INNLEDNING 12
1.1 BAKGRUNN 12
1.2 MÅL MED PROSJEKTET 12
1.3 OPPDELING AV RAPPORTEN 12
1.4 ORGANISERING 13
DEL I
Modell for beregning av klimabelastninger per kilo avfall
2 METODIKK 15
2.1 LCA-METODIKK 15
2.2 GENERELLE AVGRENSINGER VED BRUK AV LCA 16
2.3 FUNKSJONELL ENHET 17
2.4 FØLSOMHETSVURDERINGER OG KVALITETSSIKRING 17
3 MODELL MED 3 DIMENSJONER 19
3.1 AVFALLSTYPER OG KILDER 20
3.2 SYSTEMTYPER 20
3.3 LIVSLØPSFASER 22
4 DATAGRUNNLAG 23
4.1 BRUK AV BASISVERDIER I MODELLEN 24
4.2 BRUK AV FASTE VERDIER OG UNDERMODELLER 24
4.3 DATAGRUNNLAG TRANSPORT 24
4.4 DATAGRUNNLAG BEHANDLING 28
4.4.1 Deponi 28
4.4.2 Energiutnyttelse 29
4.4.3 Materialgjenvinning 29
4.4.4 Biologisk behandling; biogassproduksjon 31
4.4.5 Biologisk behandling; kompostering 32
4.5 DATAGRUNNLAG ERSTATTET ENERGI 33
4.6 HVORDAN BRUKE EGNE DATA I MODELLEN? 35
5 SYSTEMBESKRIVELSE GLASSEMBALLASJE 36
5.1 GLASSEMBALLASJE TIL DEPONI 36
5.1.1 Basisverdier 36
5.1.2 Faste verdier og undermodeller 37
5.2 GLASSEMBALLASJE TIL ENERGIUTNYTTELSE 37
5.2.1 Basisverdier 37
5.2.2 Faste verdier og undermodeller 38
5.3 GLASSEMBALLASJE TIL MATERIALGJENVINNING 39
5.3.1 Basisverdier 39
5.3.2 Faste verdier og undermodeller 40
6 SYSTEMBESKRIVELSE METALLEMBALLASJE 41
6.1 METALLEMBALLASJE TIL DEPONI 41
6.1.1 Basisverdier 41
6.1.2 Faste verdier og undermodeller 42
6.2 METALLEMBALLASJE TIL ENERGIUTNYTTELSE 42
6.2.1 Basisverdier 42
6.2.2 Faste verdier og undermodeller 43
6.3 METALLEMBALLASJE TIL MATERIALGJENVINNING 44
6.3.1 Basisverdier 44
6.3.2 Faste verdier og undermodeller 45
7 SYSTEMBESKRIVELSE PAPIR 46
7.1 PAPIR TIL DEPONI 46

7.1.1 Basisverdier 46
7.1.2 Faste verdier og undermodeller 47
7.2 PAPIR TIL ENERGIUTNYTTELSE 48
7.2.1 Basisverdier 48
7.2.2 Faste verdier og undermodeller 49
7.3 PAPIR TIL MATERIALGJENVINNING 50
7.3.1 Basisverdier 50
7.3.2 Faste verdier og undermodeller 51
8 SYSTEMBESKRIVELSE PAPP 52
8.1 PAPP TIL DEPONI 52
8.1.1 Basisverdier 52
8.1.2 Faste verdier og undermodeller 53
8.2 PAPP TIL ENERGIUTNYTTELSE 54
8.2.1 Basisverdier 54
8.2.2 Faste verdier og undermodeller 55
8.3 PAPP TIL MATERIALGJENVINNING 56
8.3.1 Basisverdier 56
8.3.2 Faste verdier og undermodeller 57
9 SYSTEMBESKRIVELSE PLASTEMBALLASJE 58
9.1 PLASTEMBALLASJE TIL DEPONI 58
9.1.1 Basisverdier 58
9.1.2 Faste verdier og undermodeller 59
9.2 PLASTEMBALLASJE TIL ENERGIUTNYTTELSE 59
9.2.1 Basisverdier 60
9.2.2 Faste verdier og undermodeller 60
9.3 PLASTEMBALLASJE TIL MATERIALGJENVINNING 61
9.3.1 Basisverdier 61
9.3.2 Faste verdier og undermodeller 62
10 SYSTEMBESKRIVELSE VÅTORGANISK AVFALL 63
10.1 VÅTORGANISK AVFALL TIL DEPONI 63
10.1.1 Basisverdier 63
10.1.2 Faste verdier og undermodeller 65
10.2 VÅTORGANISK AVFALL TIL ENERGIUTNYTTELSE 65
10.2.1 Basisverdier 66
10.2.2 Faste verdier og undermodeller 67
10.3 VÅTORGANISK AVFALL TIL BIOLOGISK BEHANDLING; BIOGASSPRODUKSJON 67
10.3.1 Basisverdier 69
10.3.2 Faste verdier og undermodeller 71
10.4 VÅTORGANISK AVFALL TIL BIOLOGISK BEHANDLING; KOMPOSTERING 73
10.4.1 Basisverdier 73
10.4.2 Faste verdier og undermodeller 74
11 SYSTEMBESKRIVELSE TREAVFALL 76
11.1 TREAVFALL TIL DEPONI 76
11.1.1 Basisverdier 76
11.1.2 Faste verdier og undermodeller 77
11.2 TREAVFALL TIL ENERGIUTNYTTELSE 78
11.2.1 Basisverdier 78
11.2.2 Faste verdier og undermodeller 79
11.3 TREAVFALL TIL KOMPOSTERING 80
12 SYSTEMBESKRIVELSE RESTAVFALL FRA HUSHOLDNINGER 82
12.1 MODELL FOR BEREGNING AV INNHOLD I RESTAVFALL FRA HUSHOLDNINGER 82
12.1.1 Kategori ”Annet” i restavfallet 83
12.1.2 Beregning av sammensetning av restavfall fra husholdninger basert på kildesorteringsordning 84
12.2 RESTAVFALL TIL DEPONI 85
12.2.1 Basisverdier 86
12.2.2 Faste verdier og undermodeller 87
12.3 RESTAVFALL TIL ENERGIUTNYTTELSE 88

12.3.1 Basisverdier 88
12.3.2 Faste verdier og undermodeller 89
13 RESULTATER PER KILO AVFALL 90
13.1 RESULTATER GLASSEMBALLASJE 90
13.1.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur 92
13.1.2 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra Simapro 93
13.2 RESULTATER METALLEMBALLASJE 97
13.2.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur 99
13.2.2 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra Simapro 99
13.3 RESULTATER PAPIR 102
13.3.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur 104
13.3.2 Følsomhetsanalyser for behandling av papir 105
13.3.3 Analyse av netto energiforbruk ved ulik behandling av papir 107
13.3.4 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra Simapro 108
13.4 RESULTATER PAPP 111
13.4.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur 113
13.4.2 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra Simapro 113
13.5 RESULTATER PLASTEMBALLASJE 116
13.5.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur 118
13.5.2 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra Simapro 118
13.6 RESULTATER VÅTORGANISK AVFALL 121
13.6.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur 123
13.6.2 Scenarioanalyse for biologisk behandling av våtorganisk avfall 123
13.6.3 Presentasjon av resultatene via LCA-tre fra Simapro 127
13.7 RESULTATER TREAVFALL 133
13.7.1 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra SimaPro 135
13.8 RESULTATER RESTAVFALL FRA HUSHOLDNINGER 136
13.8.1 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra SimaPro 140
13.8.2 Scenarioanalyse for innhold i restavfall fra husholdninger 141
13.9 RESULTATER OPPSUMMERING 144
DEL II
Netto klimagassutslipp som følge av håndtering av avfall i 2006
14 METODIKK OG DATAGRUNNLAG; AVFALLSTYPER, MENGDER OG KILDER 148
15 KLIMABELASTNING SOM FØLGE AV HÅNDTERING AV AVFALL 151
15.1 KLIMABELASTNING SOM FØLGE AV HÅNDTERING AV AVFALL I 2006 151
15.2 "REALISTISK OPTIMALT SCENARIO" FOR AVFALLSHÅNDTERING AV HUSHOLDNINGSAVFALL 153
DEL III
Konklusjoner og videre arbeid
16 KONKLUSJONER 157
17 VIDERE ARBEID 160
18 REFERANSELISTE 161

Vedlegg 1 Modellparametre med datakilder
Vedlegg 2 Hvordan lese informasjonen i en LCA-nettverk-figur?
Vedlegg 3 LCA – what, why and how?
Vedlegg 4 Miljøpåvirkningskategorier og potensielle effekter
Vedlegg 5 Beregning av sammensetning av restavfall på grunnlag av kildesorteringsordning

0 SAMMENDRAG

Bakgrunn

Med bakgrunn i økt fokus på utslipp av klimagasser generelt, ønsket Avfall Norge å utarbeide et klimaregnskap for avfallshåndteringen i Norge. I denne forbindelse ble Østfoldforskning engasjert til å gjennomføre prosjektet. Målet med prosjektet har vært å utvikle en modell for beregning av netto klimagassutslipp fra ulik avfallshåndtering av avfallstypene glassemballasje, metallemballasje, papir, papp, plastemballasje, våtorganisk avfall, treavfall og restavfall.

Modellen er basert på livsløpsmetodikk og er benyttet til å beregne netto klimagassutslipp per kg avfall for de ulike avfallshåndteringsmåter og avfallstyper, samt å beregne netto klimagassutslipp for avfallshåndtering for inkluderte avfallstyper og mengder for 2006.

Modellen har følgende todelte nytteverdi:

- Sammenligning av netto klimagassutslipp ved ulik avfallshåndtering for valgte avfallstyper. Dette kan brukes som beslutningsunderlag for valg av løsninger for avfallshåndtering.
- Utarbeiding av klimaregnskap for avfallshåndtering for kommuner/regioner/byer som kan inngå som en del av en regions totale klimaregnskap.

Det er lagt vekt på å utvikle modellen slik at kommuner/avfallsselskap/regioner kan utarbeide egne klimaregnskap for avfallshåndtering i sin region, basert på stedsspesifikke forutsetninger tilknyttet typer og mengder avfall, transportavstander, type behandlingsanlegg, utnyttelse og bruk av avfallsgenerert energi m. m

Modellen kan i tillegg benyttes som grunnlag for å utarbeide nyttig dokumentasjon som grunnlag for informasjon om avfallssystemers nytteverdi generelt, og som grunnlag for strategiske vurderinger for Avfall Norge og avfallsbransjen spesielt.

Modellen

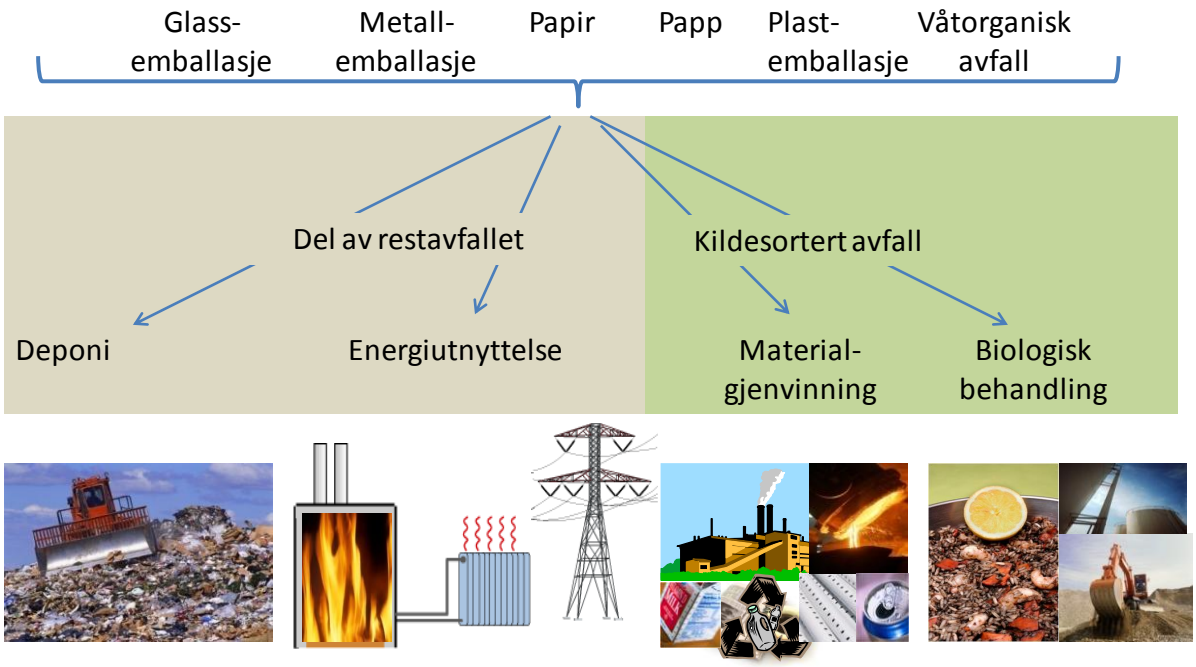
Følgende håndteringsmåter/systemtyper er inkludert i modellen for avfallstypene glassemballasje, metallemballasje, papir, papp og plastemballasje:

- Deponi
- Energiutnyttelse
- Materialgjenvinning

For <u>våtorganisk avfall</u> er følgende håndteringsmåter/systemtyper vurdert:

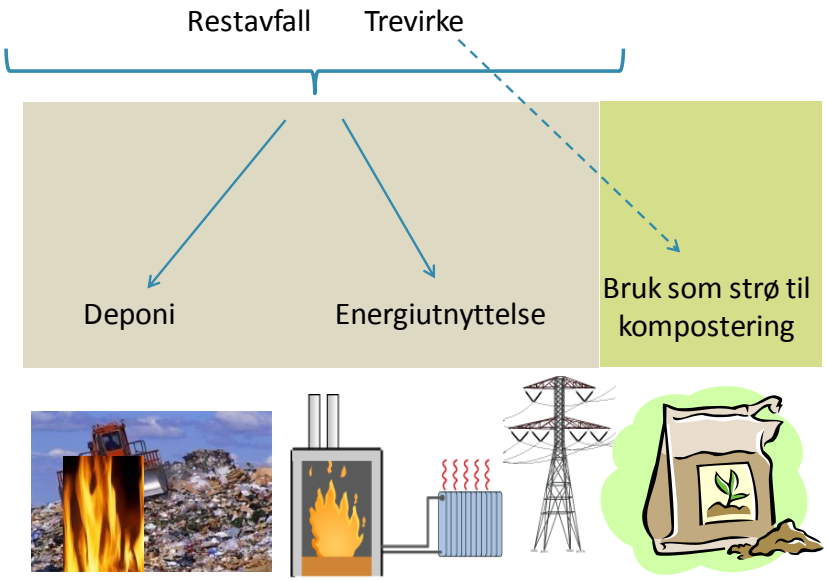
- Deponi
- Energiutnyttelse
- Biologisk behandling
  - Biogassproduksjon
  - Kompostering

Ovennevnte systemer kan oppsummeres i figur a.



Figur a: Prinsippskisse for systemtypene for glassemballasje, metallemballasje, papir, papp, plastemballasje og våtorganisk avfall (Fase I).

Videre er håndteringsmåtene deponi og energiutnyttelse analysert for treavfall og restavfall, Modellen inkluderer også bruk av treavfall som strø til kompostering, men dette er ikke analysert separat fordi det inngår i analysen av kompostering av våtorganisk avfall. De vurderte systemene for treavfall og restavfall er skissert i figur b.



Figur b: Prinsippskisse for systemene for restavfall og treavfall (Fase II).

Modellen inkluderer et bredt spekter av både generelle og spesifikke data/forutsetninger, hvorav noen kan varieres avhengig av lokale/regionale forhold (basisverdier), mens andre er faste.

Basisverdiene som er valgt i modellen, representerer en 'gjennomsnittssituasjon i Norge' for de ulike avfallstyper og systemer for året 2006. Eksempler på basisverdier er transportavstander og energiutnyttelsesmåte og -grad ved forbrenning av avfall. Disse basisverdiene kan byttes ut og/eller suppleres med spesifikke data for kommuner eller utvalgte regioner. Det er viktig å være klar over at tilpasning av disse basisverdiene til lokale forhold kan ha stor betydning for resultatene. Både geografiske/lokale forhold og formålet med studien påvirker valg av forutsetninger som inngår i modellen.

Utover de definerte basisverdiene som inngår i modellen, er den bygget opp med bruk av faste verdier og databasemodeller. Dette kan være undermodeller eller prosesskort i databasen i Simapro som inneholder klimagassutslipp fra f.eks. transport med ulike kjøretøy, for resirkulerings-, og forbrenningsprosesser, samt for deponering av ulike avfallstyper m.m.

Viktige forutsetninger

Karakteriseringsmetoden for beregning av drivhuseffekt (klimagassutslipp) er basert på IPCC 2001 GWP 100a[1] v.1.04, justert for nye data for metan i 2005 (IPCC) og korrigert for antatt balansert uttak av biomasse. Det betyr at CO_2-utslipp fra bioenergi settes lik 0 (= biologisk

[1] Drivhuseffektpotensialet er basert på en 100 års tidshorisont.

CO_2) fordi det antas at utslippet ved forbrenning/nedbrytning av biomasse er i balanse i forhold til opptak av CO_2 når biomassen vokser (binder CO_2).

Resultatene viser at de viktigste forutsetningene for beregning av netto klimagassutslipp fra avfallshåndtering er:

- Utnyttelse og bruk av produsert energi ved forbrenningsanlegg, samt hvilke energibærere denne energien erstatter.
- Utnyttelse og bruk av produsert biogass ved biogassanlegg, samt hvilke energibærere denne energien erstatter.
- Hvilke råvarer som erstattes av resirkulerte råvarer.

Valg av hvilke energibærere som forutsettes erstattet er avhengig av formålet med studien (for eksempel om den har dokumentasjon/historisk perspektiv eller et fremtidsperspektiv/ beslutningsunderlag for fremtidige valg), i tillegg til at det er avhengig av lokale/geografiske forhold.

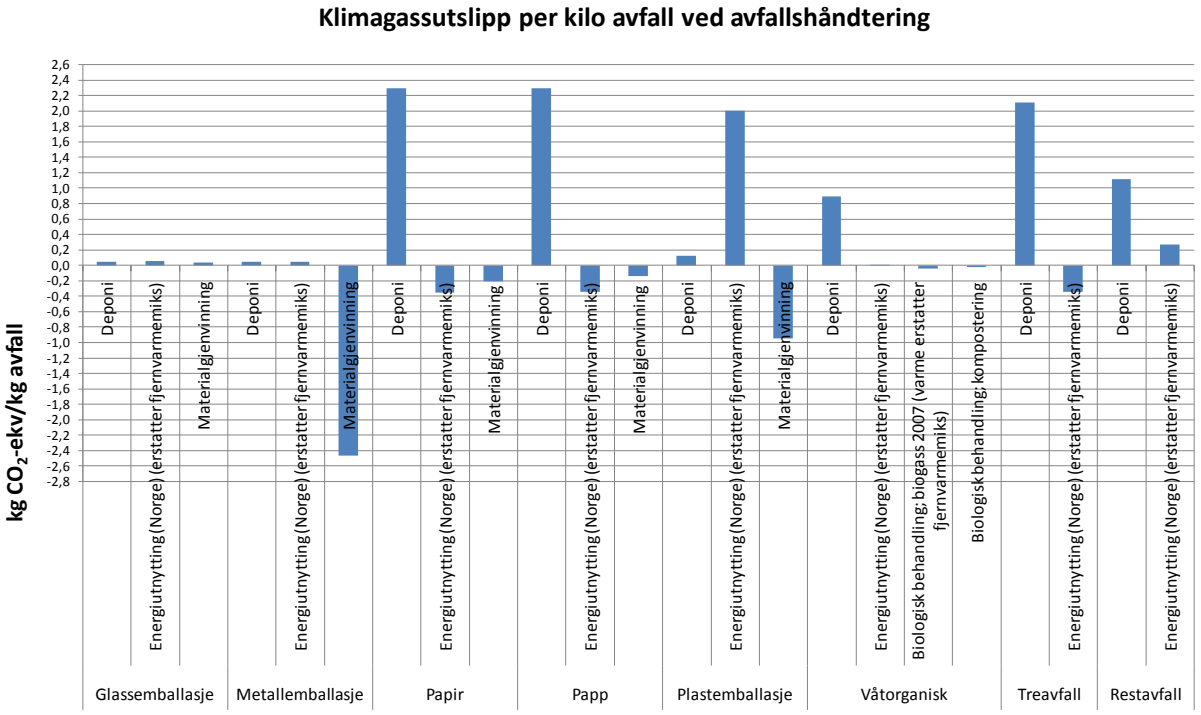
I denne analysen er det forutsatt at produsert avfallsenergi fra forbrenningsanlegg erstatter en sammensetning av energibærere representert ved norsk fjernvarmemiks slik denne var i 2006 (Norsk Fjernvarme, 2009), som følge av at analysen representerer et historisk perspektiv. I tillegg er resultatene vist for et scenario som forutsetter at avfallsenergi erstatter en miks av olje og elektrisitet (i olje- og el-kjeler) ved at det antas at denne miksen fases ut ved økt bruk av fjernvarme fra avfallsforbrenning. Scenarioberegningen er gjennomført for å vise at nettopp hvilke energibærere som forutsettes erstattet er svært avgjørende for resultatene i denne typen analyser.

Dersom analysene skal benyttes til å beskrive mulige fremtidige scenarioer, bør det gjennomføres scenarioanalyser med ulike alternative energibærere for både elektrisitet og varme (vind, naturgass, kjernekraft, bioenergi m.m.), slik at resultatene kan vurderes nærmere i forhold til robusthet for dette. Dette er svært viktig dersom resultatene skal benyttes som beslutningsunderlag for fremtidige valg av behandlingsløsninger.

Det presiseres at konklusjoner for et ”stort” system (for eksempel avfallshåndtering i Norge), generelt ikke nødvendigvis vil gjelde for et ”mindre” system (for eksempel avfallshåndtering i en spesifikk kommune). I førstnevnte tilfelle vil man måtte bruke forutsetninger som gjenspeiler en gjennomsnittlig situasjon, mens man for spesifikke tilfeller kan kartlegge mer nøyaktig hvilke energibærere som eksisterer og således vil bli erstattet.

Resultater netto klimagassutslipp per kg avfall

Resultatene for netto klimagassutslipp ved håndtering av de ulike avfallstypene er presentert oppsummert i figuren under.



Figur c: Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av alle analyserte avfallstyper (utslipp per kg).

Resultatene viser at det er stor forskjell på netto klimagassutslipp ved avfallshåndtering, både innenfor avfallstype (avhengig av type behandling) og mellom de ulike avfallstypene.

Fra figuren sees at deponering av alle de nedbrytbare avfallstypene (papir, papp, våtorganisk avfall og treavfall), samt energiutnyttelse av plastemballasje og deponi av restavfall medfører de største netto klimagassutslippene per kg avfall. Dette viser tydelig at det er et riktig skritt å forby deponering av nedbrytbart materiale. Tilsvarende sees at materialgjenvinning av metallemballasje og plastemballasje gir de største netto sparte klimagassutslippene per kg avfall.

Hovedresultatene for rangering av behandlingsmetode i forhold til netto klimagassutslipp tilknyttet de ulike avfallstyper og håndteringssystemer som er vurdert er som følger:

- Materialgjenvinning medfører lavest klimagassbelastning for de vurderte avfallstypene glassemballasje, metallemballasje og plastemballasje.

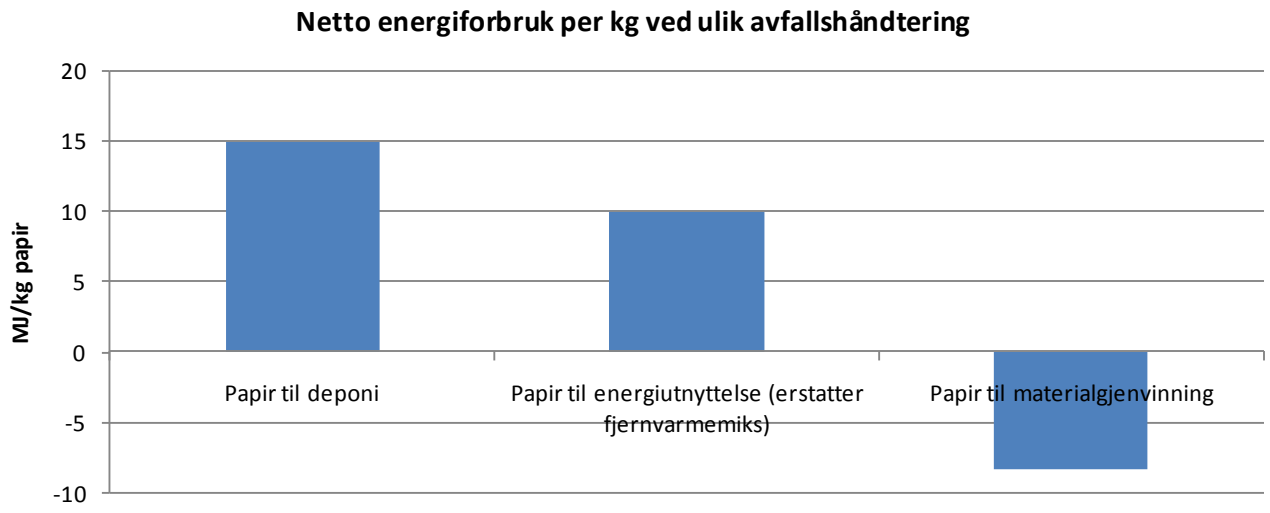
- Biologisk behandling (biogassproduksjon) gir lavest klimagassbelastning for behandling av våtorganisk avfall.
- Energiutnyttelse gir lavest klimagassbelastning for behandling av papir, papp og treverk.
- Deponering gir størst klimagassbelastning for alle de analyserte avfallstypene, bortsett fra plast- og glassemballasje.
- Energiutnyttelse gir lavest klimagassutslipp ved behandling av 1 kg restavfall med 'gjennomsnittlig sammensetning for 2006'. Sammensetning av restavfallet har stor innvirkning på klimagassutslippene. Analyser av 1 kg restavfall må ikke benyttes som beslutningsgrunnlag alene, og må alltid sees i sammenheng med totale avfallsmengder og kildesortert avfall.

Kvalitetssikring av resultatene

Relevante internasjonale studier er gjennomgått for å vurdere robustheten av resultatene. Dette viser at resultatene fra denne studien for beregning av netto klimagassutslipp er svært robuste for avfallstypene glassemballasje, metallemballasje, plastemballasje og våtorganisk avfall, altså at materialgjenvinning/biogassproduksjon gir best resultat. I følge litteraturen gir materialgjenvinning best resultat også for tilnærmet alle de andre vurderte miljøpåvirkningskategorier for disse 4 avfallstypene.

For fiberavfallstypene papp og papir er resultatene også i tråd med litteraturgjennomgangen, som viser at netto klimagassutslipp fra avfallshåndtering av disse avfallstypene i stor grad er avhengige av forutsetninger tilknyttet forbruk og erstatning av fossil energi i de systemene som sammenlignes (materialgjenvinning og energiutnyttelse).

Litteraturgjennomgangen viser også at dersom man ser på <u>andre miljøpåvirkningskategorier</u> enn klimagassutslipp (f.eks. energiforbruk, forsuring, overgjødsling, smogdannelse, toksisitet, arealforbruk og utslipp av organisk materiale), er konklusjonene entydige i forhold til at <u>materialgjenvinning medfører lavere miljøbelastning enn energiutnyttelse</u> for papp og papir. Resultatene fra denne studien er i tråd med ovennevnte litteraturgjennomgang, eksemplifisert med miljøpåvirkningen *Netto energiforbruk*, se Figur d under.



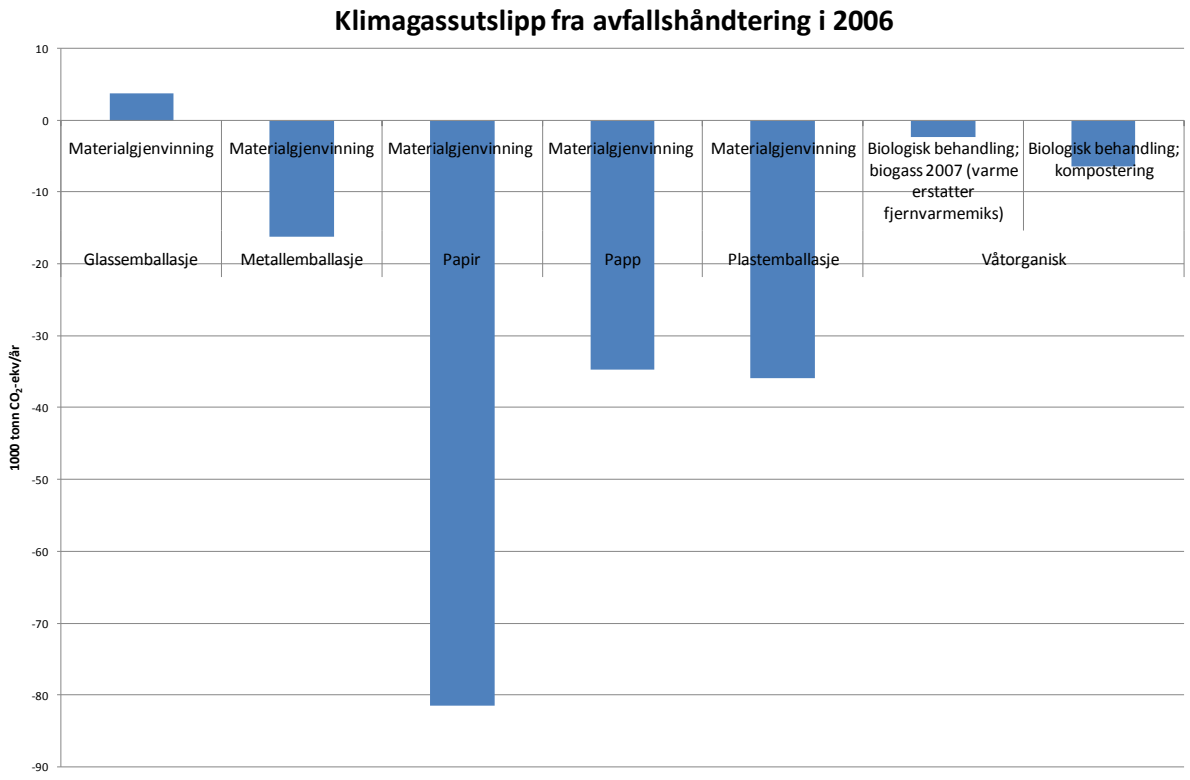
Figur d: Netto energiforbruk ved ulik avfallshåndtering av papir.

Dette viser at det å vurdere kun én miljøindikator er en for snever tilnærming i forhold til valg av avfallshåndteringsløsning.

Resultater netto klimagassutslipp for avfallshåndtering i 2006

Modellen er benyttet til å beregne at de totale netto klimagassutslippene som følge av håndtering av inkluderte mengder og typer avfall i Norge fra kildene husholdning, industri, bygg og anlegg og tjenestenæringer i 2006 (totalt ca 4,1 mill tonn) er 851 000 tonn CO_2-ekvivalenter.

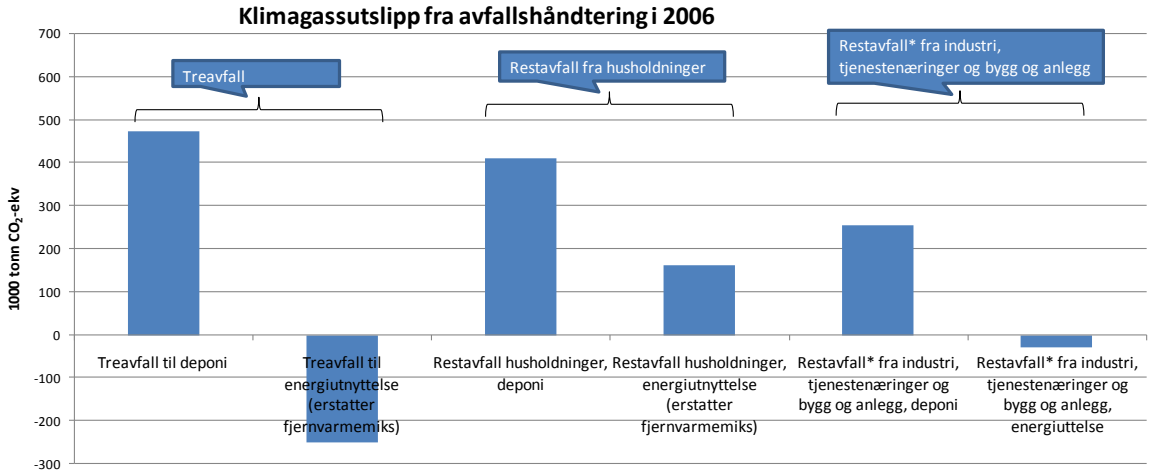
Dette er presentert i figurene e og f under, fordelt på netto bidrag fra kildesorterte avfallstyper (figur e) og netto bidrag fra henholdsvis treavfall, restavfall fra husholdninger og restavfall fra andre kilder (figur f).



Figur e: Netto klimagassutslipp som følge av avfallshåndtering av kildesorterte avfallstyper i 2006.

Netto klimabesparelse som følge av avfallshåndtering av alle de kildesorterte avfallstypene i 2006 (totalt ca 1,3 mill tonn) er beregnet til 173 000 tonn CO_2-ekvivalenter.

Figuren under viser klimagassutslipp fra deponi og energiutnyttelse av de ulike avfallstypene i 2006. Det presiseres at skalaen i Figur e ikke samsvarer med skalaen i Figur f.



Figur f: Netto klimagassutslipp som følge av avfallshåndtering av treavfall, restavfall fra husholdninger og restavfall fra andre kilder i 2006.

*Restavfall fra industri, tjenestenæringer og bygg/anlegg innebefatter kun papir, papp, glassemballasje, metallemballasje, plastemballasje og våtorganisk.

Netto klimagassutslipp som følge av håndtering av treavfall, restavfall fra husholdinger og restavfall* andre kilder i 2006 (totalt ca 2,8 mill tonn) er beregnet til å utgjøre ca 1 mill tonn CO_2-ekvivalenter.

Netto klimagassutslipp som følge av avfallshåndtering av alle mengder og typer avfall som inngår i modellen fra kildene husholdning, industri, bygg og anlegg og tjenestenæringer i 2006 (totalt ca 4,1 mill tonn) er beregnet til 851 000 tonn CO2-ekvivalenter. Dette tilsvarer årlige klimagassutslipp fra ca 243 000 personbiler

Utover dette er netto klimagassutslipp fra et konstruert 'realistisk optimalt scenario' analysert. Dette scenarioet omfatter kun avfall fra husholdninger, og forutsetter at kildesorteringsgradene for våtorganisk og plast i husholdningene økes til henholdsvis 75% og 44%, samt at alt papir som i dag går til deponi blir sendt til forbrenning. Dette danner grunnlag for beregning av en "ny" restavfallssammensetning og en fordeling der 95% av restavfallet sendes til energiutnyttelse og 5% til deponi. For treavfall antas også en 95/5 fordeling mellom energiutnyttelse og deponi. Netto klimagassutslipp som følge av avfallshåndtering i 2006 ville ved et slikt scenario bli redusert fra 689 000 tonn CO_2-ekvivalenter til 2 000 tonn CO_2-ekvivalenter. Dette tilsvarer en reduksjon i forhold til faktisk håndtering i 2006 på 687 000 tonn CO_2-ekvivalenter, og medfører at avfallshåndtering av husholdningsavfall blir tilnærmet klimanøytral.

Konklusjoner

Hovedkonklusjonene fra prosjektet kan oppsummeres som følger:

1. Resultatene fra studien viser tydelig at det å vurdere kun én miljøindikator er for snever tilnærming i forhold til å alene skulle danne beslutningsgrunnlag for valg av avfallshåndteringsløsninger.
2. Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering varierer i stor grad, både mellom de ulike avfallstypene og behandlingsmåtene som er vurdert. Hovedresultatene for rangering av håndteringsmetode i forhold til netto klimagasseffekt tilknyttet de avfallstyper og behandlingsmåter som er vurdert og <u>med de forutsetninger som inngår i hovedanalysen</u> er som følger:
    - Materialgjenvinning medfører lavest klimagassbelastning for avfallstypene glassemballasje, metallemballasje og plastemballasje.
    - Biologisk behandling (biogassproduksjon) gir lavest klimagassbelastning for behandling av våtorganisk avfall.

- Energiutnyttelse gir lavest klimagassbelastning for behandling av papir, papp og treavfall.
- Deponering gir størst klimagassbelastning for alle de analyserte avfallstypene, bortsett fra plast- og glassemballasje.
- For restavfall har sammensetningen stor innvirkning på klimagassutslippene for deponi og energiutnytting av avfallet. Sammensetningen varierer både med hvilke typer av avfall som kastes og med hva slags kildesorteringsordninger som tilbys i de ulike kommuner. Dette kan igjen variere avhengig av befolkningstetthet (tettbebygde strøk/byer kontra spredt bebyggelse) og motivasjon hos den enkelte innbygger til å kildesortere. Energiutnyttelse medfører lavest klimagassutslipp for et "gjennomsnittlig sammensatt" restavfall i Norge.
- Analyser av restavfall bør alltid vurderes i sammenheng med totale mengder og håndtering av utsorterte avfallstyper, samt totale mengder og sammensetning av restavfall. Dette er viktig for å oppnå en helhetlig vurdering og unngå suboptimalisering.
- Transportrelaterte klimagassutslipp er generelt av relativt liten betydning i forhold til miljønytten som oppstår ved materialgjenvinning og/eller energiutnyttelse.

3. Modellen er benyttet til å beregne at netto klimagassutslipp som følge av avfallshåndtering av totalt ca 4,1 mill tonn avfall fra husholdninger, industri, bygg/anlegg og tjenestenæringer i 2006 utgjør 851 000 tonn CO_2-ekvivalenter. Dette tilsvarer årlige klimagassutslipp fra ca 243 000 personbiler.
4. Analyse av et realistisk optimalt scenario for avfallshåndtering av husholdningsavfall viser at dette systemet kan bli tilnærmet klimanøytralt.
5. Valg av hvilke forutsetninger som skal inngå i denne type analyser er avhengig av formålet med analysen, i tillegg til lokale/geografiske forhold.
6. Relevant internasjonal litteratur er gjennomgått for å kvalitetssikre resultatene som er fremkommet i denne studien. Dette kan oppsummeres som følger:
   - Resultatene fra denne studien for beregning av klimagassbelastning er svært robuste for avfallstypene glassemballasje, metallemballasje, plastemballasje og våtorganisk avfall. I følge gjennomgått litteratur gir materialgjenvinning også best resultat for de fleste andre vurderte miljøpåvirkningskategorier for disse 4 avfallstypene.
   - For fiberavfallstypene papp og papir er resultatene for klimagassbelastning også i tråd med relevant internasjonal litteratur, som viser at forutsetningene

tilknyttet forbruk og erstatning av fossil energi i de systemene som sammenlignes (materialgjenvinning og energiutnyttelse) er svært viktige for resultatene. Dette er synliggjort ved at det er gjennomført 2 følsomhetsvurderinger for behandling av papir, som viser at rangeringen mellom materialgjenvinning og energiutnyttelse raskt kan endres ved endring av forutsetningene som inngår.

- For tilnærmet alle andre analyserte miljøpåvirkningskategorier enn klimagassutslipp (for eksempel energiforbruk, forsuring, toksisitet mfl.), er konklusjonene fra litteraturgjennomgangen entydige i forhold til at materialgjenvinning medfører lavere miljøbelastning enn energiutnyttelse, også for papp og papir. Dette er eksemplifisert med data for denne studien for miljøpåvirkningen Energiforbruk, som viser at materialgjenvinning av papir gir klart best energiregnskap.

7. Arbeidet som er gjennomført viser at avfallshåndtering representerer svært komplekse systemer.

1 INNLEDNING

1.1 BAKGRUNN

Med bakgrunn i økt fokus på utslipp av klimagasser generelt, ønsket Avfall Norge å utarbeide et klimaregnskap for avfallshåndteringen i Norge. I denne forbindelse ble Østfoldforskning engasjert til å gjennomføre prosjektet.

1.2 MÅL MED PROSJEKTET

Målet med prosjektet har vært å utvikle en modell for beregning av årlige netto klimagassutslipp tilknyttet avfallshåndtering i Norge. Modellen er bygget opp slik at klimaregnskapet kan vises separat for utvalgte avfallstyper, og samlet for utvalgte mengder og typer avfall.

Modellen har en todelt nytteverdi ved at den muliggjør:

- Sammenligning av netto klimagassutslipp ved ulik avfallshåndtering for valgte avfallstyper. Dette kan brukes som beslutningsunderlag for valg av løsninger for avfallshåndtering.
- Utarbeiding av klimaregnskap for avfallshåndtering for kommuner/regioner/byer som kan inngå som en del av en regions totale klimaregnskap.

Det er lagt vekt på å utvikle modellen slik at kommuner/avfallsselskap/regioner kan utarbeide egne klimaregnskap for avfallshåndtering i sin region, basert på stedsspesifikke forutsetninger tilknyttet typer og mengder avfall, transportavstander, type behandlingsanlegg, utnyttelse og bruk av avfallsgenerert energi m. m

Modellen kan i tillegg benyttes som grunnlag for å utarbeide nyttig dokumentasjon som grunnlag for informasjon om avfallssystemers nytteverdi generelt, og som grunnlag for strategiske vurderinger for Avfall Norge og avfallsbransjen spesielt.

1.3 OPPDELING AV RAPPORTEN

Rapporten er oppdelt i følgende tre hoveddeler:

- Del I Modell for beregning av klimabelastning per kilo avfall

- Del II Klimabelastning fra behandling i 2006
- Del III Konklusjoner og videre arbeid

Del I presenterer metodikk og modell for beregning av netto klimabelastninger for avfallshåndtering av 1 kg avfall. I tillegg presiseres alle forutsetninger som inngår i analysen.

Del II presenterer klimagassutslipp og -besparelser fra behandling av de analyserte avfallstyper og mengder som inngår i analysen for året 2006.

Del III konkluderer resultatene fra studien, samt forslag til videre arbeid.

1.4 ORGANISERING

Avfall Norge inviterte sine medlemmer til å delta i prosjektet, og dette medførte at følgende 18 kommuner/avfallsselskap deltok finansierende og gjennom å være medlemmer i prosjektets referansegruppe:

- Renovasjonsetaten Oslo kommune (Oslo REN)
- Energigjenvinningsetaten Oslo kommune (Oslo EGE)
- IVAR IKS
- Renovasjonen i Grenland/Skien kommune
- Stavanger kommune
- Valdres Kommunale Renovasjon (VKR)
- Asker kommune
- BIR
- Bærum kommune - Forurensning og renovasjon
- GLØR IKS
- Nordmøre Interkommunale Renovasjonsselskap
- HRS IKS
- Lindum Ressurs og gjenvinning AS
- Midtre Namdal Avfallsselskap IKS
- REKOM AS
- Trondheim kommune, Stabsenhet for byutvikling, Fagansvarlig avfall
- Volda og Ørsta Reinhaldsverk IKS
- RIR
- Fredrikstad kommune

Referansegruppen har hatt 3 møter gjennom prosjektperioden.

I tillegg ble følgende valgt til å sitte i styringsgruppen i prosjektet:

- Valdres Kommunale Renovasjon v/Olle Rosendal (leder)
- Stavanger kommune v/Rudolf Meissner
- Renovasjonsetaten Oslo kommune v/Ingunn Dale Samset
- Renovasjonen i Grenland/Skien kommune v/Anne Berit Steinseth

- IVAR IKS v/ Oddvar Tornes

Styringsgruppen har hatt 4 møter gjennom prosjektperioden, hvorav 3 har vært telefonmøter.

I Østfoldforskning har følgende personer jobba i prosjektet:

Prosjektleder:	Hanne Lerche Raadal (seniorforsker og gruppeleder for Avfalls- og energiressurser)
Prosjektmedarbeider:	Ingunn Saur Modahl (seniorforsker), Kari-Anne Lyng (forsker)
Prosjektansvarlig:	Ole Jørgen Hanssen (direktør)

Prosjektets Fase I startet opp med et oppstartsmøte i referansegruppen i Oslo den 11. mars 2008, og ble avsluttet i februar 2009. Fase II ble igangsatt februar 2009 og avsluttet i august 2009.

DEL I
Modell for beregning av klimabelastning per kilo avfall

2 METODIKK

2.1 LCA-METODIKK

Analysen er gjennomført med basis i metodikk knytta til livsløpsvurderinger og metoder som er internasjonalt standardisert etter ISO 14044[2].

En livsløpsvurdering av et produkt er definert som en systematisk kartlegging og vurdering av miljø- og ressurspåvirkninger gjennom hele livsløpet til produktet, fra 'vugge til grav'. Analysen tar utgangspunkt i et *produktsystem*, og vurderer miljø- og ressursmessige forhold ved dette systemet i forhold til en definert *funksjonell enhet*, som er den enheten som viser hva produktet yter i forhold til bestemte krav til produktet.

Livsløpsvurderingen skal omfatte alle de prosessene og aktivitetene som inngår i et produktsystem, og som til sammen er med på å oppfylle funksjonen eller funksjonene som produktsystemet skal oppfylle.

En livsløpsvurdering har følgende tre sentrale poeng:

- En ser på hele det tekniske systemet som skal til for å produsere, bruke og avhende produktet (systemanalyse) og ikke barre på produktet i seg selv.
- En ser på hele materialsyklusen langs verdikjeda til produktet og ikke bare på en enkel operasjon eller bearbeidingsprosess.
- En ser på et antall relevante miljø- og helsepåvirkninger for hele systemet og ikke bare på en enkelt miljøfaktor (f.eks. utslipp av løsemiddel eller støv).

[2] International organisation for Standardisation; http://www.iso.org/iso/iso_catalogue.htm

Til slutt bør en alltid ha følgende tre spørsmål i bakhodet:

- Hva er de viktigste miljøproblema for dette systemet?
- Hvor i livsløpet oppstår disse?
- Hvilke deler av systemet har størst potensial for miljømessig forbedring?

Dette gir en mer helhetlig tilnærming til helse-, miljø- og ressursproblemene enn det en ofte har vært vitne til tidligere, der fokus har vært på enkeltfaktorer eller enkeltstående prosesser. En mer detaljert innføring i LCA-metodikk er gitt i vedlegg 4.

På grunn av det store fokuset på klimaendringer i media og hos styresmaktene ville Avfall Norge at analysen, i første omgang, skulle fokusere på klimaeffekter. Simuleringsprogrammet SimaPro[3] 7.1.8 er brukt for gjennomføring av analysene.

Karakteriseringsmetoden er basert på IPCC 2001 GWP 100a[4] v.1.04, justert for nye data for metan i 2005 (IPCC) og korrigert for antatt balansert uttak av biomasse. Det betyr at CO_2-utslipp fra bioenergi settes lik 0 (= biologisk CO_2) fordi det antas at utslippet ved forbrenning/nedbrytning av biomasse er i balanse i forhold til opptak av CO_2 når biomassen vokser (binder CO_2). Karakteriseringsmetoden er levert av Pré gjennom analyseverktøyet Simapro (Pré).

2.2 GENERELLE AVGRENSINGER VED BRUK AV LCA

Til tross for den holistiske tilnærmingen, bør leseren være oppmerksom på følgende avgrensinger ved livsløpsanalyser generelt:

- Resultatene bør ikke brukes for sammenligning med andre produkter/systemer uten å sjekke systemgrenser, allokering og forutsetninger grundig.
- Siden dette kun er et klimaregnskap, er følgende miljøpåvirkningskategorier[5] ikke inkludert:
    - Forsuring
    - Overgjødsling
    - Fotokjemisk oksidantdanning (POCP)
    - Ozonnedbryting (ODP)

[3] SimaPro er utvikla og blir solgt av Pré i Nederland. Se også: http://www.pre.nl/simapro/

[4] Drivhuseffektpotensialet er basert på en 100 års tidshorisont.

[5] Se forklaring på de ulike miljøpåvirkningskategoriene i vedlegg.

- Human- og økotoksisitet
- Ressursforbruk (areal-, energi- og materialforbruk)
- Avfall

- Menneskelig aktivitet har en lang rekke påvirkninger på natur og miljø, og mange av disse kan ikke enkelt kvantifiseres. Livsløpsanalyser inkluderer ikke slike miljøpåvirkninger. Noen eksempel er:
    - Støy
    - Inngrep i løpet av byggeperioden. Slike effekter kan av og til repareres etter at byggefasen er ferdig.
    - Effekter på økosystemene, både positive og negative. Konstruksjoner offshore kan for eksempel fungere som kunstige rev. Naturinngrep kan også ødelegge viktige biotoper.
    - Effekter på grunn av restriksjoner på fiskeaktiviteter i områdene rundt offshore-installasjoner.
    - Ultralyd-effekter

2.3 FUNKSJONELL ENHET

Funksjonell enhet i analysen er:

Håndtering av 1 kg avfall med tilhørende transport og erstatning av mengde energi og/eller material som genereres fra avfallet når det behandles.

Denne metodikken representerer ”System expansion” (systemutvidelse) (Finnveden, 1999), og tar hensyn til de ekstra funksjonene som de ulike behandlingsmåtene medfører, for eksempel energi som kan benyttes og materiale som kan benyttes og resirkuleres flere ganger.

2.4 FØLSOMHETSVURDERINGER OG KVALITETSSIKRING

Det presiseres at fokuset på denne studien både er fortids- og fremtidsrettet, fordi modellen som utviklet er benyttet til å beregne klimabelastningen ved avfallshåndtering i Norge for året 2006, i tillegg til at den skal kunne benyttes til å utarbeide scenarioer for fremtidig avfallshåndtering. Det betyr at modellen, i LCA-terminologi, vil bli benyttet både som en ’attributional’ (historisk) LCA og som en ’consequential’ (fremtidsrettet) LCA (Tillman, 2000, Ekvall et al., 2007). Målet med analysen (historisk dokumentasjon eller fremtidsrettet analyse) har altså påvirkning på valg av energibærere som forutsettes erstattet. I denne

analysen er det forutsatt at produsert avfallsenergi fra forbrenningsanlegg erstatter en sammensetning av energibærere representert ved norsk fjernvarmemiks slik denne var i 2006 (Norsk Fjernvarme, 2009), som følge av at analysen representerer et historisk perspektiv. I tillegg er resultatene vist for et scenario som forutsetter at avfallsenergi erstatter en miks av olje og elektrisitet (i olje- og el-kjeler) ved at det antas at denne miksen fases ut ved økt bruk av fjernvarme fra avfallsforbrenning. Scenarioberegningen er gjennomført for å vise at nettopp hvilke energibærere som forutsettes erstattet er svært avgjørende for resultatene i denne typen analyser. Dette er diskutert nærmere i kapittel 4.5. Det presiseres at forutsetninger tilknyttet hvilke typer energibærere som erstattes av avfallsenergi bør vurderes grundig ved bruk av modellen til fremtidsrettede analyser, fordi denne typen forutsetninger har stor betydning for resultatene, spesielt for utvalgte avfallstyper.

Det er gjennomført en gjennomgang av internasjonal relevant litteratur (WRAP, 2006, Prognos AG, 2008, European Topic Centre on Waste and Material Flows, 2004 og Frees et. al., 2005, Björklund et al., 2005) for å vurdere resultatene fremkommet i denne studien. Dette har medført at det er gjennomført 2 følsomhetsvurderinger tilknyttet analysen av papir, i tillegg til at Netto energiforbruk er beregnet som en ekstra miljøindikator.

Østfoldforskning har hatt kontinuerlig dialog med både referanse- og styringsgruppen, som har kvalitetssikret systemmodellen som er bygd opp og basisverdiene i datasettet.

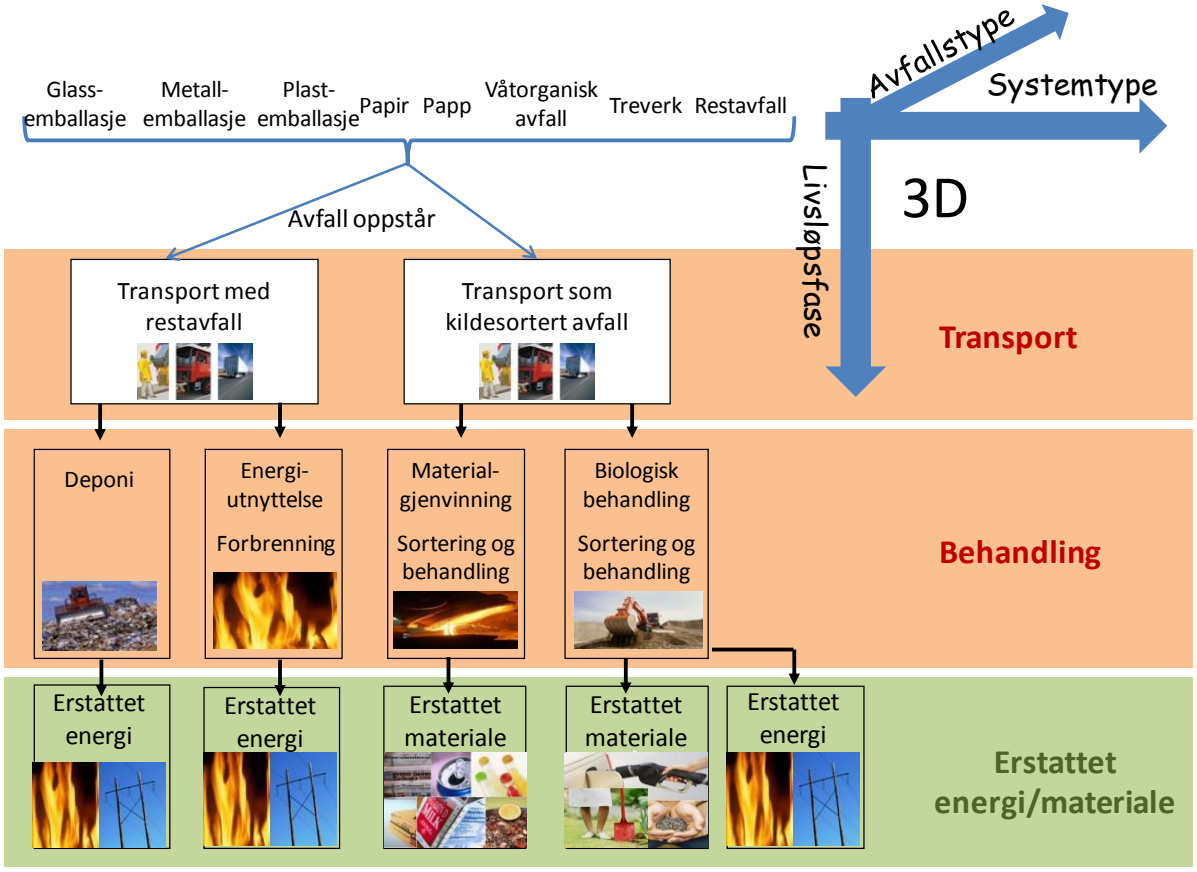
I tillegg har Mepex Consult AS v/Frode Syversen utført en ekstern gjennomgang/kvalitetssikring av oppbygging av modell og datagrunnlag i prosjektets Fase I.

3 MODELL MED 3 DIMENSJONER

Modellen som er utviklet representerer et system med 3 dimensjoner, herunder:

1. Avfallstyper
2. Systemtyper (behandlingsmetode)
3. Livsløpsfaser

Prinsippet og systemgrensene for modellen er presentert i figuren under:



Figur 1 Prinsippskisse og systemgrenser for modellen – et system med 3 dimensjoner

Som figuren viser, er modellen bygget opp for å analysere ulike avfallstyper (glassemballasje, metallemballasje osv). Videre kan de utvalgte avfallstypene bli behandlet på ulike måter (system for deponi, energiutnyttelse og materialgjenvinning/biologisk behandling). Endelig er de ulike systemene oppdelt i ulike livsløpsfaser (transport, behandling og erstattet energi/materiale). Figur 1 viser også systemgrensene for systemene som analyseres; som starter med at avfall oppstår og må transporteres til sortering/behandling før generert material

og eller energi fra behandling av avfallet erstatter jomfruelig produsert materiale og/eller andre energibærere.

I det følgende er de ulike dimensjonene i modellen beskrevet mer detaljert.

3.1 AVFALLSTYPER OG KILDER

Følgende avfallstyper er inkludert i modellen:

- Glassemballasje
- Metallemballasje
- Papir
- Papp
- Plastemballasje
- Matavfall (våtorganisk avfall)
- Treavfall
- Restavfall fra husholdninger

I utgangspunktet var drikkekartong også ment å inngå som en avfallstype. En egen studie av drikkekartong (for Grønt Punkt Norge) var ment å skulle danne grunnlaget for modelleringen av drikkekartong, men som følge av at Hurum Paper mill ble vedtatt nedlagt i august 2008, ønsket Grønt Punkt Norge at studien i stedet blir utarbeidet for dagens situasjon og anlegg (i Sverige). Denne studien er p.t. ikke ferdigstilt.

Ovenfor beskrevne avfallstyper er inkludert for følgende kilder (avfallsprodusenter):

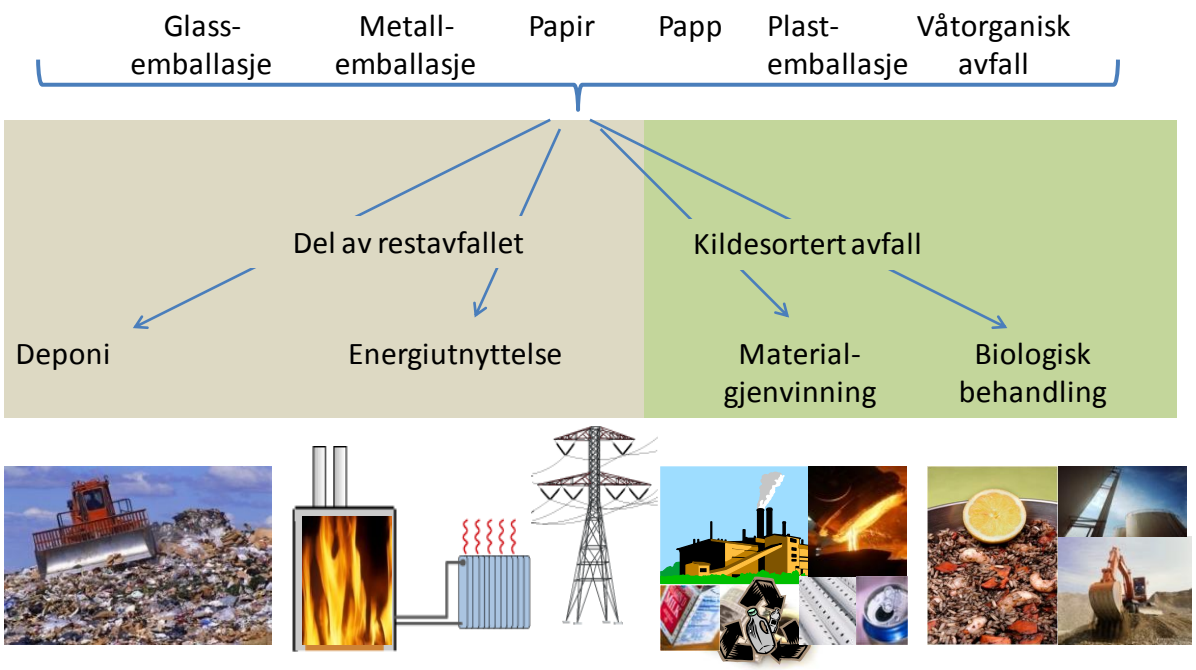
- Husholdninger
- Industri
- Bygg og anlegg
- Tjenestenæringer

3.2 SYSTEMTYPER

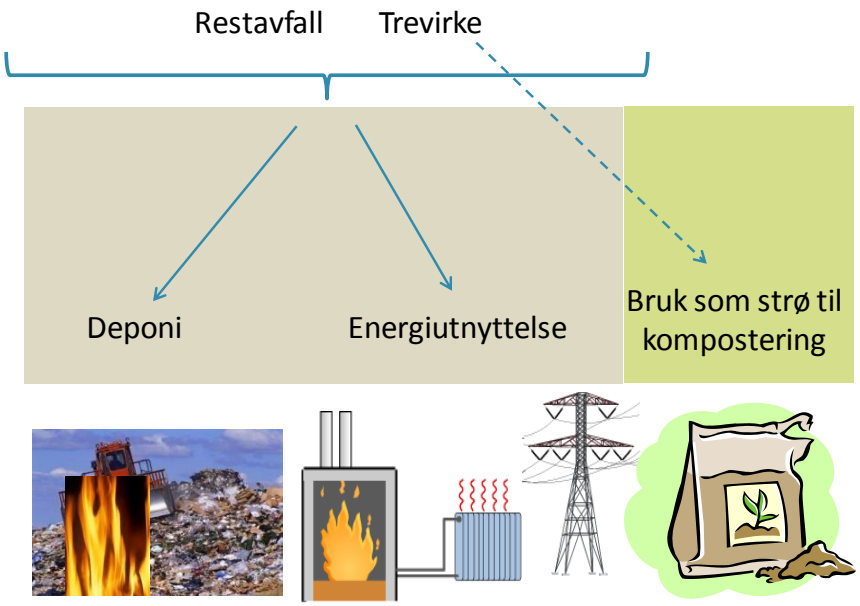
Følgende systemtyper er inkludert i modellen:

- Deponi (ikke-sortert avfall)
- Energiutnyttelse (ikke-sortert avfall)
- Materialgjenvinning og biologisk behandling (sortert avfall)

Biologisk behandling gjelder kun for avfallstypen våtorganisk avfall (matavfall), og omfatter behandlingsmetodene kompostering og biogassproduksjon. En prinsippskisse for de ulike systemene er vist i Figur 2 og Figur 3 under.



Figur 2 Prinsippskisse for systemtypene som inngår i modellen i Fase I



Figur 3 Prinsippskisse for systemtypene som inngår i modellen i Fase II

3.3 LIVSLØPSFASER

For hver avfallstype med tilhørende system (behandlingsmåte) som analyseres, er systemet oppdelt i følgende livsløpsfaser (jfr. Figur 1):

- Transport
- Behandling
- Erstatning av energi/materiale

Ved å dele systemet opp på denne måten får man frem hvilke livsløpsfaser som medfører de største og minste klimabelastningene av systemets netto klimagassbelastninger. Eksempelvis kan man få frem størrelsesorden på miljøbelastningene fra transport, sett i forhold til systemets miljønytte ved materialgjenvinning for den analyserte avfallstypen.

4 DATAGRUNNLAG

Tabell 1 viser en oversikt de avfallstypene som er inkludert i modellen med tilhørende system og livsløpsfaser som det er innhentet data for.

Tabell 1 Avfallstyper, systemtyper og livsløpsfaser i modellen

			Livsløpsfase				
Avfallstype	**Systemtype med undersystem**		Transportetappe 1	Transportetappe 2	Transportetappe 3	Behandling	Erstatting
Glassemballasje	Deponi						
	Energiutnyttelse						
	Materialgjenvinning						
Metallemballasje	Deponi						
	Energiutnyttelse						
	Materialgjenvinning						
Papir	Deponi						
	Energiutnyttelse						
	Materialgjenvinning						
Papp	Deponi						
	Energiutnyttelse						
	Materialgjenvinning						
Plastemballasje	Deponi						
	Energiutnyttelse						
	Materialgjenvinning						
Våtorganisk	Deponi						
	Energiutnyttelse						
	Biologisk behandling	Biogassproduksjon					
		Kompostering (med strø)					
Treavfall	Deponi						
	Energiutnyttelse						
	(Biologisk behandling)	(Kompostering)					
Restavfall	Deponi						
	Energiutnyttelse						

4.1 BRUK AV BASISVERDIER I MODELLEN

Modellen er utarbeidet med et sett basisverdier som skal representere en 'gjennomsnittssituasjon i Norge' for de ulike avfallstyper og systemer. Eksempler på basisverdier er transportavstander, utnyttelsesmåte og -grader ved forbrenning av avfall m.m. Dette datasettet med basisverdier kan byttes ut og/eller suppleres med spesifikke data for kommuner eller utvalgte regioner. For nærmere beskrivelse av basisverdiene og hvordan disse kan byttes ut, vises til kapitlene 4.3 og 4.4, samt de spesifikke kapitlene for beskrivelse av datagrunnlaget tilhørende hver analysert avfallstype (kapittel 5- 10).

4.2 BRUK AV FASTE VERDIER OG UNDERMODELLER

Utover de definerte basisverdiene som inngår i modellen (beskrevet i kapittel 4.1), er modellen i tillegg bygget opp med bruk av faste verdier og databasemodeller. Dette kan være undermodeller eller prosesskort i databasen i Simapro som inneholder klimagassutslipp for f.eks. transport med ulike kjøretøy, for resirkulerings-, og forbrenningsprosesser, samt for deponering av ulike avfallstyper m.m.

For nærmere beskrivelse av hvilke faste verdier og undermodeller som inngår i analysen, henvises til beskrivelser i kapitlene 4.3 og 4.4, samt i de spesifikke kapitlene for beskrivelse av datagrunnlaget tilhørende hver analysert avfallstype (kapittel 5 - 0).

4.3 DATAGRUNNLAG TRANSPORT

For transportavstander er det hovedsakelig benyttet data fra Avfall Norges benchmarkingsstudie (Avfall Norge, 2007) for 2006. Dataene er bearbeidet for Østfoldforskning av Erlend Kleiveland (NGIR), og deretter bearbeidet av Østfoldforskning slik at basisverdiene for transportavstander er basert på vektede gjennomsnittsavstander.

Transportavstandene varierer både i forhold til avfallstype og behandlingsmetode (systemtype), og er i tillegg oppdelt på følgende 3 transportetapper (i henhold til ovennevnte benchmarkingsstudie):

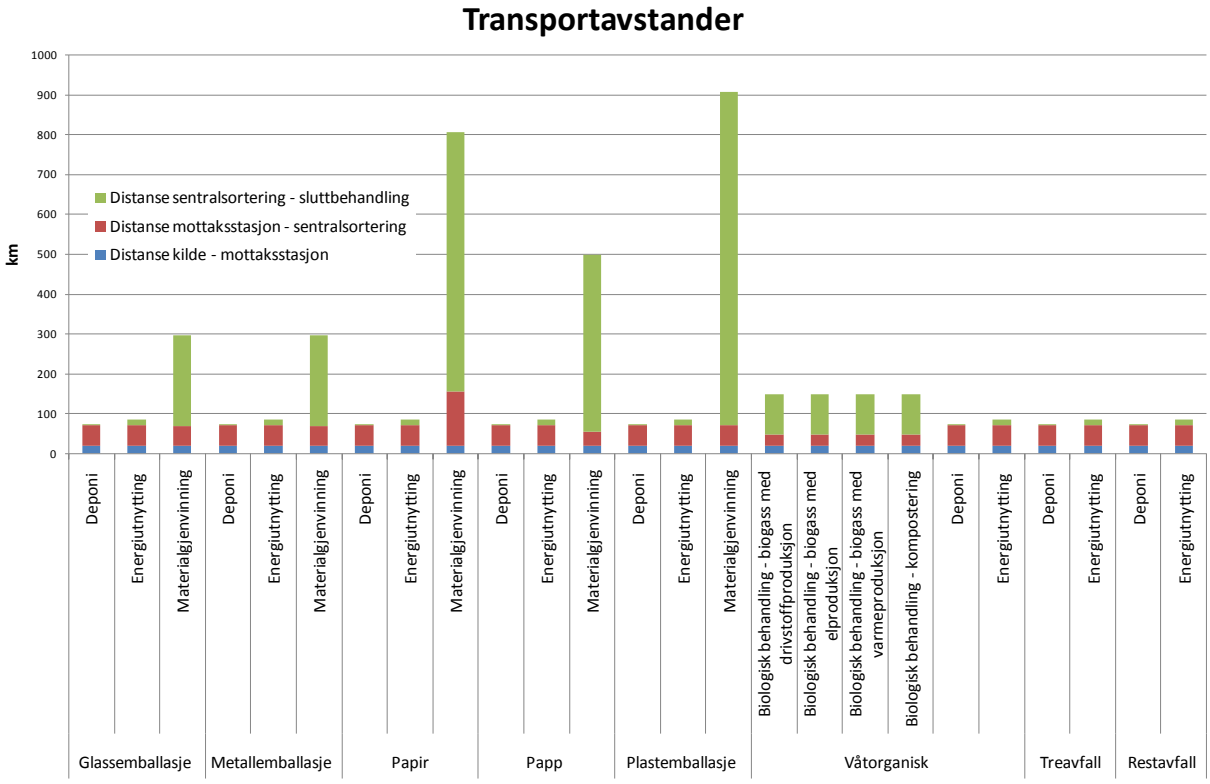
- T1: Husholdning til mottaksstasjon
- T2: Mottaksstasjon til sentralsortering
- T3: Sentralsortering til sluttbehandling

Utover dette er datagrunnlaget for transport supplert med følgende:

- For plastemballasje er datagrunnlaget supplert med spesifikke data fra Grønt Punkt (Raadal et al., 2008) for transportetappenT3 (plastemballasje til materialgjenvinning)
- Spesielle antagelser for noen av transportetappene:
    - T3 for papir, papp, metall og glass til materialgjenvinning: antatt dobbel transportavstand av benchmarkingstallene (jfr. vedlegg 1).
- For transportetappene T2 og T3 for våtorganisk avfall til biologisk behandling:
    - benyttet data for 'annet' fra Benchmark-studien (jfr. vedlegg 1).

Alle basisverdier kan i prinsippet byttes ut og/eller suppleres med spesifikke data for kommuner eller utvalgte regioner.

Figur 4 viser en sammenstilling av de vektede gjennomsnittsavstandene som inngår som basisverdier for transport av de ulike avfallstypene.



Figur 4 Basisverdier for transportavstander (vektet gjennomsnitt (Avfall Norge, 2007))

I tillegg til basisverdiene for transportavstander presentert i Figur 4, inngår en del faste undermodeller (basert på Ecoinvent 2.0-databasen), for klimagassutslipp for kjøretøy som er valgt å benytte i modellen. Dette er presentert i Tabell 2.

Tabell 2 Oversikt over faste undermodeller for transport som er brukt i modellen (Ecoinvent 2.0: Processes/Transport/ Road/…..)

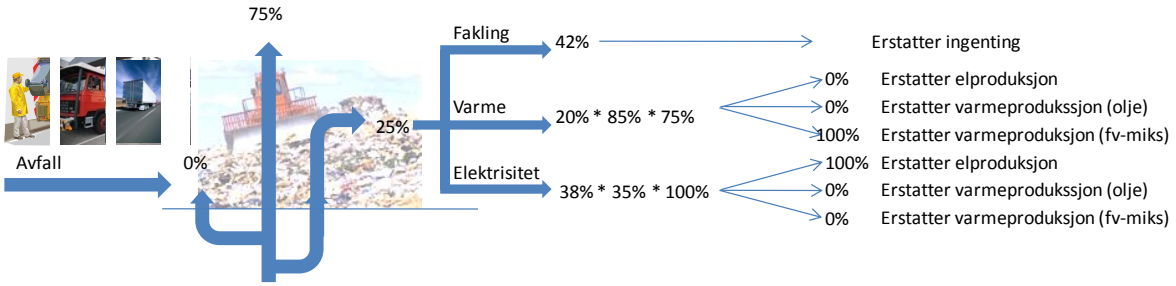
Avfallstype	Systemtype	Kilde - mottaksstasjon	Mottaksstasjon - sentralsortering	Sentralsortering - sluttbehandling
Glass-emballasje	Deponi	Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH S	Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER S
	Energiutnyttelse (Norge)			Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S
	Material-gjenvinning			Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER S
Metall-emballasje	Deponi	Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH S	Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER S
	Energiutnyttelse (Norge)			Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S
	Material-gjenvinning			Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER S
Papir	Deponi	Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH S	Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER S
	Energiutnyttelse (Norge)			Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S
	Material-gjenvinning		Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER S	Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER S
Papp	Deponi	Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH S	Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER S
	Energiutnyttelse (Norge)			Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S
	Material-gjenvinning			Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER S

Plast-emballasje	Deponi	Transport, municipal collection, 21t/CH S	waste lorry	Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER S
	Energiutnyttelse (Norge)				Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S
	Material-gjenvinning				Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER S
Våtorganisk avfall	Deponi	Transport, municipal collection, 21t/CH S	waste lorry	Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER S
	Energiutnyttelse (Norge)				Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S
	Biologisk behandling				Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER S
Treavfall	Deponi	Transport, municipal collection, 21t/CH S	waste lorry	Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER S
	Energiutnyttelse (Norge)				Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S
Restavfall	Deponi	Transport, municipal collection, 21t/CH S	waste lorry	Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER S
	Energiutnyttelse (Norge)				Transport, lorry 7.5-16t, EURO3/RER S

4.4 DATAGRUNNLAG BEHANDLING

4.4.1 Deponi

Figur 5 viser prinsipielt hvordan systemtypen deponi er bygget opp i modellen.



Figur 5 Prinsippskisse for systemtypen avfall til deponi (stiplet linje viser scenario for erstattet varme, jfr. beskrivelse i kapittel 4.5)

Systemet starter med at den vurderte avfallstypen (f.eks. papir) transporteres (sammen med restavfall) til et deponi. Her blir avfallet deponert, og de potensielle klimagassutslippene (hovedsakelig metanutslipp fra nedbrytningsfasen) fra deponering av avfallet (over en 100 års periode) belastes denne livsløpsfasen. Det betyr at utslippene fra deponering av avfallet representerer totalt potensial for fremtidige metanutslipp fra deponering (fratrukket evt. oppsamlet andel metan), og ikke bare utslipp tilhørende det året avfallet blir deponert.

Videre forutsettes at en viss andel av produsert metan blir samlet opp og således kan utnyttes i form av å produsere varme og/eller elektrisitet, og at produsert energi fra metan kan erstatte annen relevant varme- og/eller elektrisitetsproduksjon.

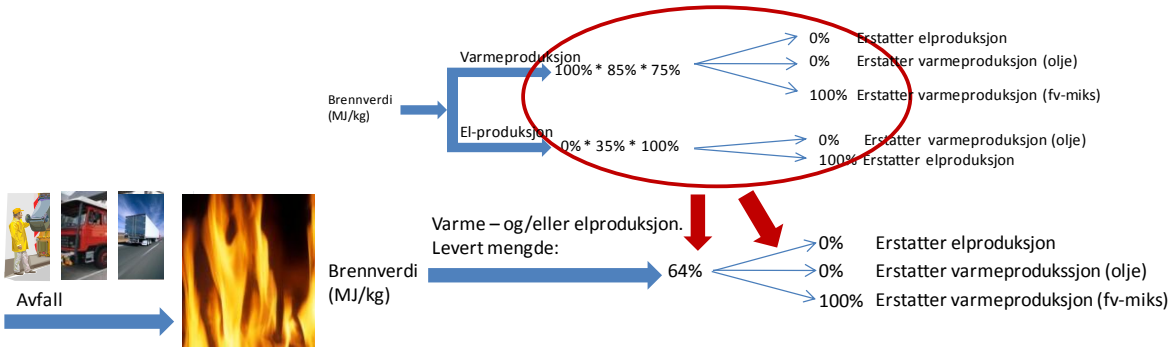
Oppsamlet mengde deponigass er som basisverdi satt til 25%, som gjenspeiler gjennomsnittlig oppsamlingsgrad på norske deponier i 2005 (SFT, 2008). Videre forutsettes som basisverdi at oppsamlet deponigass utnyttes tilsvarende et gjennomsnittlig deponigassanlegg i Norge i 2005 (SFT, 2008). Det betyr at 38% av oppsamlet gass blir utnyttet til elektrisitetsproduksjon, 20% til varmeproduksjon og at de resterende 42% av oppsamlet deponigass blir faklet. Det presiseres at statistikken sannsynligvis har svakheter da det ser ut som at anlegg som produserer både elektrisitet og varme (fra varmetapet) kun rapporter elektrisitetsproduksjonen. Dette vil i så fall medføre en underrapportering i total energiproduksjon og således en noe for lav energiutnyttelsesgrad. Dette er det ikke tatt hensyn til ved bruk av basisverdier for bruk av oppsamlet gass som følge av manglende datagrunnlag.

Utover dette er det forutsatt 35% virkningsgrad og 100% utnyttelsesgrad ved elektrisitetsproduksjon, og 85% virkningsgrad og 75% utnyttelsesgrad ved varmeproduksjon (antar samme utnyttelsesgrad av varme som gjennomsnittlig utnyttelsesgrad ved norske forbrenningsanlegg (SSB, 2008b)).

For datagrunnlag tilknyttet erstattet energi, vises til kapittel 4.5.

4.4.2 Energiutnyttelse

Figur 6 viser prinsipielt hvordan systemtypen energiutnyttelse er bygget opp i modellen.



Figur 6 Prinsippskisse for systemtypen avfall til energiutnyttelse (stiplet linje viser scenario for erstattet varme, jfr. beskrivelse i kapittel 4.5)

Systemet starter med at den vurderte avfallstypen (f.eks. plast) transporteres (sammen med restavfall) til et energiutnyttelsesanlegg (forbrenningsanlegg). Her blir avfallet forbrent, og de potensielle klimagassutslippene (hovedsakelig CO_2, dersom avfallet er av fossil opprinnelse) fra forbrenning av avfallet belastes denne livsløpsfasen. Videre forutsettes at en viss andel av produsert varme blir utnyttet, og at denne energien kan erstatte annen relevant varme- og/eller elektrisitetsproduksjon. Det er antatt 0% ren elektrisitetsproduksjon (SSB, 2008b).

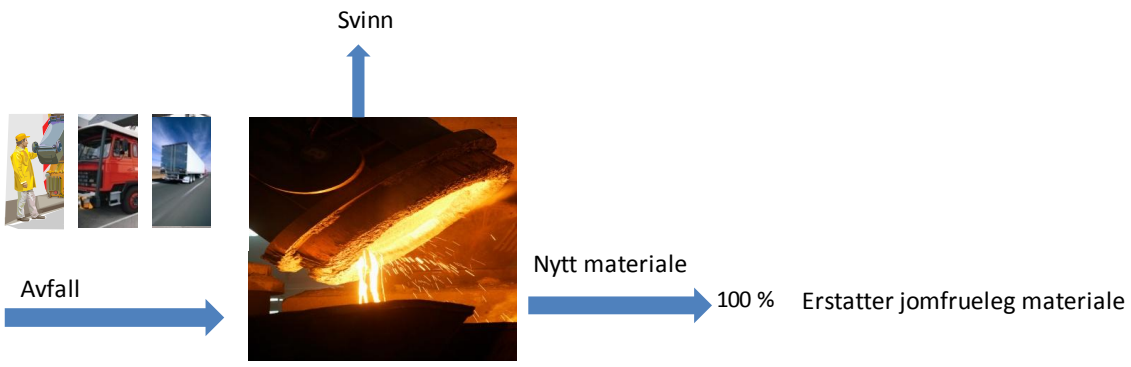
Som energiutnyttelsesgrad ved forbrenningsanlegg er det som basisverdi brukt 75%, som representerer gjennomsnittlig energiutnyttelsesgrad ved norske forbrenningsanlegg (SSB, 2008b og Avfall Norge, 2009). Det forutsettes at all produsert varme utnyttes som varmeenergi, f.eks. i fjernvarmeanlegg. Virkningsgrad ved forbrenning av avfall er antatt å være 85% (Ecoinvent 2.0).

For datagrunnlag tilknyttet erstattet energi, vises til kapittel 4.5.

Modellen er utarbeidet med data for energiutnyttelse i norske anlegg, men den er også klargjort for å kunne legge inn spesifikke data for scenarioer av energiutnyttelse i utlandet.

4.4.3 Materialgjenvinning

Figur 7 viser prinsipielt hvordan systemtypen materialgjenvinning er bygget opp i modellen.



Figur 7 Prinsippskisse for systemtypen avfall til materialgjenvinning

Systemet starter med at den vurderte avfallstypen (f.eks. plast) transporteres (kildesortert) til et materialgjenvinningsanlegg. Her blir avfallet materialgjenvunnet, og de potensielle klimagassutslippene fra materialgjenvinningsprosessen, inkludert eventuelle sorterings- og/eller andre forbehandlingsprosesser, belastes denne livsløpsfasen. Videre forutsettes at mengde resirkulert materiale (når det er tatt hensyn til svinn i alle prosesser) erstatter tilsvarende mengde jomfruelig materiale. Det foregår diskusjoner internasjonalt om det for noen avfallstyper (papir, papp) er relevant å anta at resirkulert material delvis vil erstatte annet gjenvunnet materiale, men dette er vanskelig å dokumenter (Ekvall, 2000, Freés et al., 2005)

Glass- og metallemballasje

For materialgjenvinning av glass- og metallemballasje er det benyttet databasedata (Ecoinvent 2.0). For metallemballasje oppgir ikke databasene tapsprosent direkte, men det er indikasjoner på at denne ligger mellom 0-3%. For glassemballasje er heller ikke tapsprosenten oppgitt. Databasene tar likevel hensyn til dette ved innlegging av ressurs- og energiforbruk.

Ecoinvent-databasen inneholder ikke data for produksjon av 100% jomfruelig glass, og datasettet som er benyttet som erstattet materiale inneholder derfor også resirkulert glass (60%). Det betyr at glassanalysen får for dårlig kreditt ved materialgjenvinning dersom glasset erstatter jomfruelig glass. Men siden glassemballasje i Norge stort sett blir gjenvunnet til andre materialer enn glass (isolasjon m.m., se nærmere beskrivelse i kapittel 5.3), er det ikke justert for dette. I følge litteraturdata (WRAP, 2006), er det store forskjeller i klimagassbesparelsene mellom closed loop og open-loop recycling, altså om glass blir resirkulert til nytt glass eller andre materialer. Med bakgrunn i dette, er resultatene for materialgjenvinning av glass svært usikre, dels fordi det ikke er 100% jomfruelig glass som erstattes i analysen, og dels fordi glass i Norge blir resirkulert til andre produkter enn nytt glass. Prosjektet har ikke hatt ressurser til å oppdrive spesifikke data for den faktiske situasjonen for glassgjenvinning i Norge, og det anbefales derfor at det gjøres en spesifikk

studie for resirkulering av glassemballasje (på samme måte som det er gjort for plastemballasje).

Plastemballasje

For plastemballasje er datagrunnlaget for materialgjenvinningsprosessene basert på studie utført på oppdrag for Grønt Punkt Norge i 2008 (Raadal et al., 2008). Det betyr at datagrunnlaget for materialgjenvinningsprosessen er basert på stedsspesifikke data fra behandlingsanlegget for plastemballasje.

Materialgjenvinningsgraden av kildesortert og innsamlet plastemballasje er beregnet til 63,4% (Raadal et al., 2008). De resterende 36,6% blir i hovedsak energiutnyttet og er inkludert i analysen.

Papir

For materialgjenvinning av papir i Norge, er det innhentet spesifikke data fra Norske Skog Skogn (Norske Skog, 2008), som materialgjenvinnes ca 50% av innsamlet papir i Norge (Norsk Industri, 2008). For materialgjenvinning av papir i utlandet er det benyttet databasedata (Ecoinvent 2.0). Tapsprosenten ved materialgjenvinning av papir hos Norske Skog Skogn er beregnet til ca 19%. Ved bruk av generelle, europeiske data, er tapsprosenten ved resirkulering av papir ca. 15%.

Papp

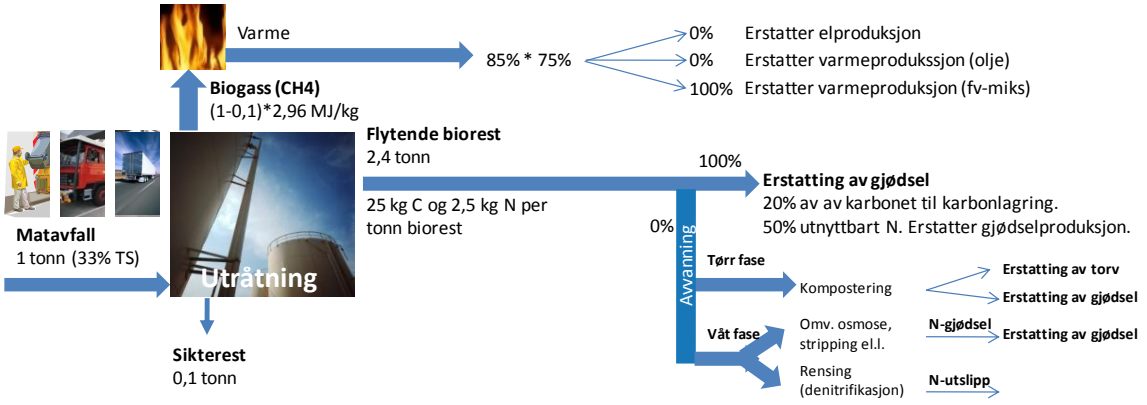
For materialgjenvinning av papp i Norge, har prosjektet innhentet spesifikke data fra Peterson Linerboard, som materialgjenvinner ca 68% av innsamlet bølgepapp/papp i Norge (Norsk Resy, 2008).

For materialgjenvinning av papp i utlandet er det benyttet databasedata (Ecoinvent 2.0).

For detaljert informasjon om hvilke data som inngår som basisverdier, henvises til de relevante kapitler for de analyserte avfallstypene til materialgjenvinning (kapittel 5.3, 6.3, 7.3, 8.3 og 9.3).

4.4.4 Biologisk behandling; biogassproduksjon

Figur 8 viser prinsipielt hvordan systemtypen biologisk behandling; biogassproduksjon er bygget opp i modellen.



Figur 8 Prinsippskisse for systemtypen biologisk behandling: biogassproduksjon (stiplet linje viser scenario for erstattet varme, jfr. beskrivelse i kapittel 4.5)

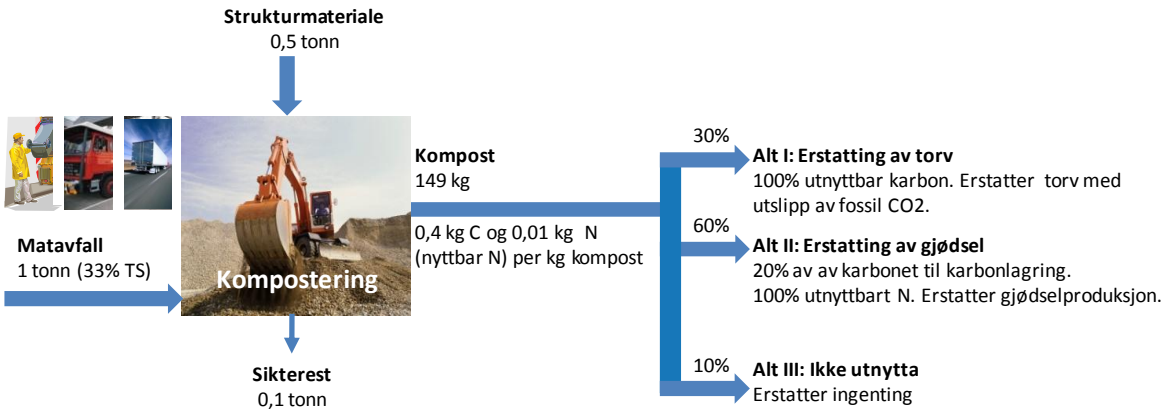
Systemet starter med at det våtorganiske avfallet transporteres (kildesortert) til et biogassanlegg. Her gjennomgår avfallet en biogassprosess, og de potensielle klimagassutslippene fra prosessen, inkludert eventuelle sorterings- eller andre forbehandlingsprosesser, belastes denne livsløpsfasen. Videre forutsettes at mengde produsert biogass blir utnyttet til enten drivstoff, varme eller elektrisitet, og at bioresten utnyttes som gjødsel og erstatter kunstgjødsel.

For data til selve biogassprosessen og erstatning av materiale og energi, er det benyttet en blanding av designdata (Cambi, 2005) og litteraturdata (SGC, 2006, Bioforsk, 2008).

For detaljert informasjon om hvilke data som inngår som basisverdier, vises til kapittel 10.3.

4.4.5 Biologisk behandling; kompostering

Figur 9 viser prinsipielt hvordan systemtypen biologisk behandling; kompostering er bygget opp i modellen.



Figur 9 Prinsippskisse for systemtypen biologisk behandling: kompostering

Systemet starter med at det våtorganiske avfallet transporteres (kildesortert) til et komposteringsanlegg. Her gjennomgår avfallet en komposteringsprosess, og de potensielle klimagassutslippene fra prosessen, inkludert eventuelle sorterings- eller andre forbehandlingsprosesser, belastes denne livsløpsfasen. Videre forutsettes at mengde produsert kompost utnyttes som et jordforbedringsmiddel og erstatter delvis torv og delvis kunstgjødsel.

For data til selve komposteringsprosessen og erstatning av materiale, er det benyttet litteraturdata (Berg, 2004, Bioforsk, 2008).

For detaljert informasjon om hvilke data som inngår som basisverdier, henvises til kapittel 4.2 og 10.4.

4.5 DATAGRUNNLAG ERSTATTET ENERGI

Det vises til innledende beskrivelser i kapittel 2.4 vedrørende valg av hvilke energibærere som forutsettes erstattet av avfallsprodusert energi. Som basisverdier for hvilke energibærere produsert elektrisitet og varme fra henholdsvis deponigass og forbrenningsanlegg erstatter, er følgende forutsatt:

- Produsert elektrisitet erstatter elektrisitetsproduksjon for 2006 i henhold til Nordel-miks (Nordel, 2006)
- Produsert varme erstatter norsk fjernvarmemiks for 2006 (Norsk Fjernvarme, 2009)

Dette er i tråd med generell LCA-metodikk i forhold til at analysen representerer et historisk perspektiv ved å presentere netto klimagassutslipp tilknyttet avfallshåndtering i 2006 (Tillmann, 2000, Ekvall et al., 2007).

Tabell 3 under viser elektrisitetsmiksen for Nordel i 2006, fordelt på de ulike energibærerne.

Tabell 3 Nordel-miks for elektrisitetsproduksjon i 2006 (Nordel, 2006)

Energy source	Denmark	Finland	Norway	Sweden	Sum	Share (%)
Wind power	6,1	0,2	0,7	1	8	2,10 %
Other 1) 2)	0,2			0,6	0,8	0,20 %
Biofuel	0,8	10,1	0,4	8,2	19,5	5,10 %
Waste	1,7	1,1	0,3	1,1	4,2	1,10 %
Peat		6,2		0,1	6,3	1,60 %
Natural gas	8,5	9,8	0,4	0,9	19,6	5,10 %
Oil	0,1	1,8		1,2	3,1	0,80 %
Coal	25,8	16,1		1	42,9	11,20 %
Nuclear power		22		65	87	22,70 %
Hydro power		11,3	119,9	61,2	192,4	50,10 %
Total production	43,2	78,6	121,7	140,3	383,8	100 %

Norden er del av ett kraftmarked, via kraftbørsen Nord Pool, og kraften flyter fritt mellom de nordiske land. I tillegg forholder alle kjøpere av elektrisitet seg til et økonomisk system ved at de inngår avtaler om kjøp av kraft. Det er disse avtalene som 'bestemmer' hvor elektrisiteten kommer fra, og man forfølger ikke det fysiske produktet fra produsent til kunde (elektroner, spenning). Systemet kan derfor sammenlignes med pengesystemet, der man har en avtale med arbeidsgiver om utbetaling av lønn, uten at man faktisk vet at de fysiske pengene kommer derifra. Det er derfor valgt å se bort fra eventuelle begrensninger i kabeloverføringer osv. Å forholde seg til det økonomiske systemet ved elektrisitetskjøp er i tråd med intensjonene bak opprinnelsesgarantert elektrisitet (Energipartner, 2008 og Fortum, 2008, Statnett, 2008). Med bakgrunn i dette, forutsettes at den elektrisiteten som erstattes, tilsvarer Nordel-miksen for 2006 (jfr. Tabell 3 over). Denne el-miksen representerer produksjonsmiksen i Nordel-området, og er den elektrisitetsmiksen som er mest lik den økonomiske omsatte Nordpool-miksen.

På samme måte forutsettes at den varmeproduksjonen som erstattes av produsert varme fra henholdsvis forbrenningsanlegg og deponigassanlegg, erstatter fjernvarmemiksen slik den var i Norge i 2006 (Norsk Fjernvarme, 2009). Tabell 4 under viser fjernvaremiksen i Norge i 2006, fordelt på de ulike energibærerne.

Tabell 4 Fjernvarmemiks i Norge, 2006 (Norsk Fjernvarme, 2009)

Energibærere	% -andel
Olje	8 %
Kull	2 %
Avfall	33 %
Ind. Spillvarme	10 %
Bio	17 %
Varmepumpe	7 %
El-kjel	18 %
Gass	5 %
Totalt	100 %

Som beskrevet i kapittel 2.4, er valg av energibærere som erstattes av produsert energi fra avfall er en svært viktig forutsetning for analysene. For å få frem dette, er det i tillegg valgt å analysere et scenario som antar at fjernvarme fra avfallsforbrenning i 2006 hovedsaklig erstattet utrangerte olje- og elkjeler med en fordeling 75%/25% (Norsk Fjernvarme, 2008). Det presiseres at dette scenarioet kun viser et eksempel på et aktuelt fremtidsscenario i forhold erstatning av energibærere.

Med bakgrunn i at type energibærere som forutsettes erstattet har stor betydning for resultatene, er det viktig å vurdere dette grundig i forhold til bruk av resultatene. Dersom analysene skal benyttes til å beskrive mulige fremtidige scenarioer, anbefales det å gjennomføre scenarioanalyser med ulike alternative marginale energibærere for både elektrisitet og varme (vind, naturgass, kjernekraft, bioenergi m.m.), slik at resultatene kan vurderes nærmere i forhold til robusthet for dette. Dette er svært viktig dersom resultatene

skal benyttes som beslutningsunderlag for fremtidige valg av behandlingsløsninger (Mathiesen et al., 2008).

4.6 HVORDAN BRUKE EGNE DATA I MODELLEN?

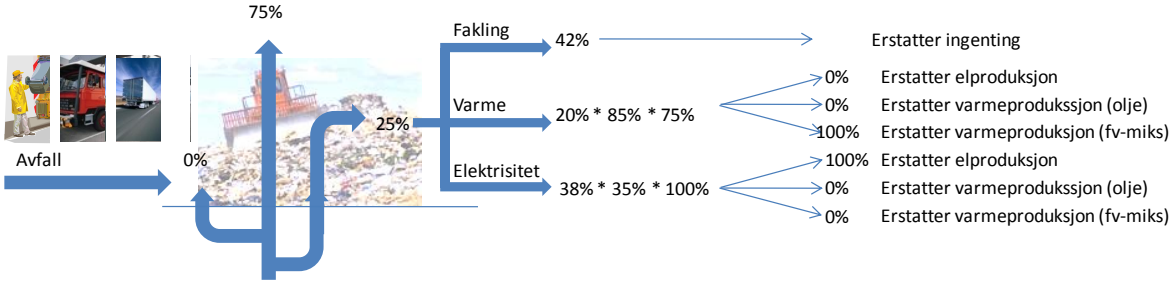
I de følgende kapitler er det for hver avfallstype presentert hvilke data og forutsetninger som kan endres i henhold til regionale/lokale forhold (basisverdier), og hvilke data som er faste (faste verdier og undermodeller). Ved å endre basisverdiene og tilpasse disse til lokale/regionale forhold, kan det utarbeides klimaregnskap for avfallshåndtering av de valgte avfallstyper for utvalgte regioner.

5 SYSTEMBESKRIVELSE GLASSEMBALLASJE

Dette kapittelet beskriver datagrunnlag og forutsetninger for systemene og livsløpsfasene for behandling av glassemballasje.

5.1 GLASSEMBALLASJE TIL DEPONI

Figur 10 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av glassemballasje til deponi.



Figur 10 Livsløp for glassemballasje til deponi.

5.1.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, vises til kapittel 4.4.1. I tillegg til dette er alle de definerte basisverdiene for systemet glassemballasje til deponi, presentert i Tabell 5. I tabellen vises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av respektiv basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 5 Basisverdier for glassemballasje til deponi.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Glass-emballasje	Deponi	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Glass-emballasje	Deponi	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Glass-emballasje	Deponi	Transport	Transportetappe 3	2	km	T3_dep_alle_h

5.1.2 *Faste verdier og undermodeller*

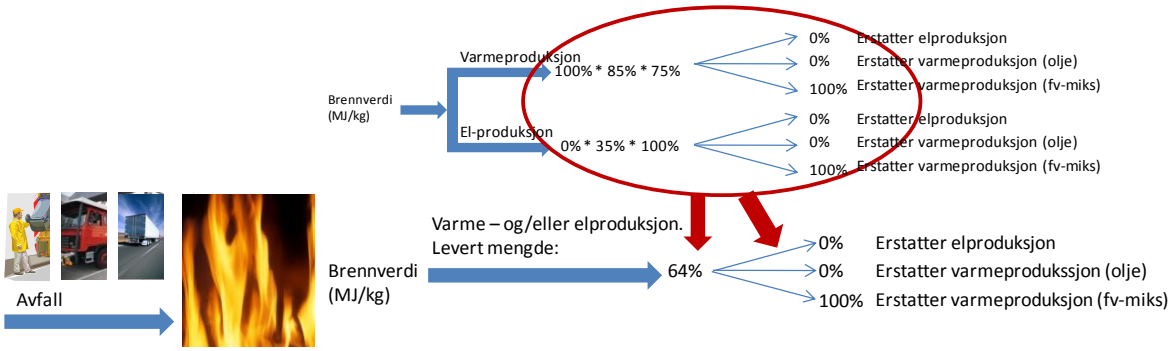
Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet glassemballasje til deponi, er presentert i Tabell 6. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 6 Faste verdier og undermodeller for glassemballasje til deponi.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Glass-emballasje	Deponi	Behandling	Deponigasspotensial	0	kg CH4/kg avfall	Ecoinvent 2.0/ Depg_gemb_kg
Glass-emballasje	Deponi	Behandling	Klimagassutslipp fra drift av deponi	Modell	-	Ecoinvent 2.0

5.2 *GLASSEMBALLASJE TIL ENERGIUTNYTTELSE*

Figur 11 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av glassemballasje til energiutnyttelse.



Figur 11 Livsløp for glassemballasje til energiutnyttelse.

5.2.1 *Basisverdier*

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.2. Utover dette er alle de definerte basisverdiene for systemet glassemballasje til energiutnyttelse presentert i Tabell 7. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 7 Basisverdier for glassemballasje til energiutnyttelse.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 3	14	km	T3_enNor_alle_h
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved utnyttelse i Norge	0,64	-	En_enutn_N
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta el ved utnyttelse i Norge	0(0,25)	-	En_and_erst_e_N
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved utnyttelse i Norge	0(0,75)	-	En_and_erst_o_N
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved utnyttelse i Norge	1(0)	-	En_and_erst_f_N

5.2.2 Faste verdier og undermodeller

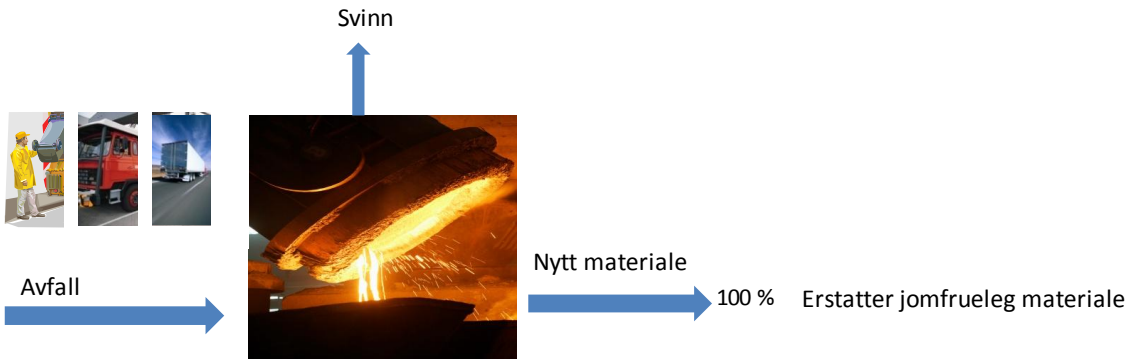
Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet glassemballasje til energiutnyttelse, er presentert i Tabell 8. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 8 Faste verdier og undermodeller for glassemballasje til energiutnyttelse.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	0,2	MJ/kg	SFT, 1996/ Hn_glaemb
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Behandling	Klimagassutslipp ved forbrenning	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Glass-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra	Modell	-	Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009

5.3 GLASSEMBALLASJE TIL MATERIALGJENVINNING

Figur 12 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av glassemballasje til materialgjenvinning.



Figur 12 Livsløp for glassemballasje til materialgjenvinning.

5.3.1 Basisverdier

Studien har analysert materialgjenvinningssystemer som representerer at glassemballasje resirkuleres til nytt glass (closed loop recycling) selv om dette i liten grad skjer i Norge i dag da innsamlet glass blir brukt som råstoff til Glasopor skumglass, til Glava isolasjon, samt eksport til glassverk i Europa (www.glassogmetall.no/). Med bakgrunn i at studien ikke har hatt ressurser til å oppdrive spesifikke forutsetninger for systemet med materialgjenvinning av glass til skumplast og isolasjon, er det valgt å benytte generelle data for resirkulering til nytt glass. Som beskrevet i kapittel 4.4.3, inneholder ikke databasesettet som er benyttet produksjon av 100% jomfruelig glass, og materialgjenvinningsanalysen får således for dårlig kreditt ved materialgjenvinning dersom gjenvunnet glass erstatter jomfruelig glass. Da glass i Norge stort sett blir gjenvunnet til andre materialer enn ny glassemballasje, er det ikke justert for dette. Årsaken til det er at det I følge litteraturdata (WRAP, 2006), er det store forskjeller i klimagassbesparelsene mellom closed loop og open-loop recycling, altså om glass blir resirkulert til nytt glass eller andre materialer. Med bakgrunn i dette, er resultatene for materialgjenvinning av glass svært usikre, dels fordi det ikke er 100% jomfruelig glass som erstattes i analysen, og dels fordi glass i Norge blir resirkulert til andre produkter enn nytt glass.

Prosjektet har ikke hatt ressurser til å oppdrive spesifikke data for den faktiske situasjonen for glassgjenvinning i Norge, og det anbefales derfor at det gjøres en spesifikk studie for resirkulering av glassemballasje (på samme måte som det er gjort for plastemballasje).

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, vises til kapittel 4.4.3. I tillegg er alle de definerte basisverdiene for systemet glassemballasje til materialgjenvinning, presentert i Tabell 9. I tabellen vises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av respektiv basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 9 Basisverdier for glassemballasje til materialgjenvinning.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Glass-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_mgj_glaemb_h
Glass-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 2	50	km	T2_mgj_glaemb_h
Glass-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 3	226	km	T3_mgj_glaemb_h

5.3.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet glassemballasje til materialgjenvinning, er presentert i Tabell 10. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 10 Faste verdier og undermodeller for glassemballasje til materialgjenvinning.

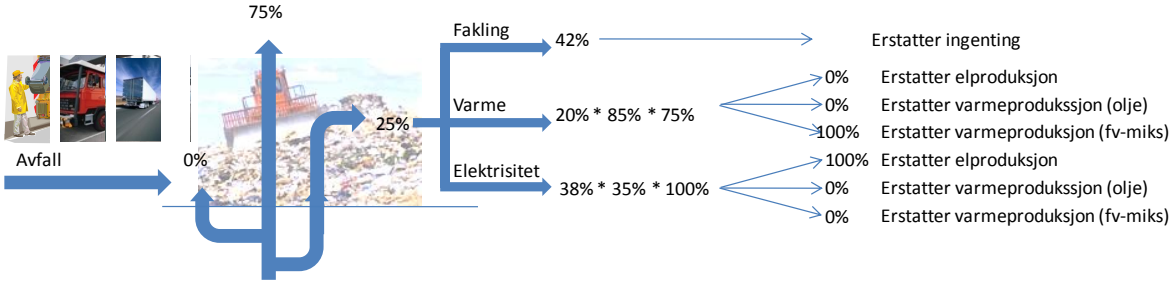
Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Glass-emballasje	Material-gjenvinning	Behandling	Klimagassutslipp fra materialgjenvinnings-prosess	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Glass-emballasje	Material-gjenvinning	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon av jomfruelig glass	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Glass-emballasje	Material-gjenvinning	Erstatting	Andel erstatta materiale ved produksjon av resirkulert materiale	1	-	Mgjv_mutn_gemb

6 SYSTEMBESKRIVELSE METALLEMBALLASJE

Dette kapittelet beskriver datagrunnlag og forutsetninger for systemene og livsløpsfasene for behandling av metallemballasje.

6.1 METALLEMBALLASJE TIL DEPONI

Figur 13 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av metallemballasje til deponi.



Figur 13 Livsløp for metallemballasje til deponi.

6.1.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, vises til kapittel 4.4.1. I tillegg til dette er alle de definerte basisverdiene for systemet metallemballasje til deponi, presentert i Tabell 11. I tabellen henvises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av respektiv basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 11 Basisverdier for metallemballasje til deponi.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Metall-emballasje	Deponi	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Metall-emballasje	Deponi	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Metall-emballasje	Deponi	Transport	Transportetappe 3	2	km	T3_dep_alle_h

6.1.2 *Faste verdier og undermodeller*

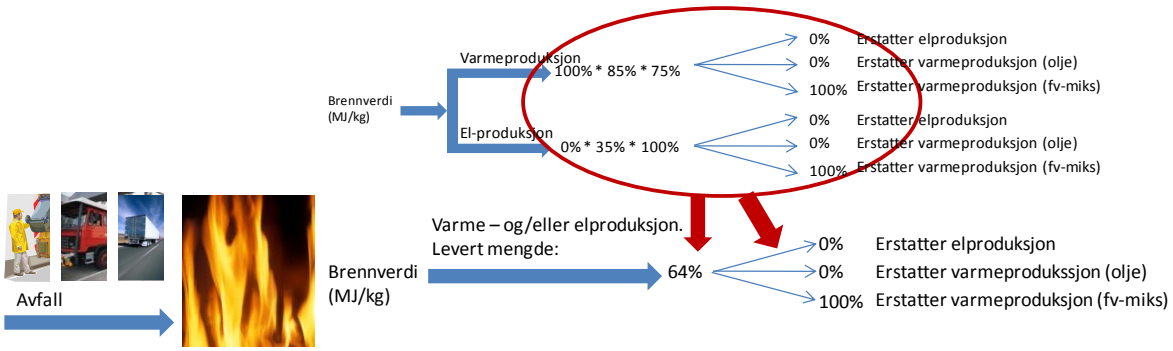
Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet metallemballasje til deponi, er presentert i Tabell 12. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 12 Faste verdier og undermodeller for metallemballasje til deponi

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Metall-emballasje	Deponi	Behandling	Deponigasspotensial	0	kg CH4/kg avfall	Ecoinvent 2.0/ Depg_memb_kg
Metall-emballasje	Deponi	Behandling	Klimagassutslipp fra drift av deponi	Modell	-	Ecoinvent 2.0

6.2 *METALLEMBALLASJE TIL ENERGIUTNYTTELSE*

Figur 14 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av metallemballasje til energiutnyttelse.



Figur 14 Livsløp for metallemballasje til energiutnyttelse.

6.2.1 *Basisverdier*

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.2. Utover dette er alle de definerte basisverdiene for systemet metallemballasje til energiutnyttelse presentert i Tabell 13. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 13 Basisverdier for metallemballasje til energiutnyttelse.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 3	14	km	T3_enNor_alle_h
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved utnyttelse i Norge	0,64	-	En_enutn_N
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta el ved utnyttelse i Norge	0(0,25)	-	En_and_erst_e_N
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved utnyttelse i Norge	0(0,75)	-	En_and_erst_o_N
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved utnyttelse i Norge	1(0)	-	En_and_erst_f_N

6.2.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet metallemballasje til energiutnyttelse, er presentert i Tabell 14. I tabellen vises til en referanse og/eller kode. Referansen viser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av respektiv verdi/undermodell.

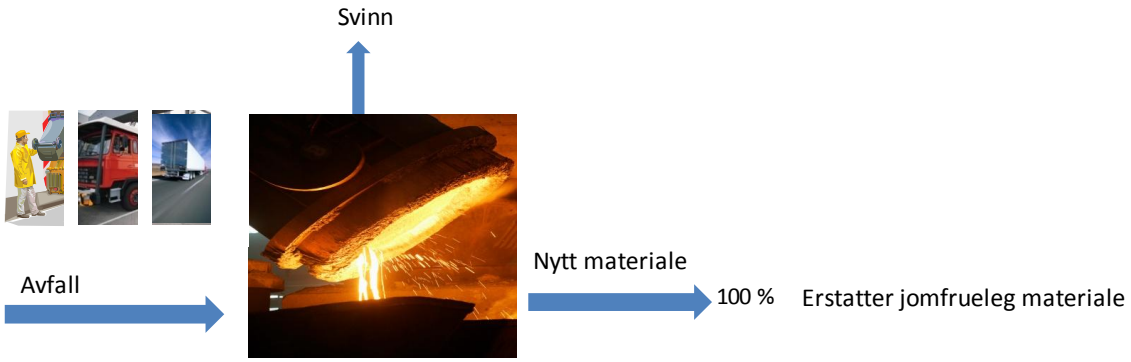
Tabell 14 Faste verdier og undermodeller for metallemballasje til energiutnyttelse.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	0,48	MJ/kg	SFT 96:16/ Hn_metemb
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Behandling	Klimagassutslipp ved forbrenning av metallemballasje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Metall-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra	Modell	-	Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009

	norsk fjernvarmemiks, 2006	Energibærere: Ecoinvent 2.0

6.3 METALLEMBALLASJE TIL MATERIALGJENVINNING

Figur 15 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av metallemballasje til materialgjenvinning



Figur 15 Livsløp for metallemballasje til materialgjenvinning.

6.3.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.3. I tillegg til dette er alle de definerte basisverdiene for systemet metallemballasje til materialgjenvinning, presentert i Tabell 15. I tabellen henvises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 15 Basisverdier for metallemballasje til materialgjenvinning.

Avfallstype	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_mgj_metemb_h
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 2	50	km	T2_mgj_metemb_h
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 3	226	km	T3_mgj_metemb_h

6.3.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet metallemballasje til materialgjenvinning, er presentert i Tabell 16. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 16 Faste verdier og undermodeller for metallemballasje til materialgjenvinning.

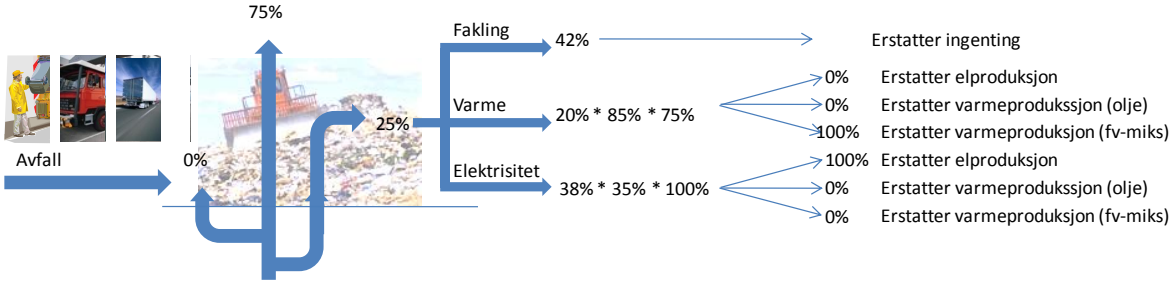
Avfallstype	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Behandling	Klimagassutslipp ved materialgjenvinning	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Behandling	Andel aluminium i kildesortert metallemballasje	0,1	-	Norsk Glass- og metallgjenvinning, 2008/85 And_alimetall_h
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Behandling	Andel blikk/stål kildesortert metallemballasje	0,9	-	Norsk Glass- og metallgjenvinning, 2008/beregnes automatisk basert på andel aluminium
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Erstatting	Klimagassutslipp ved produksjon av jomfruelig materiale	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Erstatting	Andel erstatta materiale ved produksjon av resirkulert materiale	1	-	Mgjv_mutn_memb

7 SYSTEMBESKRIVELSE PAPIR

Dette kapittelet beskriver datagrunnlag og forutsetninger for systemene og livsløpsfasene for behandling av papir.

7.1 PAPIR TIL DEPONI

Figur 16 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av papir til deponi



Figur 16 Livsløp for papir til deponi.

7.1.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.1. I tillegg til dette er alle de definerte basisverdiene for systemet papir til deponi, presentert i Tabell 17. I tabellen henvises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 17 Basisverdier for papir til deponi.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Papir	Deponi	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Papir	Deponi	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Papir	Deponi	Transport	Transportetappe 3	2	km	T3_dep_alle_h
Papir	Deponi	Behandling	Andel oppfanga deponigass	0,25	-	Dep_gassfangst

Papir	Deponi	Behandling	Andel deponigass som blir oksidert i topplaget	0	-	Dep_gass_oksid
Papir	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til fakling	0,42	-	Depg_and_fakkel
Papir	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til elproduksjon	0,38	-	Depg_and_e
Papir	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til varmeproduksjon	0,2	-	Depg_and_v
Papir	Deponi	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved varmeproduksjon	0,64	-	Depg_enutn_v
Papir	Deponi	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved elproduksjon	0,35	-	Depg_enutn_e
Papir	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved varmeproduksjon	0 (0,25)	-	Dg_v_and_erst_e
Papir	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrennning ved varmeproduksjon	0 (0,75)	-	Dg_v_and_erst_o
Papir	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved varmeproduksjon	1 (0)	-	Dg_e_and_erst_f
Papir	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved elproduksjon	1	-	Dg_e_and_erst_e
Papir	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrennning ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_o
Papir	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_f

7.1.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet papir til deponi, er presentert i Tabell 18. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

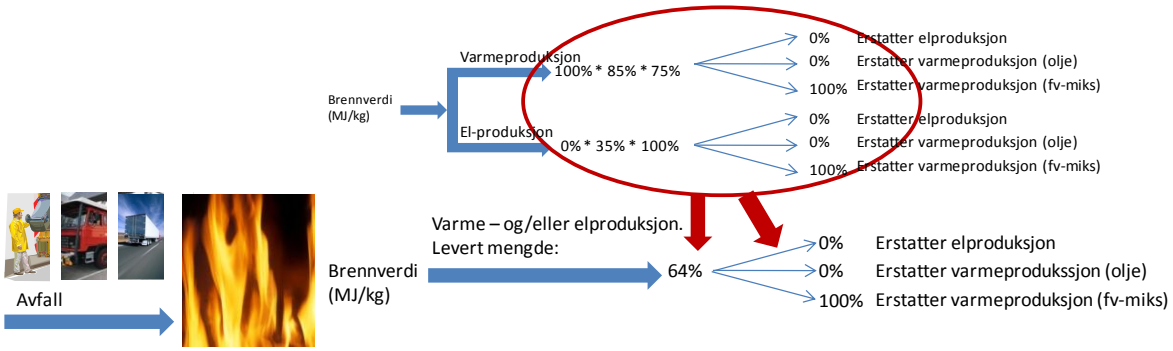
Tabell 18 Faste verdier og undermodeller for papir til deponi

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Papir	Deponi	Behandling	Deponigasspotensial	0,132	kg CH4/kg avfall	SSBs deponimodell (SSB, 2008a)/ Depg_papir_kg

Papir	Deponi	Behandling	Brennverdi deponigass (CH4)	50,2	MJ/kg CH4	Naturressurser og miljø, 2006/ Depg_Hn_per_kg
Papir	Deponi	Behandling	Klimagassutslipp fra deponigassforbrenning	Modell	-	BUS, 2005
Papir	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Papir	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Papir	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra norsk fjernvarmemiks, 2006	Modell	-	Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009 Energibærere: Ecoinvent 2.0

7.2 PAPIR TIL ENERGIUTNYTTELSE

Figur 17 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av papir til energiutnyttelse.



Figur 17 Livsløp for papir til energiutnyttelse.

7.2.1 Basisverdier

Det For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.2. Utover dette er alle de definerte basisverdiene for systemet papir til energiutnyttelse presentert i Tabell 19. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 19 Basisverdier for papir til energiutnyttelse.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Papir	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Papir	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Papir	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 3	14	km	T3_enNor_alle_h
Papir	Energiutnyttelse	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved utnyttelse i Norge	0,64	-	En_enutn_N
Papir	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta el ved utnyttelse i Norge	0 (0,25)	-	En_and_erst_e_N
Papir	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved utnyttelse i Norge	0(0,75)	-	En_and_erst_o_N
Papir	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved utnyttelse i Norge	1(0)	-	En_and_erst_f_N

7.2.2 Faste verdier og undermodeller

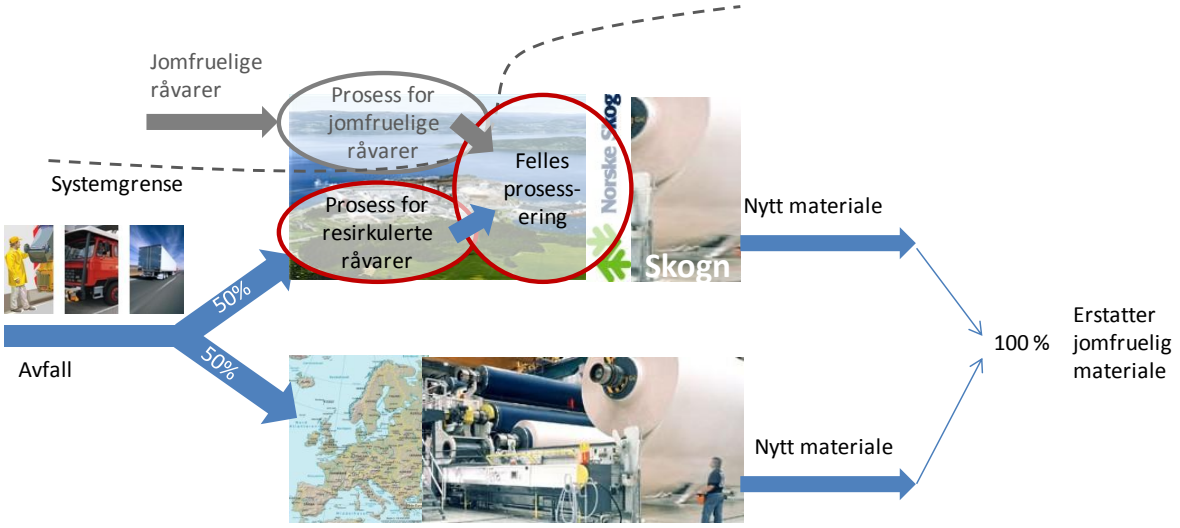
Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet papir til energiutnyttelse, er presentert i Tabell 20. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 20 Faste verdier og undermodeller for papir til energiutnyttelse.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Papir	Energiutnyttelse	Behandling	Andel avispapir i papir	0,5	-	Antatt/ And_avisipapr_h
Papir	Energiutnyttelse	Behandling	Andel magasinpapir og annet papir	0,5	-	Beregnes automatisk på basis av andel avispapir
Papir	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	15	MJ/kg	SFT, 1996/Hn_papir
Papir	Energiutnyttelse	Behandling	Klimagassutslipp ved forbrenning av papir	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Papir	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Papir	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Papir	Energiutnyttelse	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra norsk	Modell	-	Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009

7.3 PAPIR TIL MATERIALGJENVINNING

Figur 18 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av papir til materialgjenvinning.



Figur 18 Livsløp for papir til materialgjenvinning.

7.3.1 Basisverdier

Som basisverdi for materialgjenvinning av papir, er det benyttet data fra Norsk Industri (Norsk Industri, 2008) for andel innsamlet papir som materialgjenvinnes i Norge (50%) og hvor mye som sendes til materialgjenvinning i utlandet (50%). Dette er vist i Figur 18 over.

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.3. I tillegg til dette er alle de definerte basisverdiene for systemet papir til materialgjenvinning, presentert i Tabell 21. I tabellen henvises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 21 Basisverdier for papir til materialgjenvinning.

Avfalls-	Systemtype	Livsløps-	Parameter	Verdi	Enhet	Kode

type		fase				
Papir	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_mgj_papir_h
Papir	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 2	135	km	T2_mgj_papir_h
Papir	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 3	652	km	T3_mgj_papir_h
Papir	Material-gjenvinning	Behandling	Andel materialgjenvunnet papir som blir behandla ved Norske Skog Skogn	0,5	-	Mgjv_papr_skogn
Papir	Material-gjenvinning	Behandling	Andel materialgjenvunnet papir som blir eksportert og behandla utanlands	0,5	-	Mgjv_papr_europ
Papir	Material-gjenvinning	Erstatting	Andel erstatta materiale ved produksjon av resirkulert materiale	1	-	Mgjv_mutn_papir

7.3.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet papir til materialgjenvinning, er presentert i Tabell 22. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 22 Faste verdier og undermodeller for papir til materialgjenvinning.

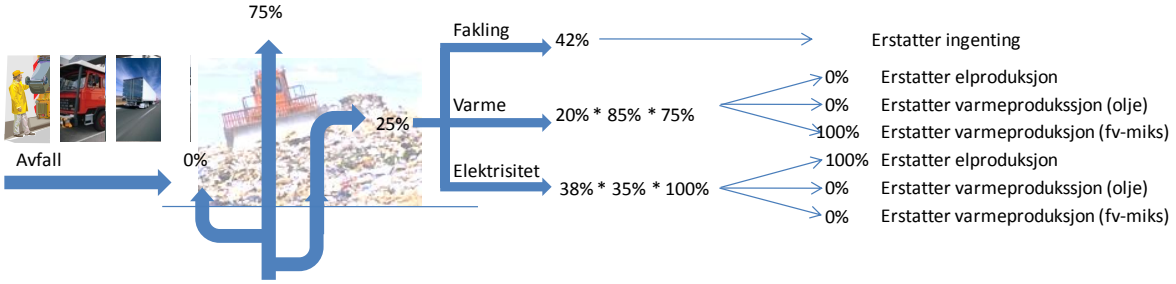
Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Papir	Material-gjenvinning	Behandling	Klimagassutslipp ved resirkuleringsprosess Europa	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Papir	Material-gjenvinning	Behandling	Klimagassutslipp ved resirkuleringsprosess Norge	Modell	-	Spesifikke data innhentet fra Norske Skog Skogn (Norske Skog, 2008)
Papir	Material-gjenvinning	Erstatning	Klimagassutslipp ved produksjon av jomfruelig papir	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Papir	Material-gjenvinning	Erstatting	Andel erstatta materiale ved produksjon av resirkulert materiale	1	-	Mgjv_mutn_papir

8 SYSTEMBESKRIVELSE PAPP

Dette kapittelet beskriver datagrunnlag og forutsetninger for systemene og livsløpsfasene for behandling av papp.

8.1 PAPP TIL DEPONI

Figur 19 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av papp til deponi.



Figur 19 Livsløp for papp til deponi.

8.1.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.1. I tillegg til dette er alle de definerte basisverdiene for systemet papp til deponi, presentert i Tabell 23. I tabellen henvises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 23 Basisverdier for papp til deponi.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Papp	Deponi	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Papp	Deponi	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Papp	Deponi	Transport	Transportetappe 3	2	km	T3_dep_alle_h
Papp	Deponi	Behandling	Andel oppfanga deponigass	0,25	-	Dep_gassfangst
Papp	Deponi	Behandling	Andel deponigass som blir oksidert i topplaget	0	-	Dep_gass_oksid

Papp	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til fakling	0,42	-	Depg_and_fakkel
Papp	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til elproduksjon	0,38	-	Depg_and_e
Papp	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til varmeproduksjon	0,2	-	Depg_and_v
Papp	Deponi	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved varmeproduksjon	0,64	-	Depg_enutn_v
Papp	Deponi	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved elproduksjon	0,35	-	Depg_enutn_e
Papp	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved varmeproduksjon	0 (0,25)	-	Dg_v_and_erst_e
Papp	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrennning ved varmeproduksjon	0 (0,75)	-	Dg_v_and_erst_o
Papp	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved varmeproduksjon	1 (0)	-	Dg_e_and_erst_f
Papp	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved elproduksjon	1	-	Dg_e_and_erst_e
Papp	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrennning ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_o
Papp	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_f

8.1.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet papp til deponi, er presentert i Tabell 24. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

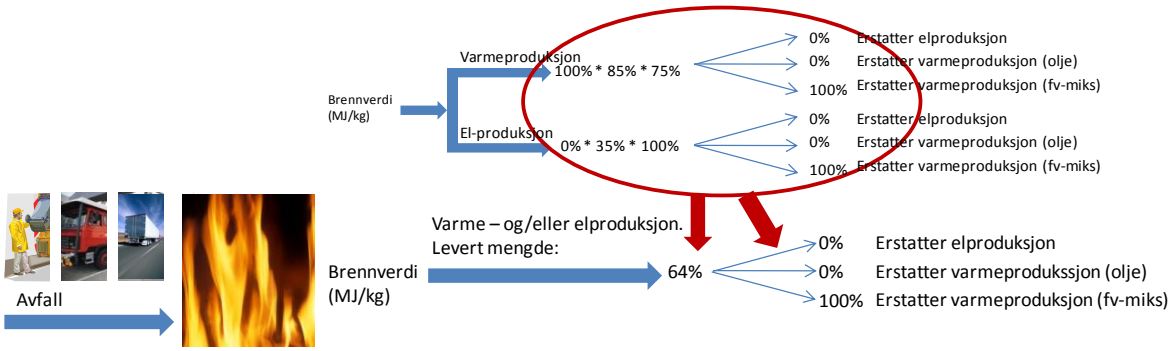
Tabell 24 Faste verdier og undermodeller for papp til deponi.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Papp	Deponi	Behandling	Deponigasspotensial	0,132	kg CH4/kg avfall	SSBs deponimodell (SSB, 2008a)/ Depg_papp_kg
Papp	Deponi	Behandling	Brennverdi deponigass (CH4)	50,2	MJ/kg CH4	Naturressurser og miljø, 2006/

						Depg_Hn_per_kg
Papp	Deponi	Behandling	Klimagassutslipp fra deponigassforbrenning	Modell	-	BUS, 2005
Papp	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Papp	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Papp	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra norsk fjernvarmemiks, 2006			Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009 Energibærere: Ecoinvent 2.0

8.2 PAPP TIL ENERGIUTNYTTELSE

Figur 20 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av papp til energiutnyttelse.



Figur 20 Livsløp for papp til energiutnyttelse.

8.2.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.2. Utover dette er alle de definerte basisverdiene for systemet papp til energiutnyttelse presentert i Tabell 25. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 25 Basisverdier for papp til energiutnyttelse.

Avfalls-	System-type	Livsløps-	Parameter	Verdi	Enhet	Kode

type		fase				
Papp	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Papp	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Papp	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 3	14	km	T3_enNor_alle_h
Papp	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	15	MJ/kg	Hn_papp
Papp	Energiutnyttelse	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved utnyttelse i Norge	0,64	-	En_enutn_N
Papp	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta el ved utnyttelse i Norge	0 (0,25)	-	En_and_erst_e_N
Papp	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved utnyttelse i Norge	0(0,75)	-	En_and_erst_o_N
Papp	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved utnyttelse i Norge	1(0)	-	En_and_erst_f_N

8.2.2 Faste verdier og undermodeller

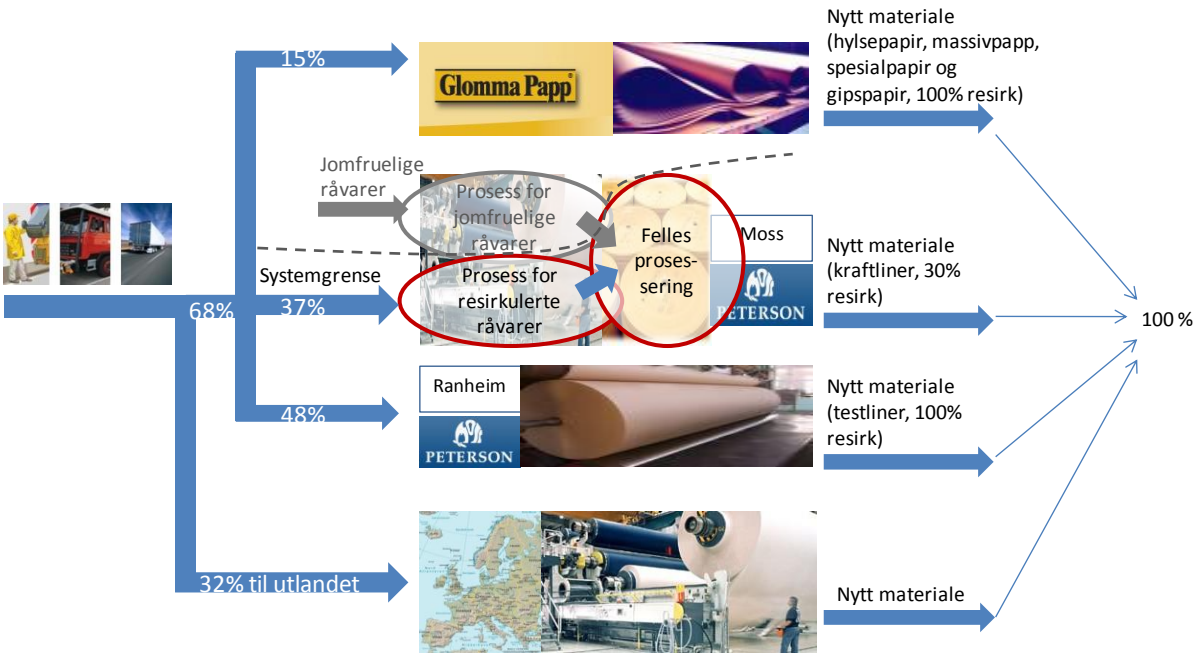
Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet papp til energiutnyttelse, er presentert i Tabell 26. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 26 Faste verdier og undermodeller for papp til energiutnyttelse

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Papp	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	15	MJ/kg	SFT 96:16/Hn_papp
Papp	Energiutnyttelse	Behandling	Klimagassutslipp ved forbrenning av papp	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Papp	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Papp	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Papp	Energiutnyttelse	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra norsk fjernvarmemiks, 2006	Modell	-	Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009 Energibærere: Ecoinvent 2.0

8.3 PAPP TIL MATERIALGJENVINNING

Figur 21 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av papp til materialgjenvinning.



Figur 21 Livsløp for papp til materialgjenvinning.

8.3.1 Basisverdier

Som basisverdi for materialgjenvinning av papp, er det benyttet data fra Norsk Resy (Norsk Resy, 2008) for andel innsamlet papp som materialgjenvinnes i Norge (68%) og hvor mye som sendes til materialgjenvinning i utlandet (32%). Dette er vist i Figur 21 over.

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.3. I tillegg til dette er alle de definerte basisverdiene for systemet papp til materialgjenvinning, presentert i Tabell 27. I tabellen henvises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 27 Basisverdier for papp til materialgjenvinning.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Papp	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_mgj_papp_h

Papp	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 2	35	km	T2_mgj_papp_h
Papp	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 3	444	km	T3_mgj_papp_h
Papp	Material-gjenvinning	Behandling	Andel av materialgjenvunnet papp som blir behandla ved Glomma Papp	0,1	-	Mgjv_papp_GP
Papp	Material-gjenvinning	Behandling	Andel av materialgjenvunnet papp som blir behandla ved Peterson Linerboard Ranheim	0,33	-	Mgjv_papp_PLR
Papp	Material-gjenvinning	Behandling	Andel av materialgjenvunnet papp som blir behandla ved Peterson Linerboard Moss	0,25	-	Mgjv_papp_PLM
Papp	Material-gjenvinning	Behandling	Andel av materialgjenvunnet papp som blir eksportert og behandla utenlands	0,32	-	Mgjv_papp_europ

8.3.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet papp til materialgjenvinning, er presentert i Tabell 28. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 28 Faste verdier og undermodeller for papp til materialgjenvinning.

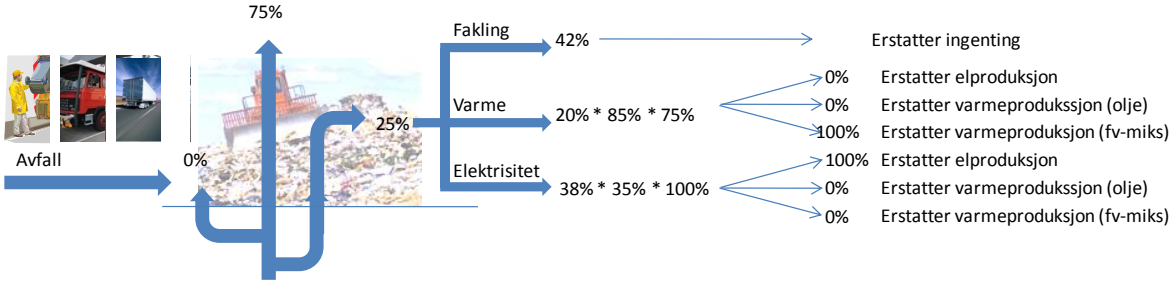
Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Papp	Material-gjenvinning	Behandling	Klimagassutslipp ved resirkuleringsprosess Europa	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Papp	Material-gjenvinning	Behandling	Klimagassutslipp ved resirkuleringsprosesser Norge	Modell	-	Spesifikke data innhentet (Peterson Linerboard, 2008)
Papp	Material-gjenvinning	Erstatning	Klimagassutslipp ved produksjon av jomfruelig papp	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Papp	Material-gjenvinning	Erstatting	Andel erstatta materiale ved produksjon av resirkulert materiale	1	-	Mgjv_mutn_papp

9 SYSTEMBESKRIVELSE PLASTEMBALLASJE

Dette kapittelet beskriver datagrunnlag og forutsetninger for systemene og livsløpsfasene for behandling av plastemballasje.

9.1 PLASTEMBALLASJE TIL DEPONI

Figur 22 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av plastemballasje til deponi.



Figur 22 Livsløp for plastemballasje til deponi.

9.1.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, vises til kapittel 4.4.1. I tillegg til dette er alle de definerte basisverdiene for systemet plastemballasje til deponi, presentert i Tabell 29. I tabellen vises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av respektiv basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 29 Basisverdier for plastemballasje til deponi.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Plast-emballasje	Deponi	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Plast-emballasje	Deponi	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Plast-emballasje	Deponi	Transport	Transportetappe 3	2	km	T3_dep_alle_h

9.1.2 *Faste verdier og undermodeller*

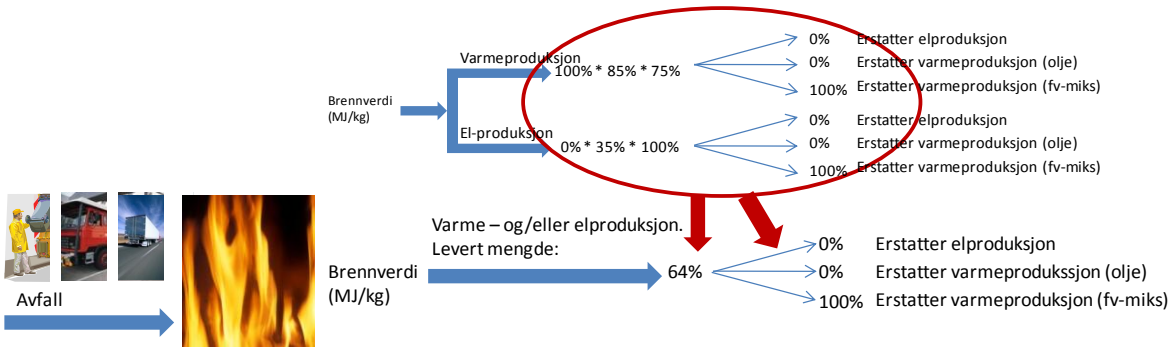
Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet plastemballasje til deponi, er presentert i Tabell 30. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 30 Faste verdier og undermodeller for plastemballasje til deponi.

Avfalls-type	System -type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Plast-emballasje	Deponi	Behandling	Deponigasspotensial	0	kg CH4/kg avfall	Ecoinvent 2.0/ Depg_plast_kg
Plast-emballasje	Deponi	Behandling	Klimagassutslipp fra drift av deponi	Modell	-	Ecoinvent 2.0

9.2 *PLASTEMBALLASJE TIL ENERGIUTNYTTELSE*

Figur 23 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av plastemballasje til energiutnyttelse.



Figur 23 Livsløp for plastemballasje til energiutnyttelse.

9.2.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.2. Utover dette er alle de definerte basisverdiene for systemet plastemballasje til energiutnyttelse presentert i

Tabell 31. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 31 Basisverdier for plastemballasje til energiutnyttelse.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 3	14	km	T3_enNor_alle_h
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	32,2	MJ/kg	Hn_plast
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved utnyttelse i Norge	0,64	-	En_enutn_N
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta el ved utnyttelse i Norge	0 (0,25)	-	En_and_erst_e_N
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved utnyttelse i Norge	0(0,75)	-	En_and_erst_o_N
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved utnyttelse i Norge	1(0)	-	En_and_erst_f_N

9.2.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet plastemballasje til energiutnyttelse, er presentert i Tabell 32. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

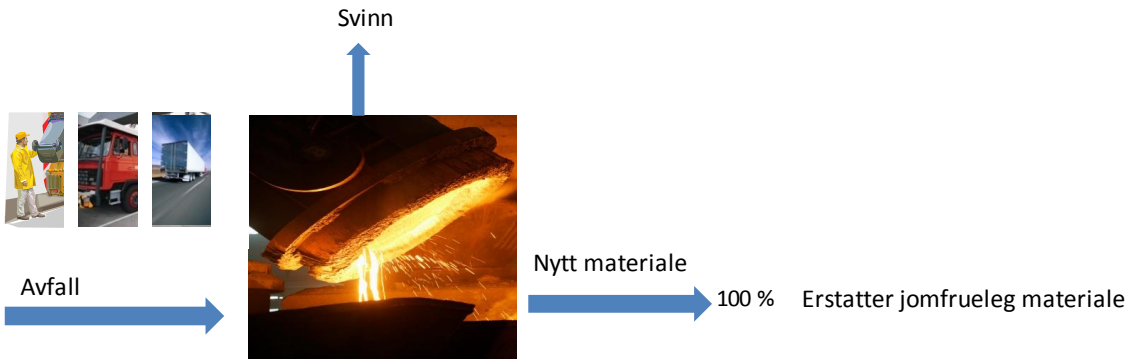
Tabell 32 Faste verdier og undermodeller for plastemballasje til energiutnyttelse

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode

Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	32,2	MJ/kg	SFT 96:16/ Hn_plast
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Behandling	Klimagassutslipp ved forbrenning av plastemballasje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Plast-emballasje	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra norsk fjernvarmemiks, 2006	Modell		Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009 Energibærere: Ecoinvent 2.0

9.3 *PLASTEMBALLASJE TIL MATERIALGJENVINNING*

Figur 24 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av plastemballasje til energiutnyttelse.



Figur 24 Livsløp for plastemballasje til materialgjenvinning.

Det er i modellen tatt hensyn til at det er svinn i materialgjenvinningsprosessen, og at dette går til forbrenning.

9.3.1 *Basisverdier*

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, vises til kapittel 4.4.3. I tillegg er alle de definerte basisverdiene for systemet plastemballasje til materialgjenvinning, presentert i Tabell 33. I tabellen vises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere

beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av respektiv basisverdi. Det presiseres at alle basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 33 Basisverdier for plastemballasje til materialgjenvinning.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Plast-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_mgj_plast_h
Plast-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 2	50	km	T2_mgj_plast_h
Plast-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transportetappe 3	836	km	T3_mgj_plast_h

9.3.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet plastemballasje til materialgjenvinning, er presentert i Tabell 34. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 34 Faste verdier og undermodeller for plastemballasje til materialgjenvinning.

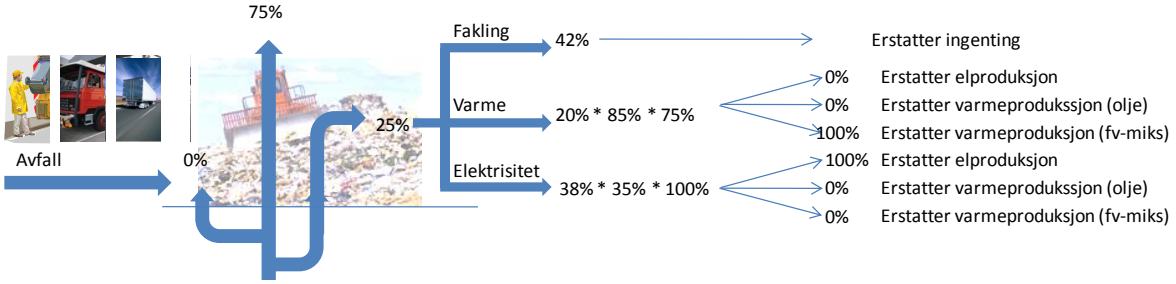
Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Plast-emballasje	Material-gjenvinning	Behandling	Klimagassutslipp ved resirkuleringsprosess	Modell	-	Spesifikke data fra materialgjenvinningsanlegg (Raadal et.al, 2008)
Plast-emballasje	Material-gjenvinning	Erstatting	Klimagassutslipp ved produksjon av jomfruelig plast	Modell	-	Spesifikke data fra materialgjenvinningsanlegg (Raadal et.al, 2008
Plast-emballasje	Material-gjenvinning	Erstatting	Andel erstatta materiale ved produksjon av resirkulert materiale	1	-	Mgjv_mutn_plast

10 SYSTEMBESKRIVELSE VÅTORGANISK AVFALL

Dette kapittelet beskriver datagrunnlag og forutsetninger for systemene og livsløpsfasene for behandling av våtorganisk avfall (matavfall).

10.1 VÅTORGANISK AVFALL TIL DEPONI

Figur 25 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av våtorganisk avfall til deponi.



Figur 25 Livsløp for våtorganisk avfall til deponi.

10.1.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.1. I tillegg til dette er alle de definerte basisverdiene for systemet våtorganisk avfall til deponi, presentert i Tabell 35. I tabellen henvises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 35 Basisverdier for våtorganisk avfall til deponi.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Våt-organisk	Deponi	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Våt-organisk	Deponi	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Våt-organisk	Deponi	Transport	Transportetappe 3	2	km	T3_dep_alle_h
Våt-organisk	Deponi	Behandling	Andel oppfanga deponigass	0,25	-	Dep_gassfangst
Våt-organisk	Deponi	Behandling	Andel deponigass som blir oksidert i topplaget	0	-	Dep_gass_oksid
Våt-organisk	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til fakling	0,42	-	Depg_and_fakkel
Våt-organisk	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til elproduksjon	0,38	-	Depg_and_e
Våt-organisk	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til varmeproduksjon	0,2	-	Depg_and_v
Våt-organisk	Deponi	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved varmeproduksjon	0,64	-	Depg_enutn_v
Våt-organisk	Deponi	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved elproduksjon	0,35	-	Depg_enutn_e
Våt-organisk	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved varmeproduksjon	0 (0,25)	-	Dg_v_and_erst_e
Våtorganisk	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrennning ved varmeproduksjon	0 (0,75)	-	Dg_v_and_erst_o
Våtorganisk	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved varmeproduksjon	1 (0)	-	Dg_e_and_erst_f
Våtorganisk	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved elproduksjon	1	-	Dg_e_and_erst_e
Våtorganisk	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrennning ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_o
Våtorganisk	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_f

10.1.2 Faste verdier og undermodeller

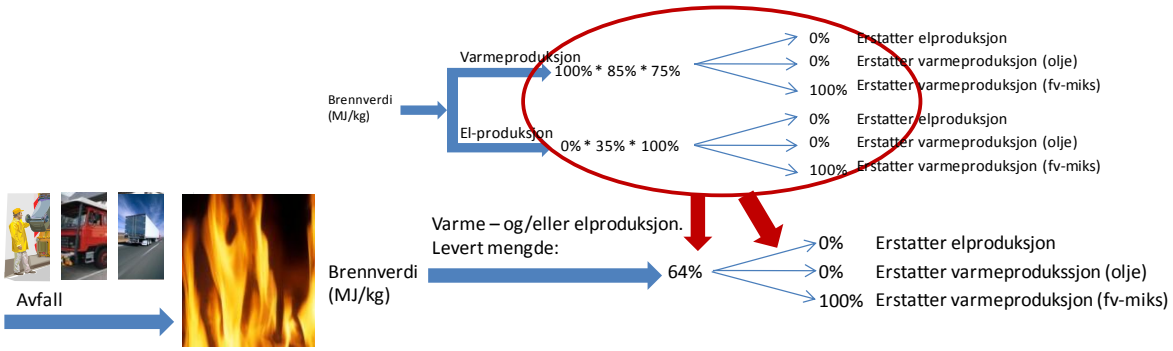
Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet våtorganisk avfall til deponi, er presentert i Tabell 36. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 36 Faste verdier og undermodeller for våtorganisk avfall til deponi.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Våt-organisk	Deponi	Behandling	Deponigasspotensial	0,05	kg CH4/kg avfall	SSBs deponimodell (SSB, 2008a)/ Depg_vatorg_kg
Våt-organisk	Deponi	Behandling	Brennverdi deponigass (CH4)	50,2	MJ/kg CH4	Naturressurser og miljø, 2006/ Depg_Hn_per_kg
Våt-organisk	Deponi	Behandling	Klimagassutslipp fra deponigassforbrenning	Modell	-	BUS, 2005
Våt-organisk	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Våt-organisk	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Våt-organisk	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra norsk fjernvarmemiks, 2006	Modell	-	Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009 Energibærere: Ecoinvent 2.0

10.2 VÅTORGANISK AVFALL TIL ENERGIUTNYTTELSE

Figur 26 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av våtorganisk avfall til energiutnyttelse.



Figur 26 Livsløp for våtorganisk avfall til energiutnyttelse.

10.2.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.2. Utover dette er alle de definerte basisverdiene for systemet våtorganisk avfall til energiutnyttelse presentert i Tabell 37. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 37 Basisverdier for våtorganisk avfall til energiutnyttelse.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 3	14	km	T3_enNor_alle_h
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved utnyttelse i Norge	0,64	-	En_enutn_N
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta el ved utnyttelse i Norge	0 (0,25)	-	En_and_erst_e_N
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved utnyttelse i Norge	0(0,75)	-	En_and_erst_o_N
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved utnyttelse i Norge	1(0)	-	En_and_erst_f_N

10.2.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet våtorganisk avfall til energiutnyttelse, er presentert i Tabell 38. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell

Tabell 38 Faste verdier og undermodeller for våtorganisk avfall til energiutnyttelse

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	2,3	MJ/kg	SFT 96:16/ Hn_vatorg
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Behandling	Klimagassutslipp ved forbrenning av våtorganisk avfall	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Våt-organisk	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009 Energibærere: Ecoinvent 2.0

10.3 VÅTORGANISK AVFALL TIL BIOLOGISK BEHANDLING; BIOGASSPRODUKSJON

Ved biogassproduksjon kan man hovedsaklig velge mellom 4 ulike måte å bruke/utnytte biogassen på:

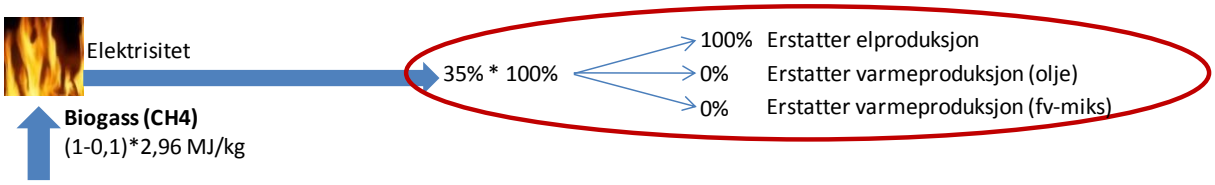
1. Varmeproduksjon
2. Elektrisitetsproduksjon
3. Drivstoffproduksjon (krever oppgradering av biogassen)
4. Fakling av biogassen (medfører ingen utnyttelse)

Det er også mulig å kombinere elektrisitets- og varmeproduksjon, f.eks. ved CHP-anlegg (Combined Heat and Power), og modellen er utviklet slik at en kombinasjon av varme- og el-

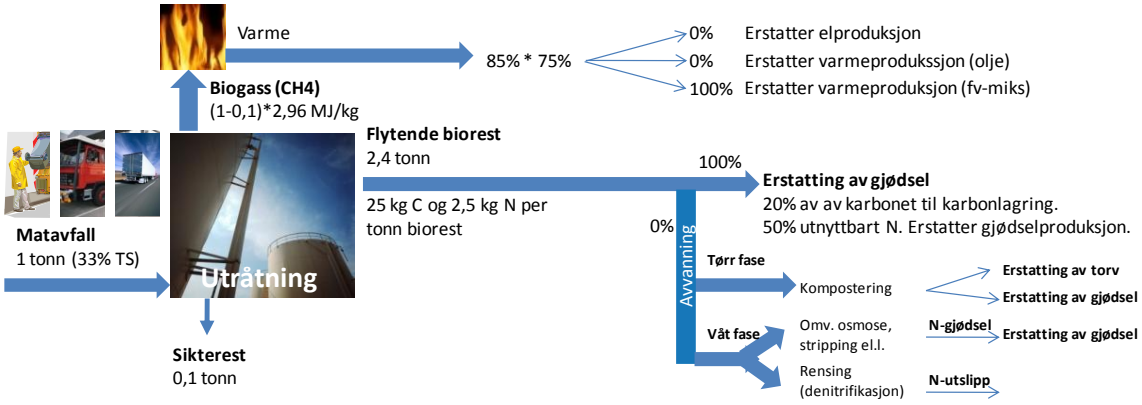
produksjon kan analyseres. Da må systemets totalvirkningsgrad, utnyttelsesgrad og total mengde energi som erstattes beregnes spesifikt.

I tillegg er det ulike måter å utnytte bioresten fra en biogassproduksjon på, jfr. Figur 27 under. I analysen er det forutsatt at all biorest utnyttes i flytende form (ingen avvanning) som gjødsel, og således erstatter produksjon av kunstgjødsel. Det er aktuelt med andre bruksområder/teknologier for utnyttelse av bioresten (f.eks. avvanning for videre kompostering m.m, jfr. Figur 27), men i samråd med Bioforsk (Bioforsk, 2008) er det forutsatt at bioresten blir utnyttet som flytende gjødsel. Årsaken til dette er det p.t. finnes best dokumentasjon (datamateriale som grunnlag for analysene) tilknyttet denne bruksformen.

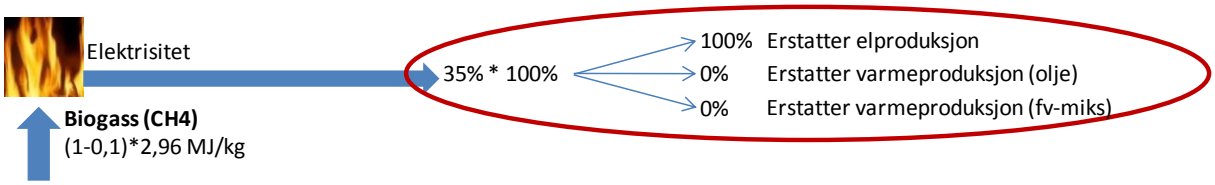
Figur 27, Figur 28 og Figur 29 viser prinsippskisser for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av våtorganisk avfall til biologisk behandling; biogassproduksjon med utnyttelse av biogassen til henholdsvis varmeproduksjon, elektrisitetsproduksjon og drivstoffproduksjon. Det presiseres at



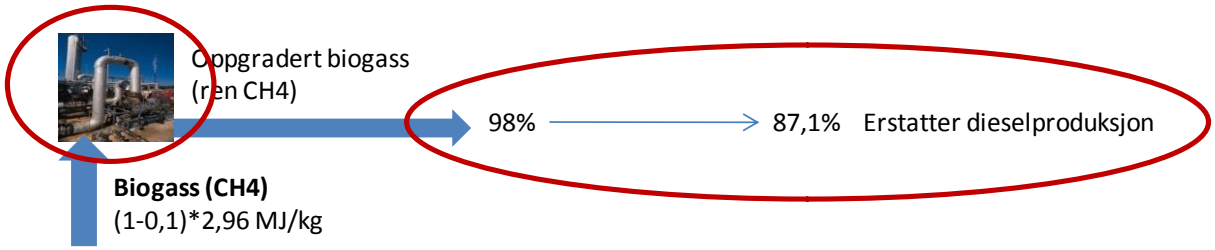
Figur 28 og Figur 29 kun viser det som er forskjellig fra Figur 27 **(**ulik utnyttelse av produsert biogass).



Figur 27 Livsløp for våtorganisk avfall til biologisk behandling; biogassproduksjon med varmeproduksjon.



Figur 28 Biogassproduksjon med elektrisitetsproduksjon.



Figur 29 Biogassproduksjon med drivstoffproduksjon.

10.3.1 Basisverdier

Som basisverdi for utnyttelse av biogassen er det benyttet data for gjennomsnittlig utnyttelse av biogass produsert ved norske biogassanlegg i 2007 (Raadal et al., 2008a), presentert under. For kategorien 'ikke bestemt bruk' er det antatt at biogassen fakles.

Tabell 39 Bruk av produsert biogass i Norge 2007 (Raadal et al., 2008a)

Bruk av produsert biogass	GWh	%
Til elektrisitet	32,3	18
Til varme	94,2	53
Til fakkel	33,7	19
Til oppgradering	3,0	2
Ikke bestemt bruk	16,2	9
Sum	**179,3**	**100,0**

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.4. I tillegg er alle de definerte basisverdiene for systemet våtorganisk avfall til biologisk behandling; biogassproduksjon presentert i Tabell 40. De basisverdiene som gjelder dersom biogassen utnyttes til varmeproduksjon er markert med rød skrift, de som gjelder dersom biogassen utnyttes til elektrisitetsproduksjon er markert med blå skrift og de som gjelder dersom biogassen utnyttes til drivstoffproduksjon er markert med grønn skrift. De basisverdiene som gjelder for alle de tre systemene (uavhengig av hvordan biogassen blir utnyttet), er uten

fargekode. Det presiseres at alle basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 40 Basisverdier for våtorganisk avfall til biologisk behandling; biogassproduksjon med varmeproduksjon, elektrisitetsproduksjon og drivstoffproduksjon.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_bio_vatorg_h
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Transport	Transportetappe 2	28	km	T2_bio_vatorg_h
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Transport	Transportetappe 3	102	km	T3_bio_vatorg_h
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon med **varme-produksjon**	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved varmeproduksjon	0,6375	-	Bg_enutn_v
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon med **el-produksjon**	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved elproduksjon	0,35	-	Bg_enutn_e
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon med **drivstoff-produksjon**	Behandling	Energiutnyttelsegsgrad ved oppgradering av biogass til drivstoff	0,98	-	Bg_enutn_d
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon med **varme-produksjon**	Erstatting	Andel erstatta el ved varmeproduksjon	0 (0,25)	-	Bg_v_and_erst_e
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon med **varme-produksjon**	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrennning ved varmeproduksjon	0 (0,75)	-	Bg_v_and_erst_o
Våt-organisk	Biologisk behandling,	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved varmeproduksjon	1 (0)	-	Bg_v_and_erst_f

	biogass-produksjon med **varme-produksjon**					
Våtorganisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon med **el-produksjon**	Erstatting	Andel erstatta el ved elproduksjon	1	-	Bg_e_and_erst_e
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon med **el-produksjon**	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved elproduksjon	0	-	Bg_e_and_erst_o
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon med **el-produksjon**	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved elproduksjon	0	-	Bg_e_and_erst_f
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Mengde sikterest	0,1	kg/kg avfall	Nordgaard, 2008/ Bg_sikterest
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Produsert mengde flytende biorest	2,38	kg/kg avfall	Bioforsk, 2008/Bg_r_prod

10.3.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet våtorganisk avfall til biologisk behandling; biogassproduksjon, er presentert i Tabell 41. I tabellen vises til en referanse og/eller kode. Referansen viser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av respektiv verdi/undermodell.

Tabell 41 Faste verdier og undermodeller for våtorganisk avfall til biologisk behandling; biogassproduksjon.

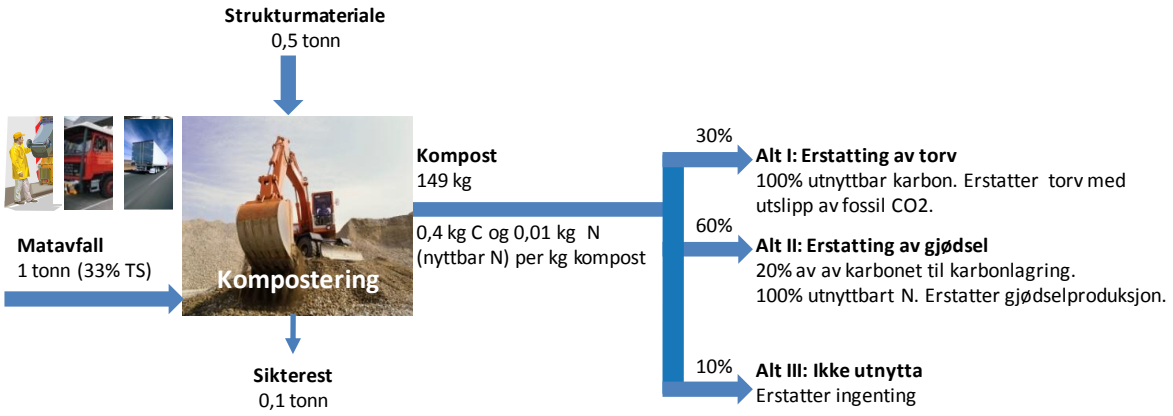
Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Biogassutbytte	0,127	Nm3/kg avfall	Lindum, 2009/Bg_biogass_Nm3

Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Biogasspotensial	2,963	MJ/kg avfall	Lindum, 2009/Bg_biogass_MJ
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Klimagassutslipp fra biogassprosess	Modell	-	Cambi, 2005
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Klimagassutslipp fra oppgraderingsprosess	Modell	-	SGC, 2003
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Klimagassutslipp fra forbrenning av biogass	Modell	-	BUS, 2005
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Karboninnhold i flytende biorest	0,025	kg/kg biorest	Bioforsk, 2008/ g_r_C_andel
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Utnyttbar andel karbon i flytende biorest ved bruk som gjødsel (karbonlagring)	0,2	-	Bioforsk, 2008/ Bg_r_Cut_erst_g
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Nitrogeninnhold i flytende biorest	0,0025	kg/kg biorest	Bioforsk, 2008/ Bg_r_N_andel
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Utnyttbar andel nitrogen i flytende biorest ved bruk som gjødsel	0,5	-	Bioforsk, 2008/ Bg_r_Nut_erst_g
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon av kunstgjødsel	Modell	-	Yara, 2003
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel erstatta diesel ved drivstoffproduksjon	0,87	MJ diesel/ MJ biogass	Modahl et. al,, 2003/ Bg_d_and_erst_d
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel flytende biorest som erstatter gjødsel	1	-	Bg_r_and_erst_g
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Våt-organisk	Biologisk behandling,	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av	Modell		Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme,

	biogass-produksjon		erstattet varme fra norsk fjernvarmemiks, 2006			2009 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet diesel	Modell	-	Ecoinvent 2.0, SFT, 1999

10.4 VÅTORGANISK AVFALL TIL BIOLOGISK BEHANDLING; KOMPOSTERING

Figur 30 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av våtorganisk avfall til biologisk behandling; kompostering.



Figur 30 Livsløp for våtorganisk avfall til biologisk behandling; kompostering.

10.4.1 Basisverdier

Som basisverdi for utnyttelse av produsert kompost er det benyttet data for gjennomsnittlig bruk i 2002 (Lystad et al., 2002, Bioforsk, 2008), som viste at 30% av produsert kompost i Norge ble utnyttet til jordforbedringsprodukter som erstatning for torv, 60% ble utnyttets som gjødselprodukter, mens 10% ikke ble utnyttet.

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.5. I tillegg er alle de definerte basisverdiene for systemet våtorganisk avfall til biologisk behandling; kompostering presentert i Tabell 42. Det presiseres at alle basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 42 Basisverdier for våtorganisk avfall til biologisk behandling; kompostering.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_bio_vatorg_h
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Transport	Transportetappe 2	28	km	T2_bio_vatorg_h
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Transport	Transportetappe 3	102	km	T3_bio_vatorg_h
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Behandling	Mengde sikterest	0,1	kg/kg avfall	Nordgaard, 2008/ Komp_sikterest
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Behandling	Mengde tilført strukturmateriale	0,5	kg/kg avfall	Nordgaard, 2008/ Komp_struktmat
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Behandling	Produsert mengde kompost	0,15	kg/kg avfall	Bioforsk, 2008/ Komp_komp_prod
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Erstatting	Andel kompost som erstatter torv	0,3	-	Komp_and_erst_t
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Erstatting	Andel kompost som erstatter gjødsel	0,6	-	Komp_and_erst_g

10.4.2 Faste verdier og undermodeller

Tabell 43 Faste verdier og undermodeller for våtorganisk avfall til biologisk behandling; kompostering.

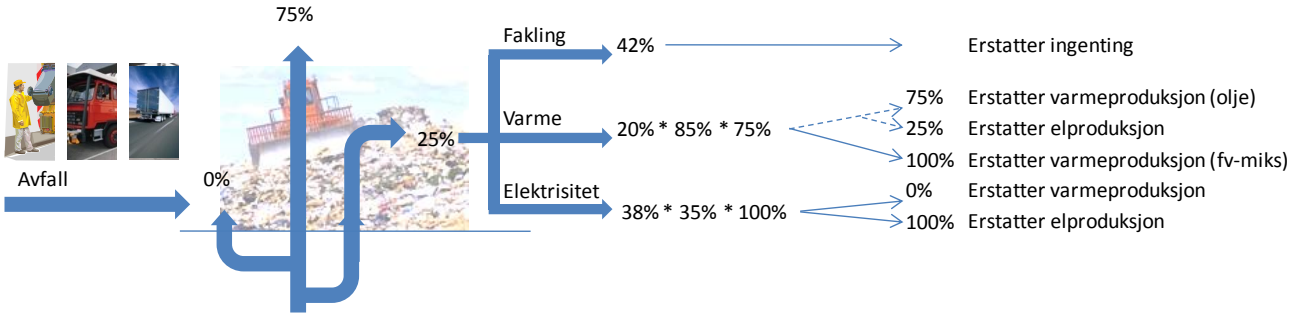
Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Behandling	Klimagassutslipp fra komposteringsprosess	Modell	-	Berg, et al., 2004
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Erstatting	Karboninnhold i kompost	0,4	kg/kg kompost	Bioforsk, 2008/ omp_C_andel
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Erstatting	Utnyttbar andel karbon i kompost ved bruk som erstatning for torv	1	-	Bioforsk, 2008/ Komp_Cut_erst_t
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Erstatting	Utnyttbar andel karbon i kompost ved bruk som gjødsel (karbonlagring)	0,2	-	Bioforsk, 2008/ Komp_Cut_erst_g

Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Erstatting	Nitrogeninnhold i kompost	0,01	kg/kg kompost	Bioforsk, 2008/ Komp_N_andel
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Erstatting	Klimagassutslipp fra bruk/nedbryting av erstattet torv	Modell	-	Beregnes vha molvekt for C og CO2
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Erstatting	Utnyttbar andel nitrogen i kompost ved bruk som gjødsel	1	-	Bioforsk, 2008/ Komp_Nut_erst_g
Våt-organisk	Biologisk behandling, kompostering	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon av kunstgjødsel	Modell	-	Yara, 2003

11 SYSTEMBESKRIVELSE TREAVFALL

11.1 TREAVFALL TIL DEPONI

Figur 31 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av treavfall til deponi.



Figur 31 Livsløp for treavfall til deponi

11.1.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, vises til kapittel 4.4.1. I tillegg til dette er alle de definerte basisverdiene for systemet treavfall til deponi, presentert i Tabell 44. I tabellen henvises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av respektiv basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 44 Basisverdier for treavfall til deponi.

Avfalls-type	System -type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Treavfall	Deponi	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Treavfall	Deponi	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Treavfall	Deponi	Transport	Transportetappe 3	2	km	T3_dep_alle_h
Treavfall	Deponi	Behandling	Andel oppfanga deponigass	0,25	-	Dep_gassfangst
Treavfall	Deponi	Behandling	Andel deponigass som blir oksidert i topplaget	0	-	Dep_gass_oksid
Treavfall	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til fakling	0,42	-	Depg_and_fakkel
Treavfall	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til elproduksjon	0,38	-	Depg_and_e

Treavfall	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til varmeproduksjon	0,2	-	Depg_and_v
Treavfall	Deponi	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved varmeproduksjon	0,64	-	Depg_enutn_v
Treavfall	Deponi	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved elproduksjon	0,35	-	Depg_enutn_e
Treavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved varmeproduksjon	0 (0,25)	-	Dg_v_and_erst_e
Treavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrennning ved varmeproduksjon	0 (0,75)	-	Dg_v_and_erst_o
Treavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved varmeproduksjon	1 (0)	-	Dg_e_and_erst_f
Treavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved elproduksjon	1	-	Dg_e_and_erst_e
Treavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrennning ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_o
Treavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_f

11.1.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet treavfall til deponi, er presentert i Tabell 45. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 16) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

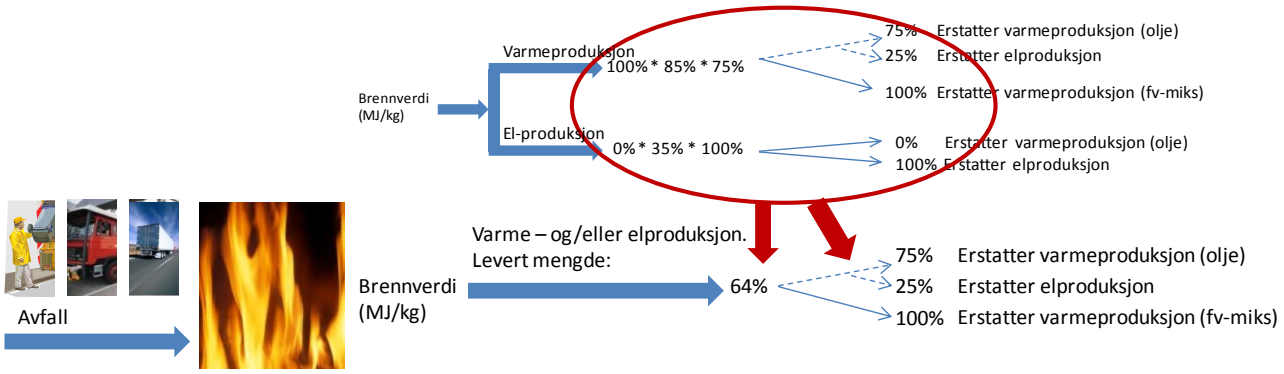
Tabell 45 Faste verdier og undermodeller for treavfall til deponi

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Treavfall	Deponi	Behandling	Deponigasspotensial	0,121	kg CH4/kg avfall	SSBs deponimodell (SSB, 2008a)/ Depg_tre_kg
Treavfall	Deponi	Behandling	Brennverdi deponigass (CH4)	50,2	MJ/kg CH4	Naturressurser og miljø, 2006/ Depg_Hn_per_kg
Treavfall	Deponi	Behandling	Klimagassutslipp fra deponigassforbrenning	Modell	-	BUS, 2005
Treavfall	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006

			produksjon/bruk av erstattet elektrisitet			Energibærere: Ecoinvent 2.0
Treavfall	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Treavfall	Deponi	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra norsk fjernvarmemiks, 2006	Modell	-	Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009 Energibærere: Ecoinvent 2.0

11.2 TREAVFALL TIL ENERGIUTNYTTELSE

Figur 32 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av treavfall til energiutnyttelse.



Figur 32 Livsløp for treavfall til energiutnyttelse

11.2.1 Basisverdier

Modellen tar utgangspunkt i at treavfall som energiutnyttes forbrennes i et avfallsforbrenningsanlegg, og data som benyttes representerer derfor et gjennomsnittlig norsk forbrenningsanlegg. Årsaken til dette er at prosjektet ikke har hatt midler til å innhente spesifikk informasjon om hvor mye treavfall som faktisk blir energiutnyttet i spesifikke biobrenselanlegg med tilhørende energiutnyttelsesgrader. Det presiseres at modellen er bygget opp slik at spesifikk informasjon vedrørende utnyttelsesgrad, virkningsgrad og transportavstander enkelt kan endres ved å endre basisverdiene som inngår i modellen. Det samme gjelder treavfall som blir eksportert til Sverige.

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.2. Utover dette er alle de definerte basisverdiene for systemet treavfall til energiutnyttelse presentert i

Tabell 46. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold.

Tabell 46 Basisverdier for treavfall til energiutnyttelse.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Treavfall	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Treavfall	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Treavfall	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 3	14	km	T3_enNor_alle_h
Treavfall	Energiutnyttelse	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved utnyttelse i Norge	0,64	-	En_enutn_N
Treavfall	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta el ved utnyttelse i Norge	0 (0,25)	-	En_and_erst_e_N
Treavfall	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved utnyttelse i Norge	0(0,75)	-	En_and_erst_o_N
Treavfall	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved utnyttelse i Norge	1(0)	-	En_and_erst_f_N

11.2.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet treavfall til energiutnyttelse, er presentert i Tabell 47. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 47 Faste verdier og undermodeller for treavfall til energiutnyttelse.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Treavfall	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	14,4	MJ/kg	SFT, 1996/Hn_tre 20% fuktinnhold
Treavfall	Energiutnyttelse	Behandling	Klimagassutslipp ved forbrenning av treavfall	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Treavfall	Energiutnyttelse	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Treavfall	Energiutnyttelse	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra olje	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Treavfall	Energiutnyttelse	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra	Modell	-	Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009

	norsk fjernvarmemiks, 2006	Energibærere: Ecoinvent 2.0

11.3 TREAVFALL TIL KOMPOSTERING

Det var opprinnelig i dette prosjektet planlagt å inkludere en egen analyse for bruk av treavfall som strukturmateriale i kompostering av våtorganisk avfall.

Treavfall som strukturmateriale representerer en viktig komponent for å holde komposteringsprosessen i gang, og modellering av utslipp fra strukturmaterialet og våtorganisk avfall hver for seg gir ingen mening fordi de to komponentene påvirker komposteringsprosessen på ulike måter. Strukturmaterialet fører til bedre innblanding av luft og reduserer klimagassutslippene, mens det våtorganiske avfallet bidrar til næringsinnholdet i den ferdige komposten. Strukturmateriale i form av flis fra treverk brytes ned i liten grad og blir ofte gjenbrukt flere ganger. Etter mange ”runder” i komposteringsprosessen, vil mengden strukturmateriale reduseres/brytes noe ned (Berg, 2009).

Nedbrytingsgraden av strukturmaterialet i en komposteringsprosess er svært avhengig av typen strukturmateriale som benyttes. I det følgende gis en kort beskrivelse av overslagsmessig nedbrytingsgrad for strukturmaterialtypene palletreverk, bark og hage-/parkavfall (Nordgård, 2009):

- Kompostering av våtorganisk avfall med palletreverk som strukturmateriale: tilnærmet ingenting av karbonet i den ferdig sikta komposten kommer fra strukturmaterialet/trevirke (har veldig lite omsetning (2-3%) per runde i komposten).
- Kompostering av våtorganisk avfall med bark som strukturmateriale: omtrent halvparten av karbonet i den ferdig sikta komposten kommer fra strukturmaterialet/bark (stor omsetting av bark)
- Kompostering av våtorganisk avfall med kvist/hageavfall/parkmateriale som strukturmateriale: karbonmengden i den ferdig siktede komposten ligger mellom verdiene for kompostering med palletreverk og bark som strukturmateriale.

Med bakgrunn i at treavfall har liten nedbrytingsgrad og at det inngår som en viktig hjelpekomponent i komposteringsprosesser for våtorganisk avfall, er det urealistisk å forutsette at treverket i komposteringsprosessen erstatter torv, gjødsel eller andre produkter slik kompostert våtorganisk matavfall er forutsatt å gjøre.

Konklusjonen er at det ikke er mulig å skille mellom utslipp fra strukturmateriale og våtorganisk avfall i komposteringsprosessen, og at treavfall som strukturmateriale nedbrytes i så liten grad i en komposteringsprosess at det ikke kan forutsettes at det erstatter et annet produkt. Dette betyr at kompostering av treavfall allerede er innebefattet i modellen for kompostering av våtorganisk avfall, da både utslipp og evt. gevinster fra treavfall er inkludert

der. Kompostering av treavfall er derfor ikke modellert separat, men inngår i analysen av kompostering av våtorganisk avfall.

12 SYSTEMBESKRIVELSE RESTAVFALL FRA HUSHOLDNINGER

12.1 MODELL FOR BEREGNING AV INNHOLD I RESTAVFALL FRA HUSHOLDNINGER

Netto klimagassutslipp fra behandling av restavfall avhenger sterkt av hva slags innhold restavfallet har. Det har derfor vært nødvendig å tilpasse klimaregnskapsmodellen for ulik sammensetning av restavfallet.

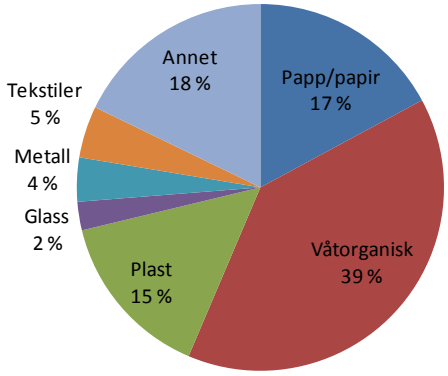
Med bakgrunn i dette er det utarbeidet en forenklet modell for å beregne sammensetning av restavfallet basert på hvilken type kildesorteringsløsning en kommune/region har. Type og antall avfallstyper i modellen er basert på Veiledning for plukkanalyser (NRF, 2005). Modellen er nærmere beskrevet i vedlegg 5. Klimaregnskapsmodellen er utviklet slik at de kommuner/regioner som har utarbeidet egne plukkanalyser for sitt restavfall og således ”kjenner” sammensetningen av sitt restavfall, enkelt skal kunne bruke klimaregnskapsmodellen direkte, uten å beregne sammensetningen av restavfallet ved hjelp av ovenfor nevnte modell.

Gjennomsnittlig sammensetning av restavfall i Norge er beregnet (se vedlegg 5), og presentert i Tabell 48 og Figur 33 I tabellen henvises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 5 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av respektiv basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold ved å bruke verdier fra plukkanalyser eller *Modell for beregning av innhold i restavfall basert på kildesorteringsordning*, beskrevet i kapittel 12.1.2.

Tabell 48 Basisverdier for sammensetning av restavfall fra husholdninger.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling /Erstatning	Andel papp/papir i 1 kg restavfall	0,171	Kg	And_papir_rest
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling /Erstatning	Andel våtorganisk i 1 kg restavfall	0,393	Kg	And_vatorg _rest
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling /Erstatning	Andel plast i 1 kg restavfall	0,148	Kg	And_plast_rest
Restavfall	Deponi/	Behandling	Andel glass i 1 kg	0,025	Kg	And_glass_rest

	Energiutnytting	/Erstatning	restavfall			
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling /Erstatning	Andel metall i 1 kg restavfall	0,039	Kg	And_metall_rest
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling /Erstatning	Andel tekstiler i 1 kg restavfall	0,046	Kg	And_tekst_rest
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling /Erstatning	Andel 'annet' i 1 kg restavfall	0,178	Kg	And_annet_rest



Figur 33 Gjennomsnittlig sammensetning av restavfall fra husholdninger i Norge

Fra figuren sees at våtorganisk avfall utgjør den største andelen med 39%, deretter kommer kategorien "Annet" (18%), Papp/papir (17%) og Plast (15%). For nærmere beskrivels av kategorien "Annet", vises til kapittel 12.1.1.

Restavfallsmodellen inkluderer ikke farlig avfall, EE-avfall, treavfall og hageavfall.

12.1.1 Kategori "Annet" i restavfallet

Innholdet i "Annet-kategorien" (vist med lyseblått i Figur 33), inneholder ifølge *Veileder for plukkanalyser* (NRF, 2005) følgende avfallstyper: treavfall, bleier/bind, øvrig uorganisk inkludert andel finfraksjon < 10 mm, og annet (Nivå 3, 25 fraksjoner). Tabell 49 gir en oversikt over referanser som er brukt, og antakelser som er gjort i analysen for sammensetning av "Annet-kategorien" i restavfallet.

Tabell 49 Innhold i "Annet-kategorien" i restavfall fra husholdninger.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling /Erstatning	Andel treavfall i annet-kategori i restavfall	17	%	Rest_annet_tre Modell, se kapittel 0, systembeskrivelse av treavfall.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling /Erstatning	Andel *bleier, bind og lignende* i	54	%	Rest_annet_blei Bleier, bind og lignende.

			annet-kategori i restavfall		Modell basert på utslippsdata fra SFT 96:16 med oppdateringer av Østfoldforskning, nov 2000.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling /Erstatning	Andel *øvrig uorganisk* i annet-kategori i restavfall	8 %	Rest_annet_uorg Antatt samme egenskaper som glassemballasje. Modell, se kapittel 5, systembeskrivelse av glassemballasje.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling /Erstatning	Andel *finfraksjon <10mm* i annet-kategori i restavfall	1 %	Rest_annet_fin Antatt samme egenskaper som våtorganisk avfall. Modell, se kapittel 10, systembeskrivelse av våtorganisk avfall.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling /Erstatning	Andel *annet* i annet-kategori i restavfall	20 %	Rest_annetannet Antar 50 % plast og 50 % våtorganisk (se systembeskrivelser i kapittel 9 og kapittel 10). Dette representerer en blanding av worst case for deponi og energiutnyttelse.

Andel av hver fraksjon er beregnet på grunnlag av studerte plukkanalyser (REN, 2005; Hjellnes Consult, 2009; Hjellnes Cowi, 2007; Asplan Viak, 2008; RKR, 2007).

12.1.2 Beregning av sammensetning av restavfall fra husholdninger basert på kildesorteringsordning

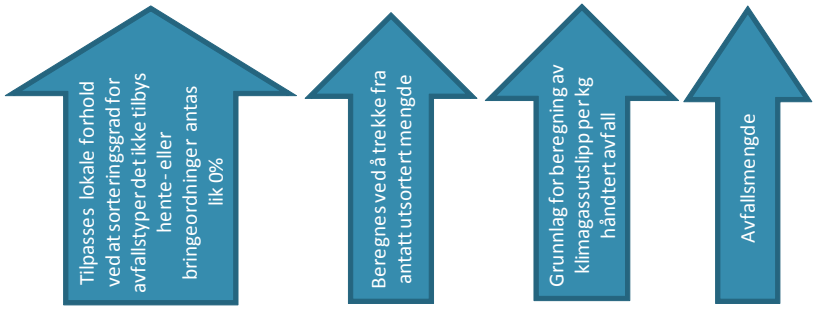
Basisverdiene i modellen tar utgangspunkt i norsk gjennomsnittlig sammensetning av restavfall, basert på data fra SSB (Vedlegg 5). Sammensetning av restavfall kan i modellen tilpasses lokale forhold på to ulike måter:

- Basert på egne plukkanalyser: I kommuner der plukkanalyser er gjennomført vil disse sannsynligvis gi den mest nøyaktige sammensetningen av restavfallet.
- Basert på type kildesorteringsordninger: I kommuner der plukkanalyser ikke er utført og sammensetningen av restavfallet dermed ikke er kjent, kan det gjøres en beregning av sammensetningen i restavfallet, ved hjelp av *Modell for beregning av sammensetning av restavfall basert på kildesorteringsordning*.

Tabell 50 viser hvordan sammensetning av restavfall kan beregnes på grunnlag av hvilke type lokale hente- og bringeordninger som er innført. Modellen baserer seg på gjennomsnittlig avfallsmengde som genereres i norske husholdninger (SSB, 2008c, justert for metall) og sorteringsgrader basert på studerte plukkanalyser (REN, 2005; Hjellnes Consult, 2009; Hjellnes Cowi, 2007; Asplan Viak, 2008; RKR, 2007). Der det ikke tilbys hente- eller bringeordning settes sorteringsgrad lik 0.

Tabell 50 Modell for beregning av sammensetning av restavfall basert på kildesorteringsordning

	Oppstått avfall [kg/ innbygger/år]	Sorteringsgrad		Beregnet fraksjon i restavfall [kg/innbygger/år]	Gjennomsnittlig fordeling i 1 kg restavfall %	Mengde avfall
		Bringeordning	Henteordning			
Papp/papir	99,78	4 %	81 %	....	....	
Bioavfall inkl finfraksjon <10mm	107,54	0 %	75 %	....	....	
Plast	30,82	11 %	44 %	....	....	
Glass	14,22	67 %		....	....	
Metall	18,97	61 %		....	....	
Tekstiler	10,99	22 %		....	....	
Annet	44,40	24 %		....	....	
SUM	326,72			....	....	....

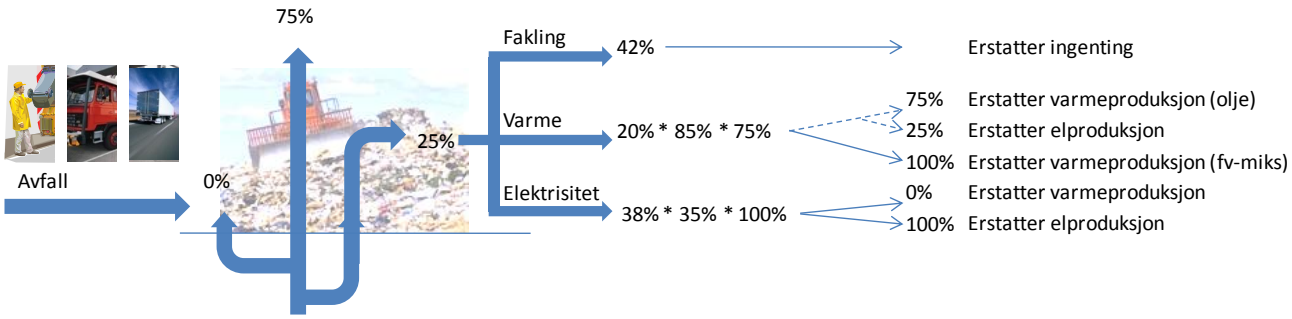


Nærmere forklaring av oppbygging av modellen kan leses i vedlegg 5.

Modellen for beregning av sammensetning av restavfall basert på typer av kildesorteringsordninger inkluderer ikke farlig avfall, EE-avfall, treavfall og hageavfall.

12.2 RESTAVFALL TIL DEPONI

Figur 34 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av restavfall til deponi.



Figur 34 Livsløp for restavfall til deponi

12.2.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, vises til kapittel 4.4.1. I tillegg til dette er alle de definerte basisverdiene for systemet restavfall til deponi, presentert i Tabell 48. I tabellen henvises til en kode som man kan finne igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av respektiv basisverdi. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold. Se også Tabell 48 for basisverdier for innhold i restavfall.

Tabell 51 Basisverdier for restavfall til deponi.

Avfalls-type	System -type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Restavfall	Deponi	Transport	Transportetappe 1	19	Km	T1_depen_alle_h
Restavfall	Deponi	Transport	Transportetappe 2	52	Km	T2_depen_alle_h
Restavfall	Deponi	Transport	Transportetappe 3	2	Km	T3_dep_alle_h
Restavfall	Deponi	Behandling	Andel oppfanga deponigass	0,25	-	Dep_gassfangst
Restavfall	Deponi	Behandling	Andel deponigass som blir oksidert i topplaget	0	-	Dep_gass_oksid
Restavfall	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til fakling	0,42	-	Depg_and_fakkel
Restavfall	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til elproduksjon	0,38	-	Depg_and_e
Restavfall	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til varmeproduksjon	0,2	-	Depg_and_v
Restavfall	Deponi	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved varmeproduksjon	0,64	-	Depg_enutn_v
Restavfall	Deponi	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved elproduksjon	0,35	-	Depg_enutn_e
Restavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved	0 (0,25)	-	Dg_v_and_erst_e

			varmeproduksjon			
Restavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrennning ved varmeproduksjon	0 (0,75)	-	Dg_v_and_erst_o
Restavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved varmeproduksjon	1 (0)	-	Dg_e_and_erst_f
Restavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved elproduksjon	1	-	Dg_e_and_erst_e
Restavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrennning ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_o
Restavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_f
Restavfall	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_f

12.2.2 Faste verdier og undermodeller

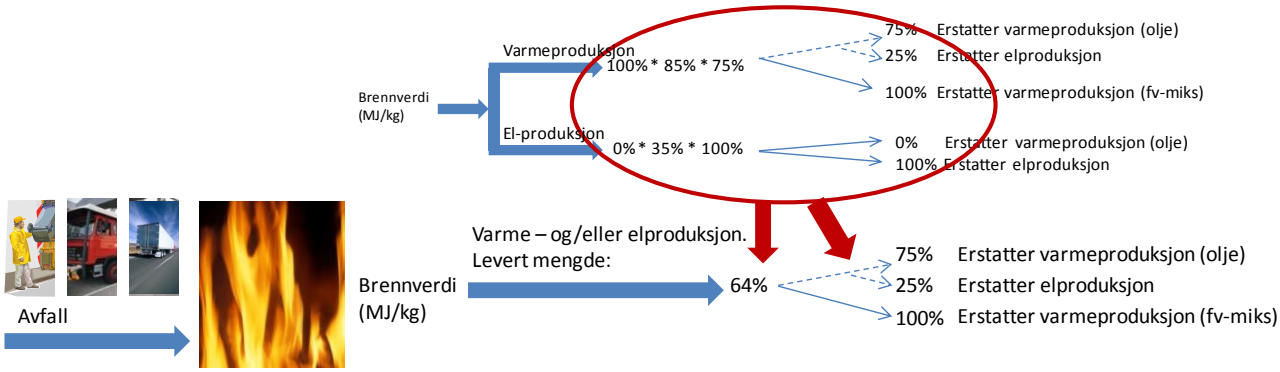
Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet restavfall til deponi, er presentert i Tabell 52. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 52 Faste verdier og undermodeller for restavfall til deponi.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Restavfall	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	Modell	-	Henter data definert for hver avfallstype
Restavfall	Energiutnyttelse	Behandling	Klimagassutslipp ved forbrenning av restavfall	Modell	-	Henter data definert for hver avfallstype
Restavfall	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Restavfall	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra oljeforbrenning	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Restavfall	Energiutnyttelse	Erstatting	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra norsk fjernvarmemiks, 2006	Modell	-	Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009 Energibærere: Ecoinvent 2.0

12.3 RESTAVFALL TIL ENERGIUTNYTTELSE

Figur 35 viser en prinsippskisse for livsløpet til systemet som analyserer transport og behandling av restavfall til energiutnyttelse.



Figur 35 Livsløp for restavfall til energiutnytting

12.3.1 Basisverdier

For en detaljert beskrivelse av de viktigste basisverdiene, henvises til kapittel 4.4.2. Utover dette er alle de definerte basisverdiene for systemet restavfall til energiutnyttelse presentert i Tabell 53. Det presiseres at alle disse basisverdiene i prinsippet kan byttes ut i modellen og tilpasses lokale forhold. Se også basisverdier i Tabell 48 for basisverdier for innhold i restavfall.

Tabell 53 Basisverdier for restavfall til energiutnytting

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Kode
Restavfall	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 1	19	km	T1_depen_alle_h
Restavfall	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 2	52	km	T2_depen_alle_h
Restavfall	Energiutnyttelse	Transport	Transportetappe 3	14	km	T3_enNor_alle_h
Restavfall	Energiutnyttelse	Behandling	Energiutnyttelsesandel (virkningsgrad * utnyttelsesgrad) ved utnyttelse i Norge	0,64	-	En_enutn_N
Restavfall	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta el ved utnyttelse i Norge	0 (0,25)	-	En_and_erst_e_N
Restavfall	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved utnyttelse i Norge	0 (0,75)	-	En_and_erst_o_N
Restavfall	Energiutnyttelse	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved utnyttelse i Norge	1(0)	-	En_and_erst_f_N

12.3.2 Faste verdier og undermodeller

Faste verdier og undermodeller som er benyttet i systemet restavfall til energiutnyttelse, er presentert i Tabell 54. I tabellen henvises til en referanse og/eller kode. Referansen henviser til referanselisten (kapittel 18) og koden finnes igjen i vedlegg 1 med nærmere beskrivelse av forutsetninger og referanser for bruk av den respektive verdi/undermodell.

Tabell 54 Faste verdier og undermodeller for restavfall til energiutnyttelse.

Avfalls-type	Systemtype	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Enhet	Referanse/Kode
Restavfall	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	Modell	-	Henter data definert for hver avfallstype
Restavfall	Energiutnyttelse	Behandling	Klimagassutslipp ved forbrenning av restavfall	Modell	-	Henter data definert for hver avfallstype
Restavfall	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet elektrisitet	Modell	-	Elektrisitetsmiks: Nordel, 2006 Energibærere: Ecoinvent 2.0
Restavfall	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra oljeforbrenning	Modell	-	Ecoinvent 2.0
Restavfall	Energiutnyttelse	Erstatning	Klimagassutslipp fra produksjon/bruk av erstattet varme fra norsk fjernvarmemiks, 2006	Modell	-	Fjernvarmemiks: Norsk Fjernvarme, 2009 Energibærere: Ecoinvent 2.0

13 RESULTATER PER KILO AVFALL

Dette kapittelet presenterer resultatene for netto klimagassutslipp for alle de analyserte avfallstypene og behandlingsmetodene (systemene).

Som nærmere beskrevet i kapittel 4.5 er valg av energibærere som forutsettes erstattet av avfallsprodusert energi avhengig av hva resultatene skal benyttes til (dokumentasjon/historisk perspektiv eller som beslutningsunderlag for fremtidige valg/fremtidsperspektiv), i tillegg til lokale/geografiske forhold. I denne analysen er det forutsatt at produsert avfallsenergi fra forbrenningsanlegg erstatter en sammensetning av energibærere representert ved norsk fjernvarmemiks slik denne var i 2006 (Norsk Fjernvarme, 2009), som følge av at analysen representerer et historisk perspektiv. I tillegg er resultatene vist for et scenario som forutsetter at avfallsenergi erstatter en miks av olje og elektrisitet (i olje- og el-kjeler). Dette er gjort for å vise at nettopp hvilke energibærere som forutsettes erstattet er svært avgjørende for resultatene i denne typen analyser. Scenarioet med erstatning av olje/elektrisitet er presentert i resultatfigurene sammen med hovedanalysen.

Resultatene vises som utslipp av CO_2-ekvivalenter (kg CO_2-ekv/kg avfall som samles inn), og presenteres både oppdelt på de ulike livsløpsfasene og som netto utslipp.

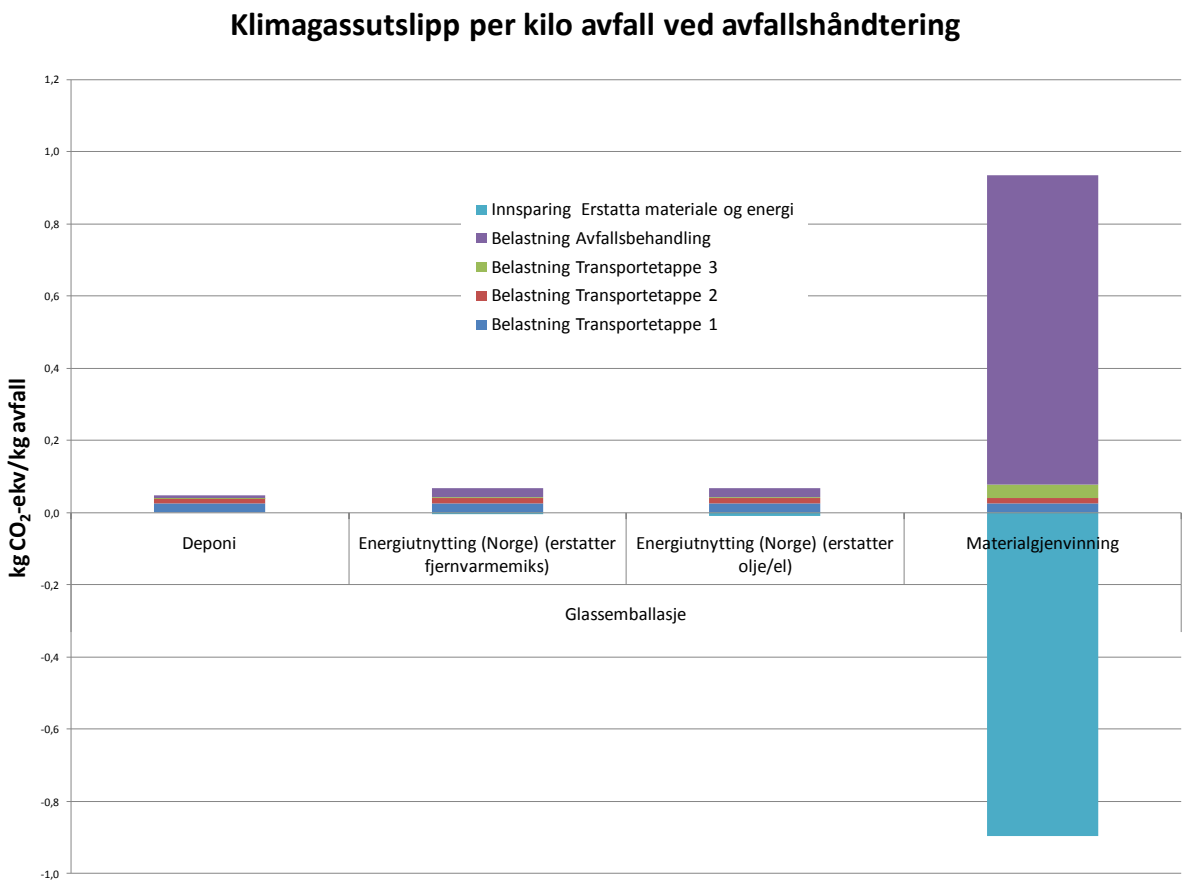
13.1 RESULTATER GLASSEMBALLASJE

Figur 36 viser klimagassutslipp for de 3 ulike behandlingsmåtene for glassemballasje: deponering, energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg) og materialgjenvinning. Resultatene presenteres som klimagassutslipp (vist som positive tall) og sparte utslipp (vist som negative tall) for behandling av 1 kg glassemballasje, fordelt på de ulike livsløpsfasene (transport, avfallshåndtering og erstattet materiale/energi). Livsløpsfasene er presentert med følgende farger på stolpene:

- Transport: Mørk blå, rød og grønn
- Behandling: Lilla
- Erstattet material/energi: Turkis

På denne måten kommer det frem hvilke aktiviteter som bidrar til hvilke klimagassutslipp eller sparte utslipp, samt størrelsesorden på utslippene.

For beskrivelse av de ulike forutsetninger som inngår i systemene henvises til kapittel 4 og 5.



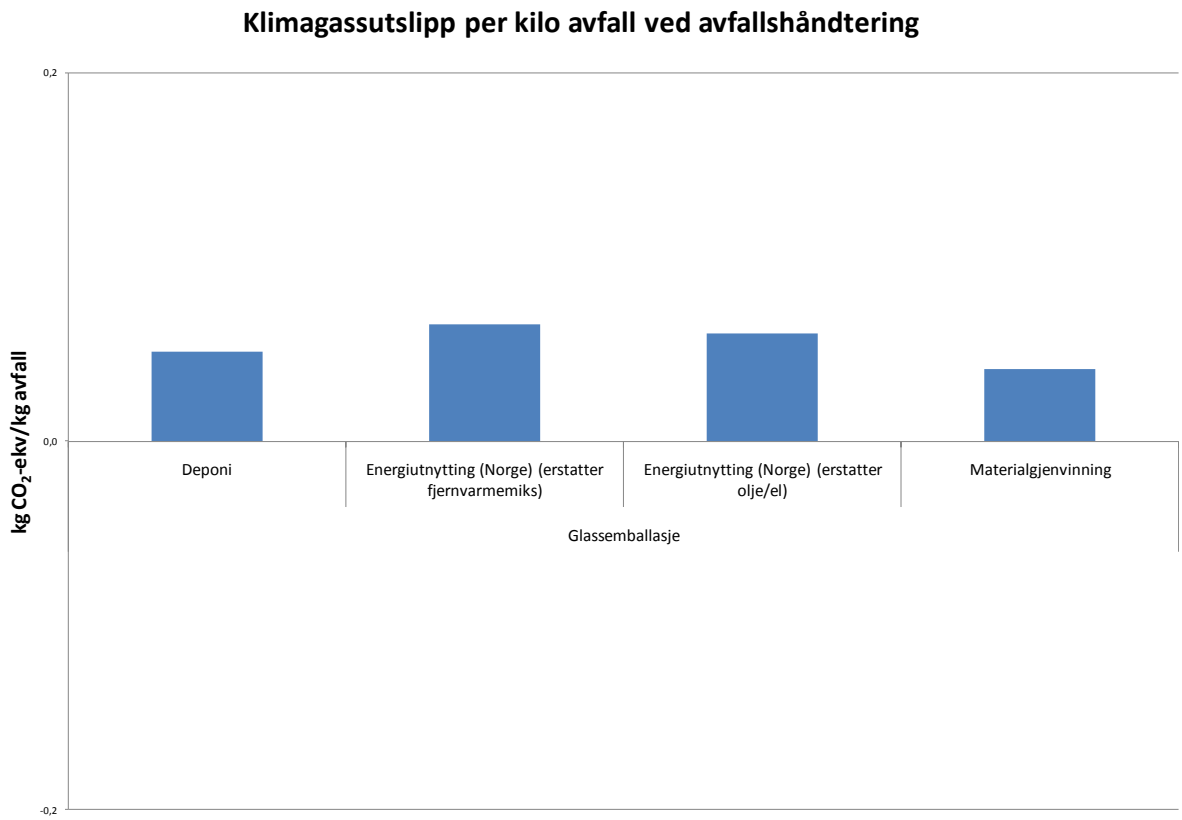
Figur 36 Klimagassutslipp fra avfallshåndtering av glassemballasje, fordelt på livsløpsfaser.

Figuren viser at systemene med deponering og energiutnyttelse medfører klimagassutslipp for alle livsløpsfasene, mens materialgjenvinning medfører sparte klimagassutslipp som følge av at produsert råstoff fra glassemballasjen erstatter delvis jomfruelig produsert råstoff. I tillegg sees at materialgjenvinningsprosessen medfører relativt store klimagassutslipp, sammenlignet med deponering og energiutnyttelse. Dette kommer av at glass er et tilnærmet inert materiale og således har svært små klimagassutslipp ved deponering og energiutnyttelse. Det medfører også at ulik erstatning av energibærere i energiutnyttelsesalternativet ikke vil påvirke resultatene. Klimagassutslippene fra materialgjenvinningsprosessen er tilnærmet i samme størrelsesorden som tilsvarende utslipp fra produksjon av delvis jomfruelig glass.

Figuren viser også at materialgjenvinning medfører større transportbelastninger enn deponi og energigjenvinning, som følge av lengre transportavstander.

Figur 37 viser netto klimagassutslipp for de samme 3 behandlingsmåtene for glassemballasje (deponering, energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg) og materialgjenvinning) ved at

klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp for de ulike livsløpsfasene (transport, behandling og erstattet energi/material) er summert over systemenes livsløp.



Figur 37 Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av glassemballasje.

Figuren viser at de tre behandlingsmetodene for glassemballasje kommer relativt likt ut i forhold til netto utslipp av klimagasser, men at materialgjenvinning medfører minst klimagassutslipp med 0,02 kg CO_2-ekvivalenter per kg glassemballasje.

Som beskrevet i kapittel 4.4.3 og 5.3, er resultatene fra materialgjenvinningsanalysen usikre, dels på grunn av datagrunnlaget (delvis jomfruelig glass erstattes i analysen) og dels på grunn av at materialgjenvinning av glass i Norge erstatter andre materialer enn glass. Med bakgrunn i dette er resultatene kvalitetssikret i forhold til litteraturdata, se kapittel 11.1.1 under.

13.1.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur

Resultater fra studien *Environmental benefits of recycling. An international review of life cycle comparisons for key materials in the UK recycling sector* (WRAP, 2006), som har sammenlignet totalt 55 LCA-studier for 7 ulike avfallstyper, konkluderer med følgende når

det gjelder miljøprofil for ulik avfallshåndtering av glass (på basis av 11 vurderte studier, totalt 25 scenarioer):

Drivhuseffekt/klimagassutslipp

Materialgjenvinning gir klare CO2-besparelser i forhold til deponi og energiutnyttelse, men besparelsene er avhengig av hvilke produkter som blir produsert av resirkulert glass. 'Closed loop recycling' gir høyere besparelse enn 'open loop recycling'. Det ble påpekt at kun en studie av 'open loop reycling' var gjennomgått. Med bakgrunn i dette kan det konkluderes med at rangeringen av håndteringsmetodene som fremkommer fra vår studie (materialgjenvinning gir lavest klimagassutslipp) er riktig, men at størrelsen på besparelsen i forhold til energiutnyttelse/deponi sannsynligvis er større. Med bakgrunn i at norsk glass blir resirkulert til andre produkter enn nytt glass (open loop recycling), vil det være svært interessant å utføre en spesifikk analyse for dette.

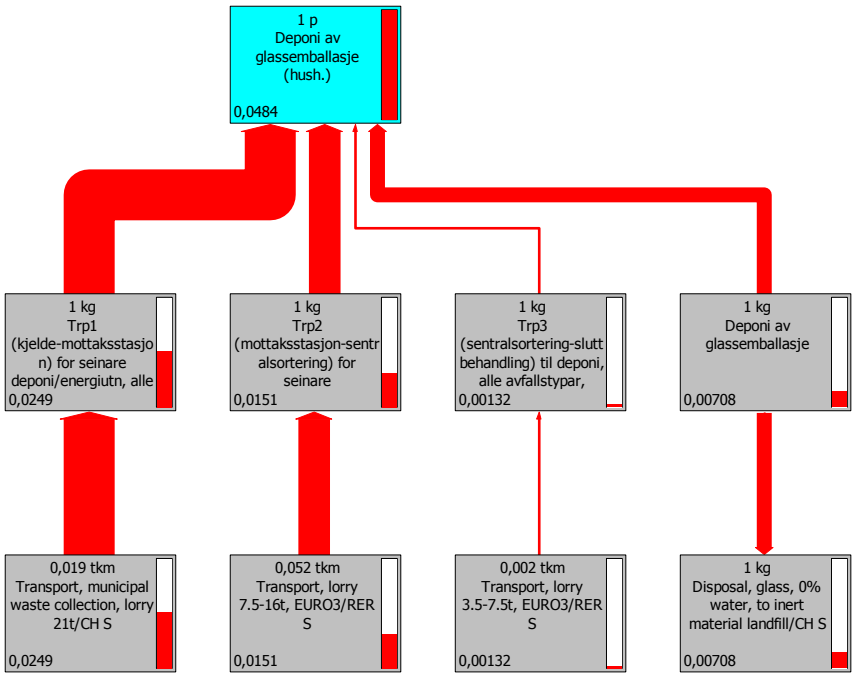
Andre miljøpåvirkningskategorier

Når det gjelder andre analyserte miljøpåvirkningskategorier konkluderer ovennevnte studie med at resirkulering av glass medfører lavere miljøbelastning enn energiutnyttelse og deponering. Dette gjaldt for tilnærmet alle de vurderte scenarioene og alle de vurderte miljøpåvirkningskategoriene.

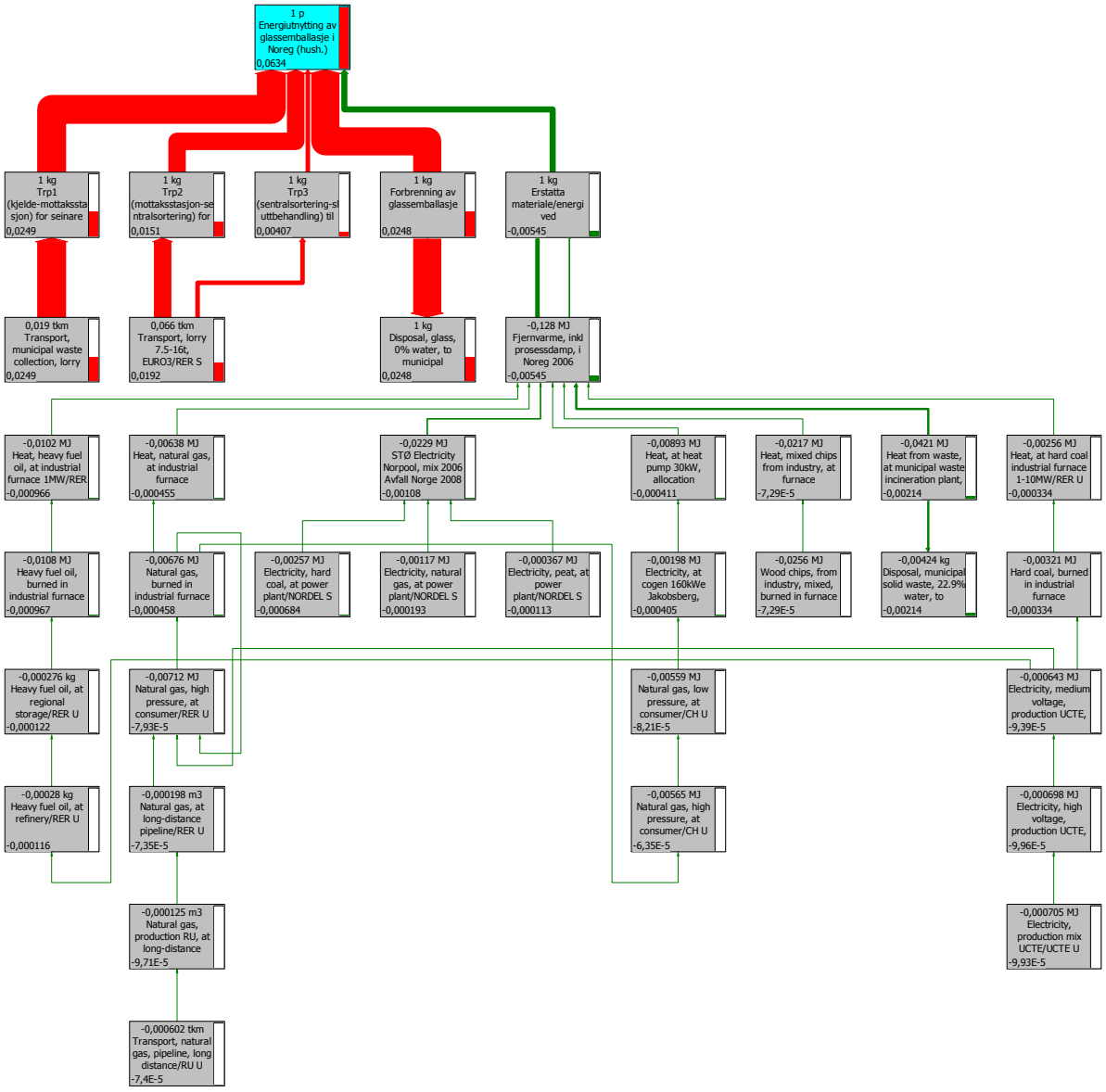
Det betyr at resultatene fra denne spesifikke studien for netto klimaregnskap ved ulik behandling av glassemballasje viser samme trend som resultatene fra ovenfor beskrevne studier.

13.1.2 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra Simapro

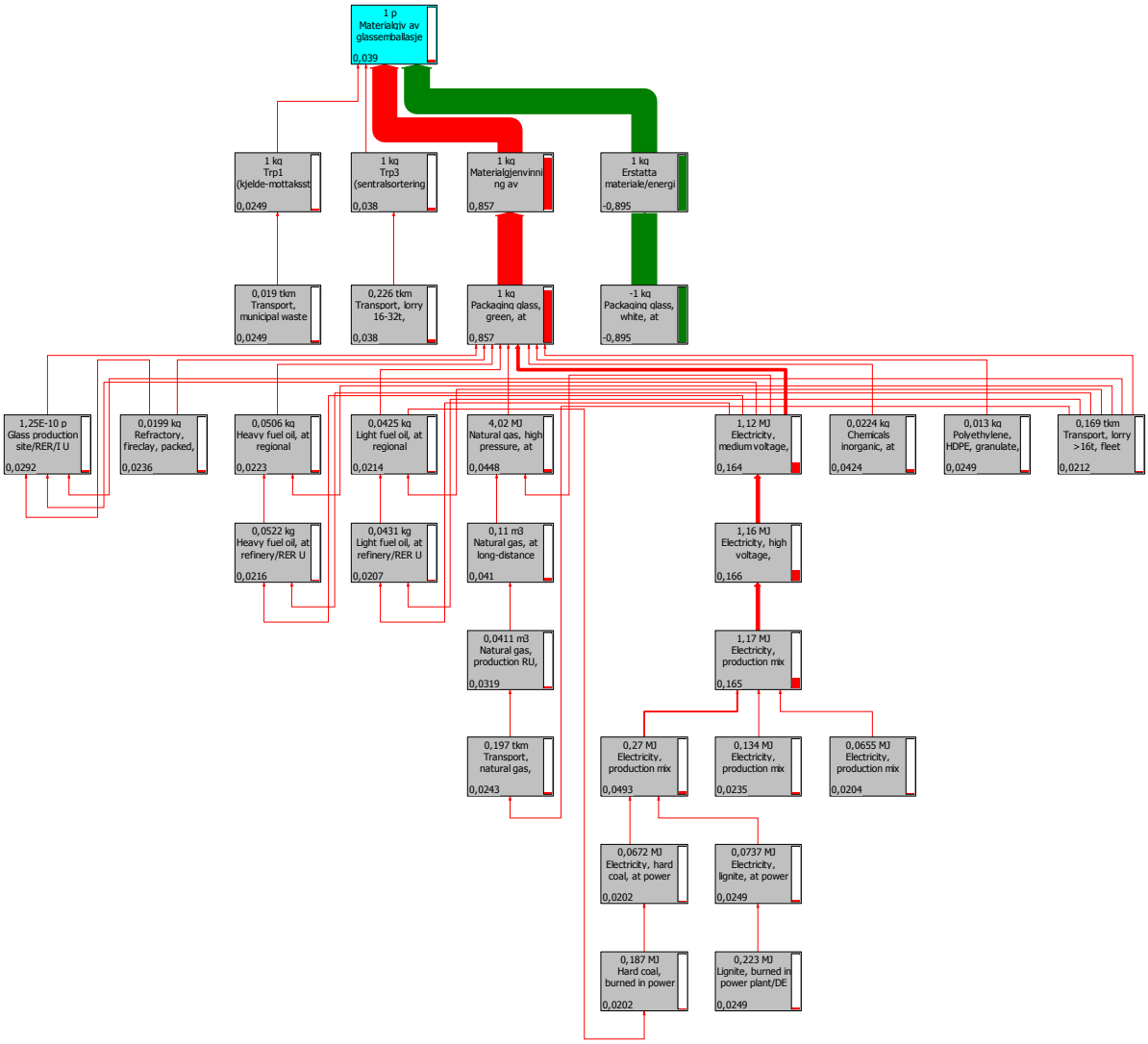
Figur 38, Figur 39 og Figur 40 viser detaljert hvor de ulike klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp oppstår, ved hjelp av et LCA-tre (direkte utskrift fra simuleringsprogrammet Simapro). Klimabelastninger og klimagevinster er vist som henholdsvis røde og grønne piler, og tykkelsen på pilene relateres til størrelsen/omfanget av belastningene/gevinstene. For nærmere beskrivelse av hvordan informasjonen i et slikt LCA-tre kan leses, vises til vedlegg 2.



Figur 38 LCA-tre over klimabelastning for **glassemballasje til deponi**. (Det er brukt en avkorting på 0,01% for å gjøre figuren leselig.)



Figur 39 LCA-tre over klimabelastning for **glassemballasje til energiutnyttelse**. (Det er brukt en avkorting på 0,1% for å gjøre figuren leselig.)



Figur 40 LCA-tre over klimabelastning for **glassemballasje til materialgjenvinning**. (Det er brukt en avkorting på 2,2% for å gjøre figuren leselig.)

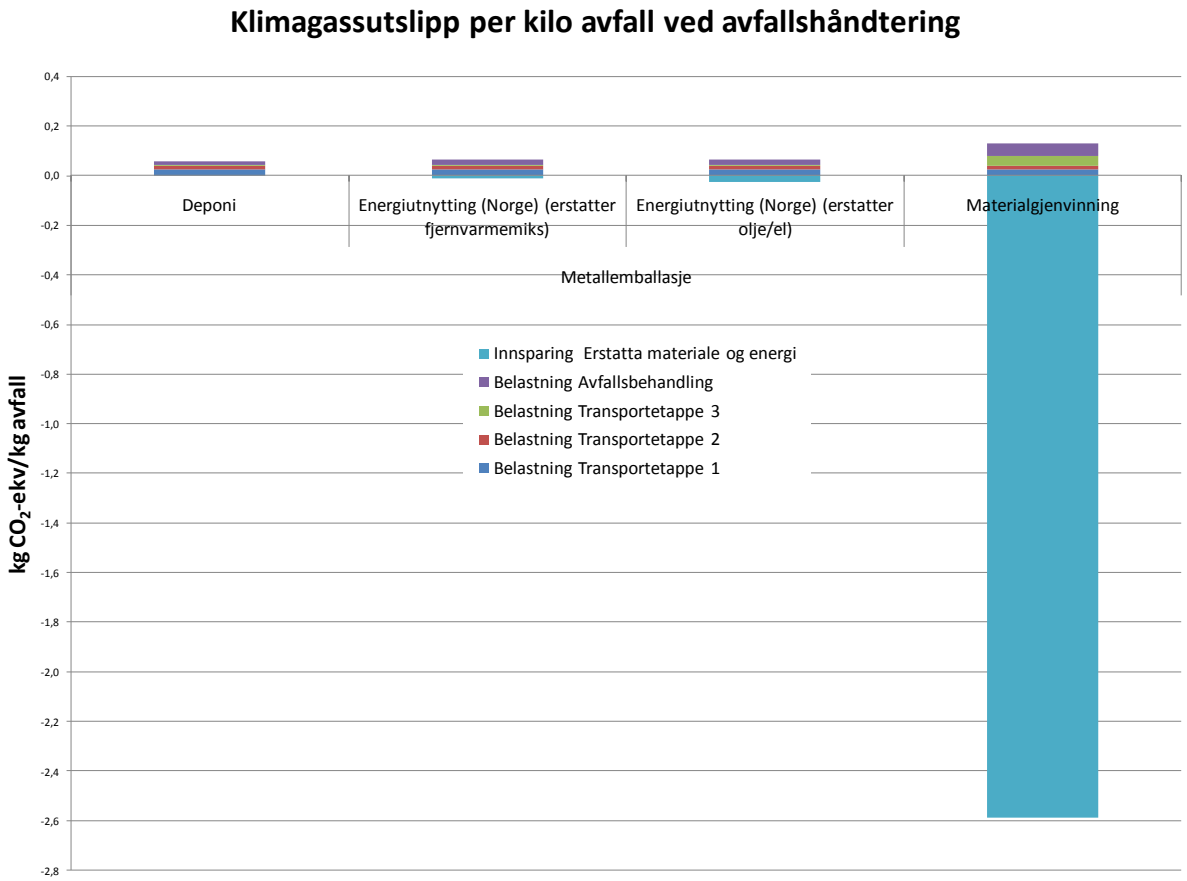
13.2 RESULTATER METALLEMBALLASJE

Figur 41 viser klimagassutslipp for de 3 ulike behandlingsmåtene for metallemballasje: deponering, energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg) og materialgjenvinning. Resultatene presenteres som klimagassutslipp (vist som positive tall) og sparte utslipp (vist som negative tall) for behandling av 1 kg metallemballasje, fordelt på de ulike livsløpsfasene (transport, avfallshåndtering og erstattet materiale/energi). Livsløpsfasene er presentert med følgende farger på stolpene:

- Transport: Mørk blå, rød og grønn
- Behandling: Lilla
- Erstattet material/energi: Turkis

På denne måten kommer det frem hvilke aktiviteter som bidrar til hvilke klimagassutslipp eller sparte utslipp, samt størrelsesorden på utslippene.

For beskrivelse av de ulike forutsetninger som inngår i systemene henvises til kapittel 4 og 6.

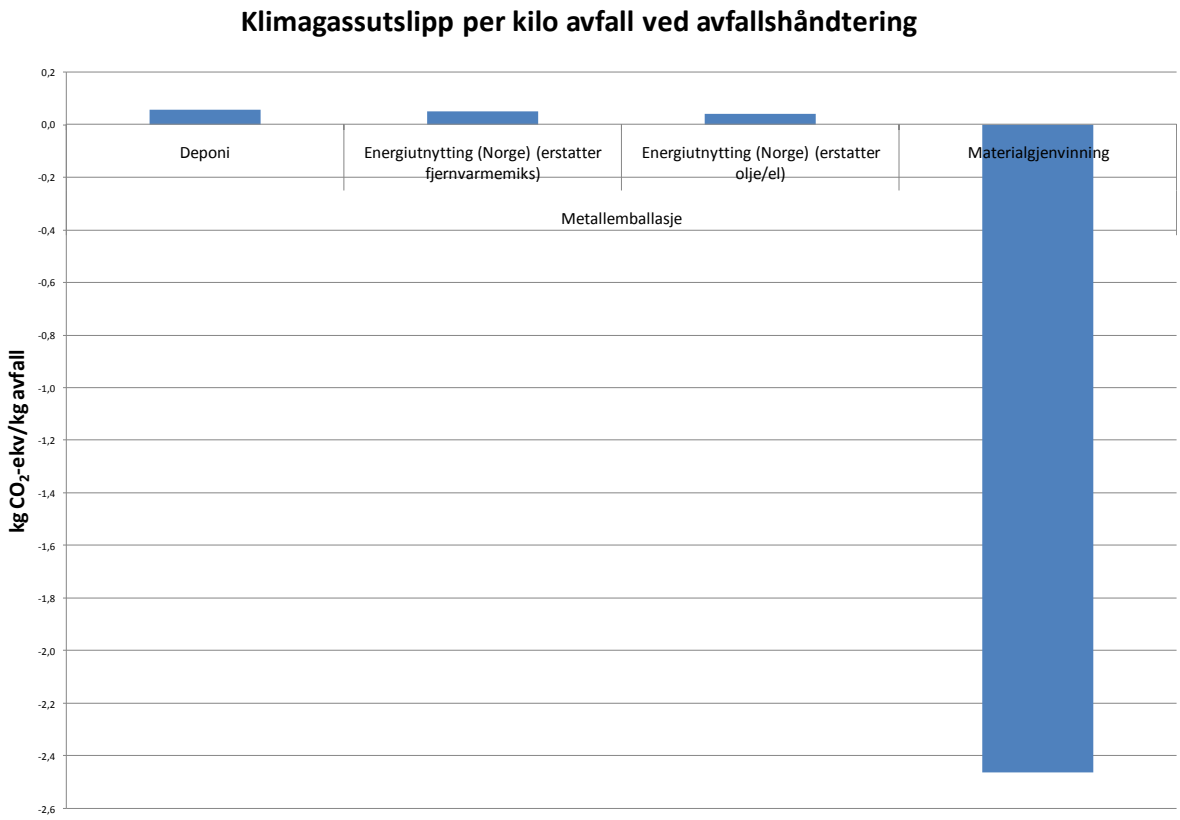


Figur 41 Klimagassutslipp fra avfallshåndtering av metallemballasje, fordelt på livsløpsfaser.

Figuren viser at systemene med deponering og energiutnyttelse medfører relativt små klimagassutslipp, noe som kommer av at metall er et tilnærmet inert materiale og derfor gir små klimagassutslipp ved denne behandlingsformen. Det medfører også at ulik erstatning av energibærere i energiutnyttelsesalternativet ikke vil påvirke resultatene. I tillegg sees at materialgjenvinning medfører store sparte klimagassutslipp som følge av at resirkulert metall erstatter jomfruelig produsert metall.

Figuren viser også at materialgjenvinning medfører noe større transportbelastninger enn deponi og energigjenvinning, men at den økte belastningen er relativt liten sammenlignet med den store miljøgevinsten som oppnås ved materialgjenvinning.

Figur 42 viser netto klimagassutslipp for de samme 3 behandlingsmåtene for metallemballasje (deponering, energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg) og materialgjenvinning) ved at klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp for de ulike livsløpsfasene (transport, behandling og erstattet energi/material) er summert over systemenes livsløp.



Figur 42 Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av metallemballasje

Fra figuren sees at materialgjenvinning kommer ut som det klart beste alternativet for behandling av metallemballasje med en netto klimagevinst på ca 2,5 kg CO_2-ekvivalenter per kg metallemballasje. Systemene med energiutnyttelse og deponering medfører begge netto klimagassutslipp.

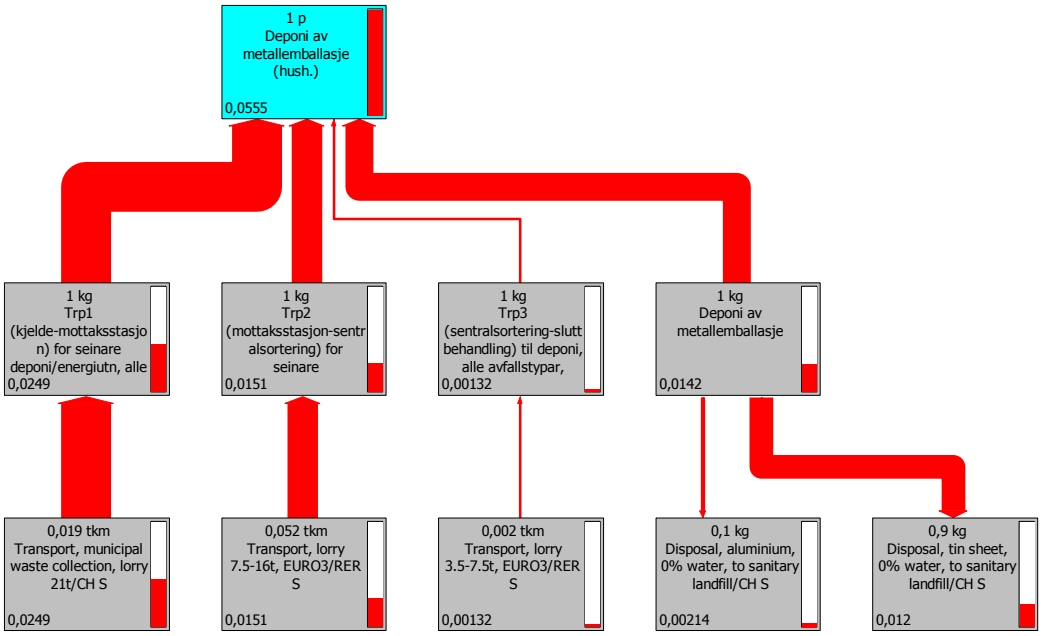
13.2.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur

Resultater studien *Environmental benefits of recycling. An international review of life cycle comparisons for key materials in the UK recycling sector* (WRAP, 2006), som har sammenlignet totalt 55 LCA-studier for 7 ulike avfallstyper, konkluderer med følgende når det gjelder miljøprofil for ulik avfallshåndtering av metall (på basis av 11 vurderte studier, totalt 20 scenarioer): Resirkulering medfører lavere miljøbelastning enn alternativene energiutnyttelse og deponering for tilnærmet alle de vurderte scenarioene og alle de vurderte miljøpåvirkningskategoriene.

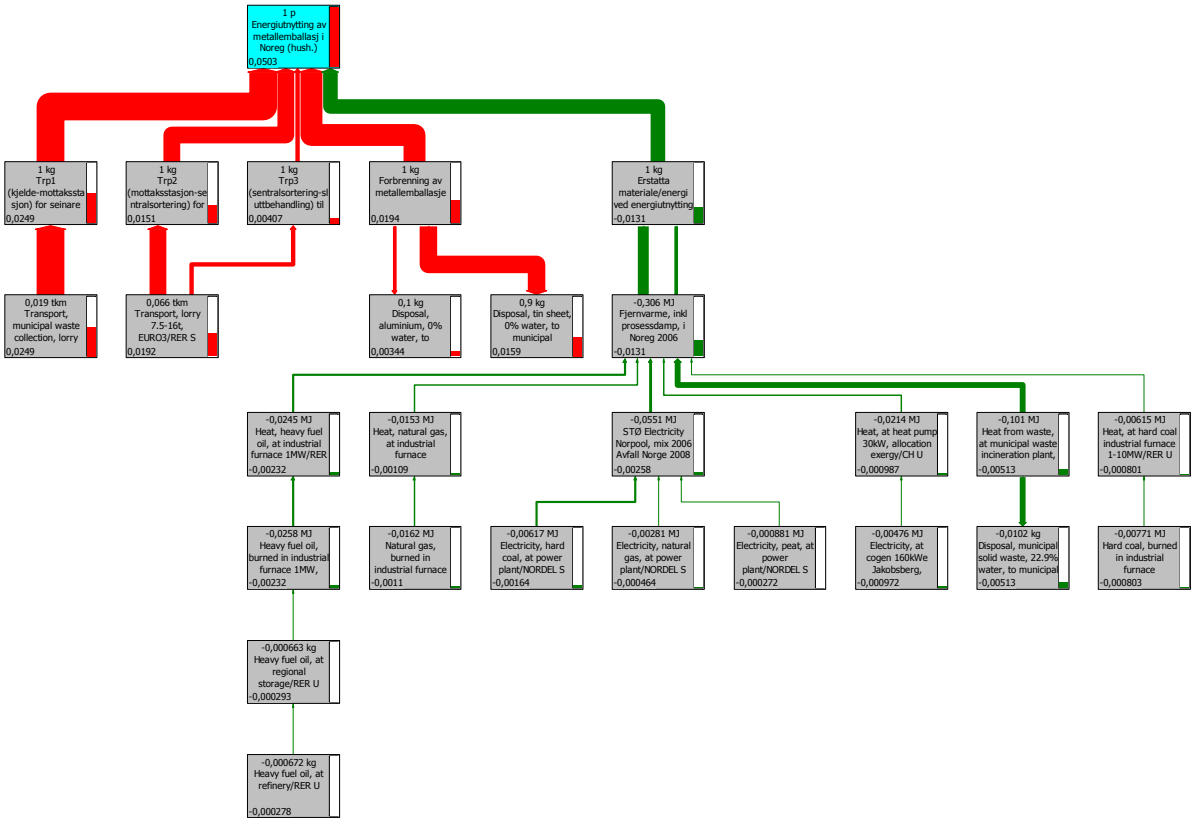
Det betyr at resultatene fra denne spesifikke studien for netto klimaregnskap ved ulik behandling av metallemballasje viser samme trend som resultatene fra ovenfor beskrevne studier.

13.2.2 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra Simapro

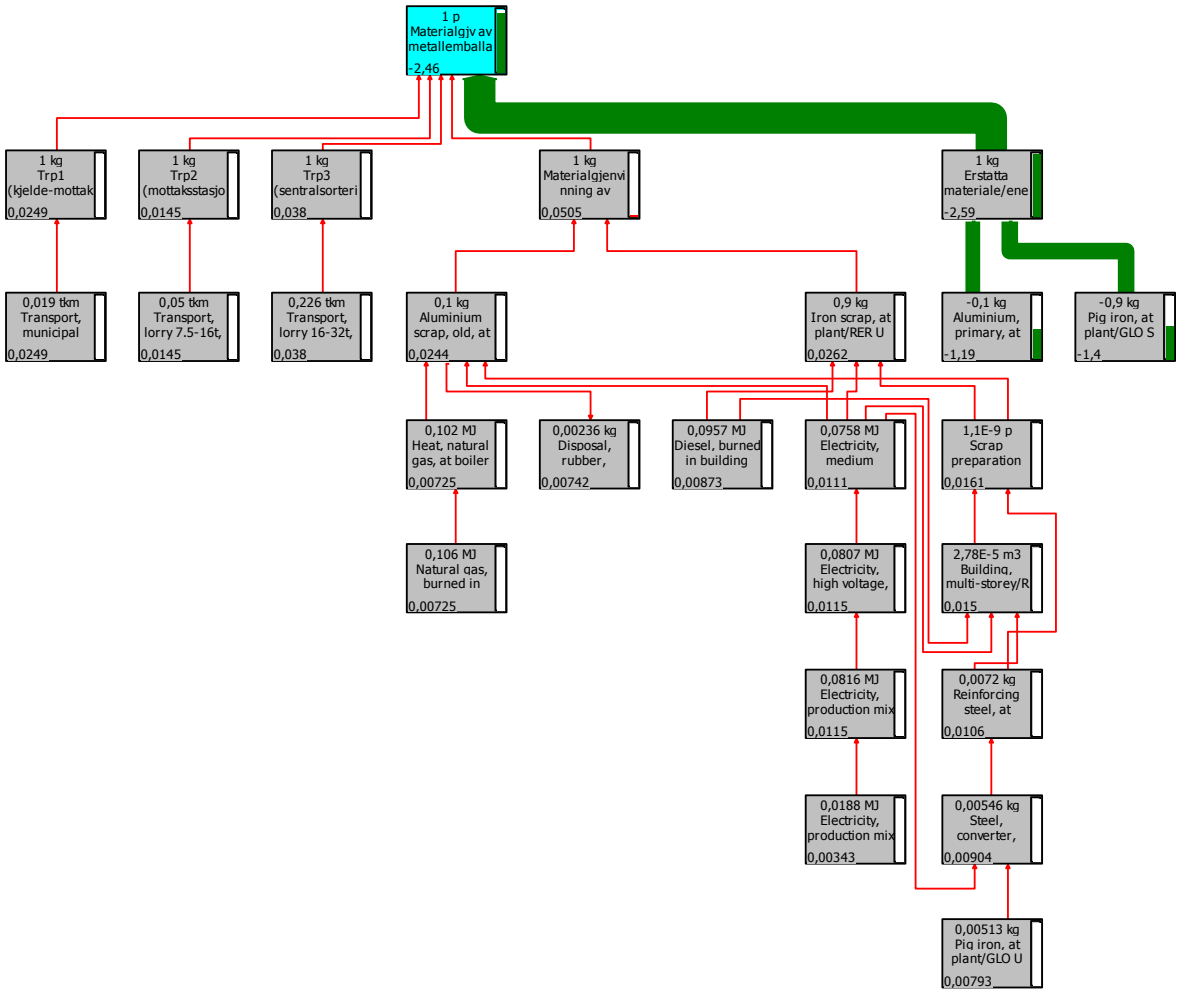
Figur 43, Figur 44 og Figur 45 viser detaljert hvor de ulike klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp oppstår, ved hjelp av et LCA-tre (direkte utskrift fra simuleringsprogrammet Simapro). Klimabelastninger og klimagevinster er vist som henholdsvis røde og grønne piler, og tykkelsen på pilene relateres til størrelsen/omfanget av belastningene/gevinstene. For nærmere beskrivelse av hvordan informasjonen i et slikt LCA-tre kan leses, vises til vedlegg 2.



Figur 43 LCA-tre over klimabelastning for **metallemballasje til deponi**. (Det er brukt en avkorting på 0,01% for å gjøre figuren leselig.)



Figur 44 LCA-tre over klimabelastning for **metallemballasje til energiutnyttelse**. (Det er brukt en avkorting på 0,5% for å gjøre figuren leselig.)



Figur 45 LCA-tre over klimabelastning for **metallemballasje til materialgjenvinning**. (Det er brukt en avkorting på 0,01% for å gjøre figuren leselig.)

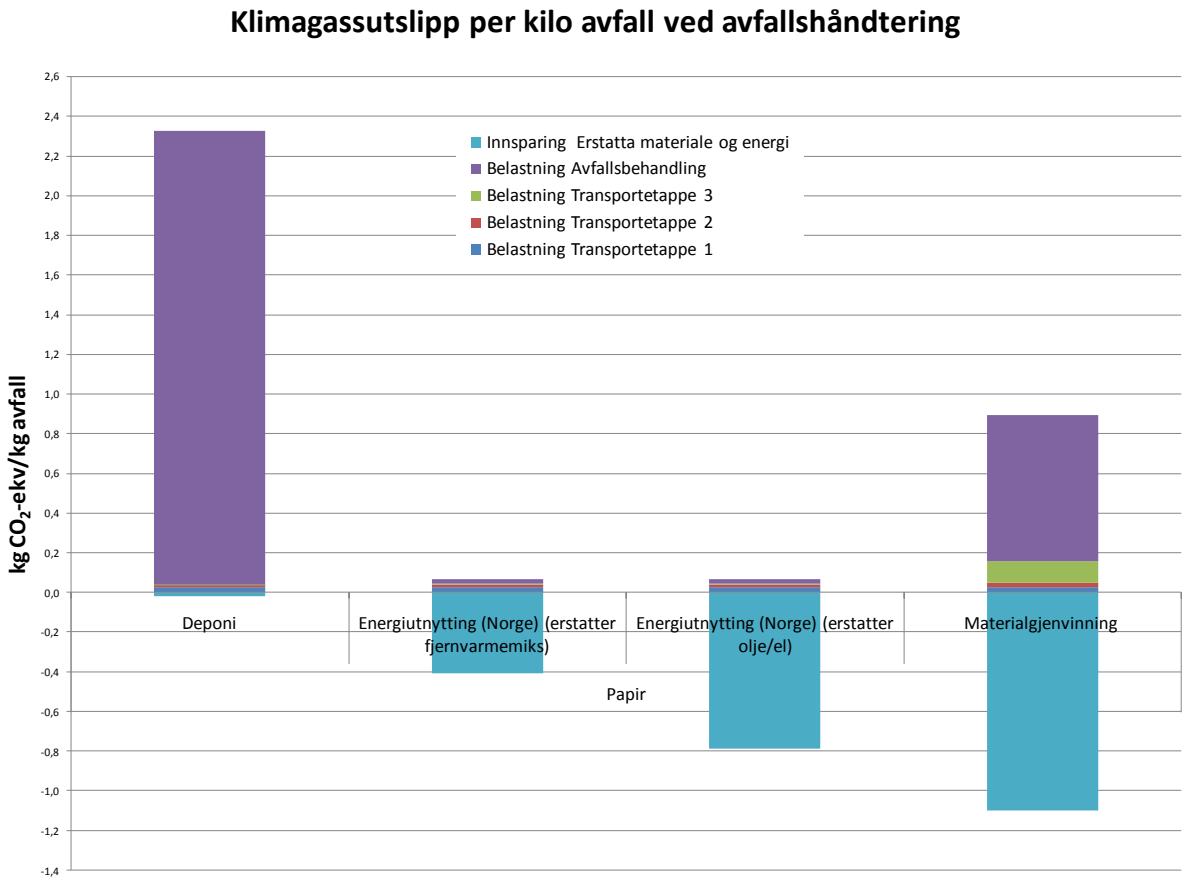
13.3 RESULTATER PAPIR

Figur 46 viser klimagassutslipp for de 3 ulike behandlingsmåtene for papir: deponering, energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg) og materialgjenvinning. Resultatene presenteres som klimagassutslipp (vist som positive tall) og sparte utslipp (vist som negative tall) for behandling av 1 kg papir, fordelt på de ulike livsløpsfasene (transport, avfallshåndtering og erstattet materiale/energi). Livsløpsfasene er presentert med følgende farger på stolpene:

- Transport: Mørk blå, rød og grønn
- Behandling: Lilla
- Erstattet material/energi: Turkis

På denne måten kommer det frem hvilke aktiviteter som bidrar til hvilke klimagassutslipp eller sparte utslipp, samt størrelsesorden på utslippene.

For beskrivelse av de ulike forutsetninger som inngår i systemene henvises til kapittel 4 og 7.

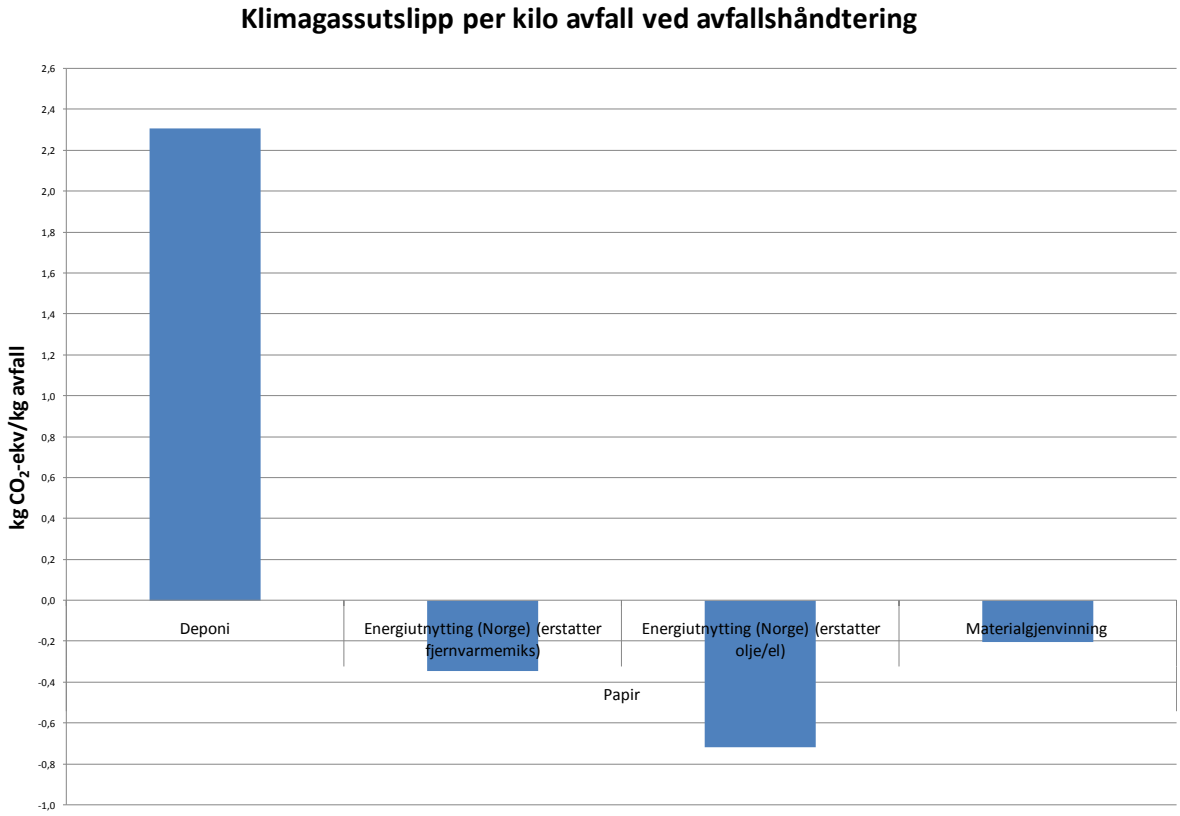


Figur 46 Klimagassutslipp fra avfallshåndtering av papir, fordelt på livsløpsfaser.

Figuren viser at systemene med deponering medfører store klimagassutslipp, som følge av at papir er et nedbrytbart materiale og således genererer store mengder metan ved deponering. Videre sees at energiutnyttelsesalternativene medfører nesten ingen CO_2-utslipp fra behandlingsfasen (fordi utslipp av biologisk CO_2 regnes som CO_2-nøytralt), mens materialgjenvinning medfører relativt store klimagassutslipp fra behandlingsfasen (ca 0,7 kg CO_2-ekvivalenter per kg papir) samt noe større transportbelastninger enn deponi og energigjenvinning.

De to energiutnyttelsesalternativene medfører begge sparte klimagassutslipp, men det er ulik verdi på de sparte klimagassutslippene fordi produsert energi erstatter ulike mikser av energibærere. Videre sees at materialgjenvinning medfører de største sparte klimagassutslippene som følge av sparte utslipp fra jomfruelig papirproduksjon.

Figur 47 viser netto klimagassutslipp for de samme 3 behandlingsmåtene for papir (deponering, energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg) og materialgjenvinning) ved at klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp for de ulike livsløpsfasene (transport, behandling og erstattet energi/material) er summert over systemenes livsløp.



Figur 47 Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av papir.

Fra figuren sees at begge energiutnyttelsesscenarioene kommer ut bedre enn materialgjenvinningsalternativet, med netto klimagevinster på henholdsvis ca 0,35 og 0,7 kg CO_2-ekvivalenter per kg papir. Materialgjenvinning gir netto klimagevinst på ca 0,2 kg CO_2-ekvivalenter per kg papir.

Forskjellen mellom de to energiutnyttelsesscenarioene viser tydelig at forutsetningen om hvilke energibærere som erstattes ved energiutnyttelse er svært viktig for analysene.

Deponering medfører klart størst klimabelastning med et netto klimagassutslipp på ca 2,3 kg CO_2-ekvivalenter per kg papir.

13.3.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur

Resultater fra studien *Environmental benefits of recycling. An international review of life cycle comparisons for key materials in the UK recycling sector* (WRAP, 2006), som har sammenlignet totalt 55 LCA-studier for 7 ulike avfallstyper, konkluderer med følgende når det gjelder miljøprofil for ulik avfallshåndtering av papir (på basis av 9 vurderte studier, totalt 68 scenarioer): Resirkulering medfører lavere miljøbelastning enn energiutnyttelse og deponering for tilnærmet alle de vurderte scenarioene for de vurderte miljøpåvirkningskategoriene energiforbruk, forsuring, overgjødsling, smogdannelse, toksisitet, arealforbruk og utslipp av organisk materiale i avløpsvann.

For miljøkategoriene forbruk av fossil energi, **utslipp av klimagasser** og avfallsgenerering er resultatene mer variert når det gjelder hva som er mest fordelaktig av resirkulering og energiutnyttelse. Tilsvarende resultater kommer også frem fra annen relevant internasjonal litteratur (Prognos AG, 2008, European Topic Centre on Waste and Material Flows, 2004, Frees et. al., 2005, Björklund et al., 2005).

Årsaken til variasjonene er hovedsakelig at resultatene er følsomme i forhold til forbruk av fossil energi i de systemene som sammenlignes, og generelt gjelder at produksjon av jomfruelig papir ofte er basert på stort forbruk av bioenergi (bark, kapp fra produksjonen og lignende), mens resirkuleringsanlegg typisk bruker større grad av fossil energi. I tillegg er energiutnyttelsesgrad og hvilke energibærere som forutsettes erstattet følsomme forutsetninger.

Med bakgrunn i konklusjonene fra ovenfor beskrevne litteratur, kan følgende oppsummeres:

1. Resultatet for sammenligning av **klimaregnskap** for energiutnyttelse og materialgjenvinning er svært følsomt i forhold til forutsetningene (bruk av fossil energi) ved materialgjenvinningsanleggene og utnyttelsesgrad/erstatning av energi ved energiutnyttelse) som inngår i analysene
2. Resultatene for tilnærmet alle andre miljøindikatorer er entydige og viser at resirkulering medfører lavere miljøbelastning enn energiutnyttelse (i liten grad følsomme for ovennevnte forutsetninger)

Som følge av dette, er det valgt å beregne to følsomhetsanalyser for sammenligning av energiutnyttelse og materialgjenvinning av papir, og en analyse som viser miljøindikatoren *Netto energiforbruk* for de samme alternativene.

13.3.2 Følsomhetsanalyser for behandling av papir

Følgende 2 følsomhetsvurderinger knyttet til avfallshåndtering av papir er beregnet:

a) Energiutnyttelsesgraden ved energiutnyttelse reduseres fra 75% (basisverdi) til 50%
b) All materialgjenvinning av papir foregår i Norge på anlegget til Norske Skog Skogn

a) <u>Reduksjon av energiutnyttelsesgrad fra 75% til 50%</u>

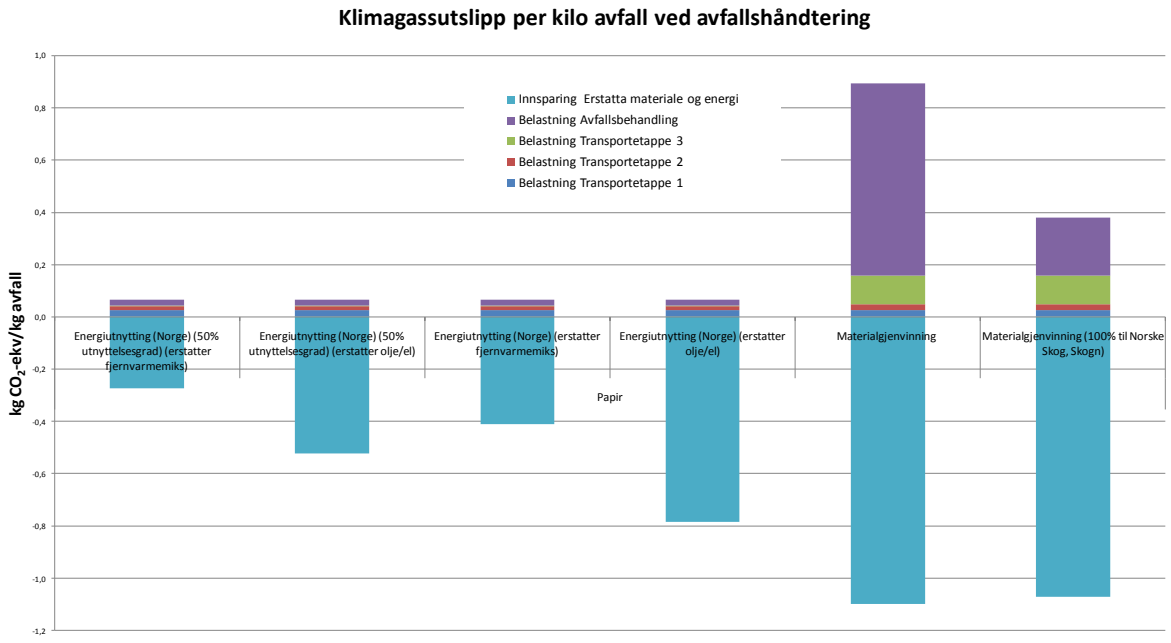
Som beskrevet i kapittel 4.4.2, er det i som basisverdi forutsatt en energiutnyttelsesgrad i forbrenningsanlegg på 75% (gjennomsnitt i Norge, SSB 2008b)). I Norge finnes det anlegg som har både høyere og lavere energiutnyttelsesgrad enn dette, og for å få frem hvor stor påvirkning dette har for resultatet, er det beregnet en følsomhetsanalyse der energiutnyttelsesgraden reduseres til 50%. Resultatene er presentert sammen med basisalternativene i Figur 48 og Figur 49.

b) <u>All materialgjenvinning på Norske Skog Skogn</u>

Som beskrevet i kapittel 7.3, er det i materialgjenvinningssystemet forutsatt, på basis av data fra Norsk Industri (Norsk Industri, 2008), at halvparten av papiret blir behandlet på anlegget til Norske Skog Skogn, mens resten av papiret transporteres for behandling i utlandet (litteraturdata). I analysene inngår spesifikke data fra Norske Skog Skogn, mens det er benyttet litteraturdata for behandlingsprosessen som skjer i utlandet (Europeisk gjennomsnitt, Ecoinvent 2.0) Resultatet er påvirket av denne fordelingen, fordi prosessene ved materialgjenvinning på Skogn og på et gjennomsnittlig europeisk anlegg har ulik klimabelastning.

For å få frem hvor stor påvirkning dette har for resultatet, er det gjort en følsomhetsanalyse der 100% av papiret forutsettes å bli behandlet på anlegget til Norske Skog Skogn. Resultatene er presentert sammen med basisalternativene i Figur 48 og Figur 49.

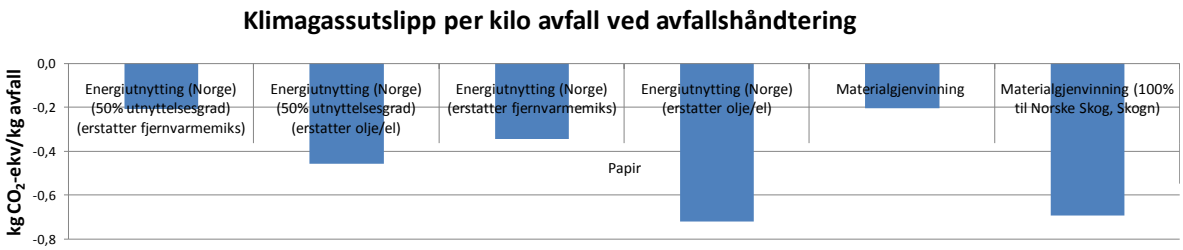
.



Figur 48 Klimagassutslipp fra avfallshåndtering av papir, fordelt på livsløpsfaser. Følsomhetsanalyse av 50% energiutnyttelse og 100% materialgjenvinning på anlegget til Norske Skog Skogn, sammenlignet med basisalternativene.

Fra Figur 48 sees at reduksjon av energiutnyttelsesgrad fører til betydelig redusert klimagevinst (ca 35% reduksjon) for energiutnyttelsesalternativene (vist ved turkis, negativ stolpe) fordi man får erstattet en mindre mengde av produsert avfallsenergi. Videre sees at dersom 100% av papiret blir behandlet på Norske Skog Skogn sitt anlegg, blir klimabelastningene fra behandlingsfasen (materialgjenvinningsanlegget) redusert med ca 0,5 kg CO_2-ekvivalenter (ca 60%) per kg papir fordi anlegget på Skogn har bedre klimaprofil fra sin produksjon enn et gjennomsnittlig resirkuleringsanlegg (vist ved lilla, positiv stolpe).

Figur 49 viser netto klimagassutslipp for de samme scenarioene ved at klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp for de ulike livsløpsfasene (transport, behandling og erstattet energi/material) er summert over systemenes livsløp.



Figur 49 Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av papir. Følsomhetsanalyse av 50% energiutnyttelse og 100% materialgjenvinning på anlegget til Norske Skog Skogn, sammenlignet med basisalternativene.

Fra figuren sees at netto sparte klimagassutslipp ved materialgjenvinning økes til ca -0,7 kg CO_2-ekvivalenter per kg papir (fra ca -0,2 kg CO_2-ekvivalenter per kg papir) ved å endre forutsetningen om hvor papiret blir materialgjenvunnet. Dermed gir materialgjenvinning bedre eller tilnærmet lik klimanytte som alle de vurderte energiutnyttelsesscenarioene.

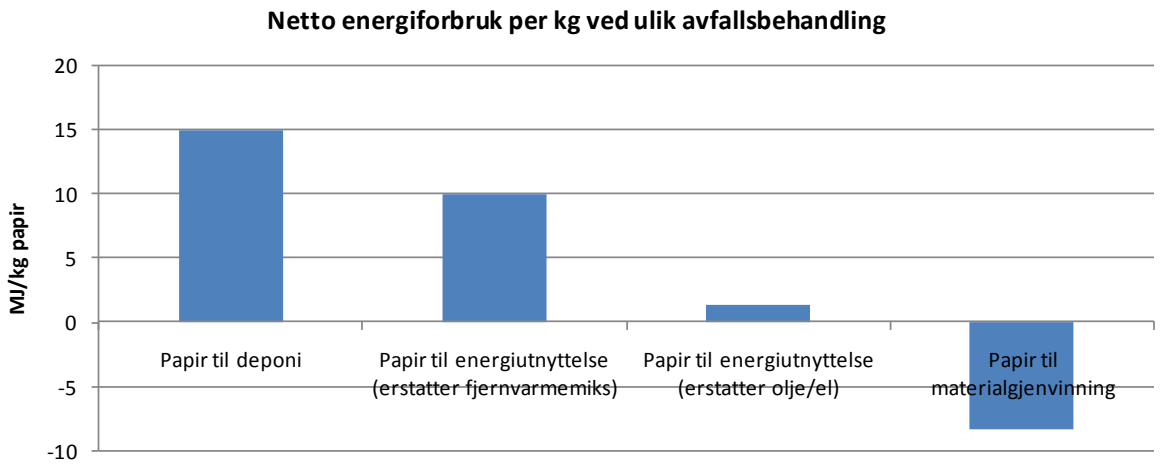
Videre sees at dersom energiutnyttelsesgraden reduseres til 50%, vil energiutnyttelsesscenarioet med erstatning av olje/el medføre tilnærmet lik klimagevinst som gjennomsnittsalternativet for materialgjenvinning (Norge/Europa).

Konklusjonene fra følsomhetsanalysene er at resultatet for sammenligning av materialgjenvinning og energiutnyttelse av papir er svært avhengig av hvor papiret blir gjenvunnet, samt energiutnyttelsesgrad og type energibærer som erstattes ved energiutnyttelse. Rangeringen mellom energiutnyttelse og materialgjenvinning av papir er altså avhengig av energiutnyttelsesgrad ved det aktuelle forbrenningsanlegg, type energibærere som forutsettes erstattet og spesifikke forhold på det aktuelle materialgjenvinningsanlegg. Dette er i tråd med internasjonal litteratur, jfr. diskusjoner i kapittel 13.3.1.

13.3.3Analyse av netto energiforbruk ved ulik behandling av papir

Med bakgrunn i resultatene fra gjennomgått internasjonal litteratur (se over) som konkluderer med at resirkulering medfører lavere miljøbelastning enn energiutnyttelse og deponering for miljøpåvirkningskategoriene *Totalt energiforbruk*, er det gjennomført en analyse av *Netto energiforbruk* med basis i de analyserte systemene for behandling av papir. Resultatene er presentert i Figur 50.

.

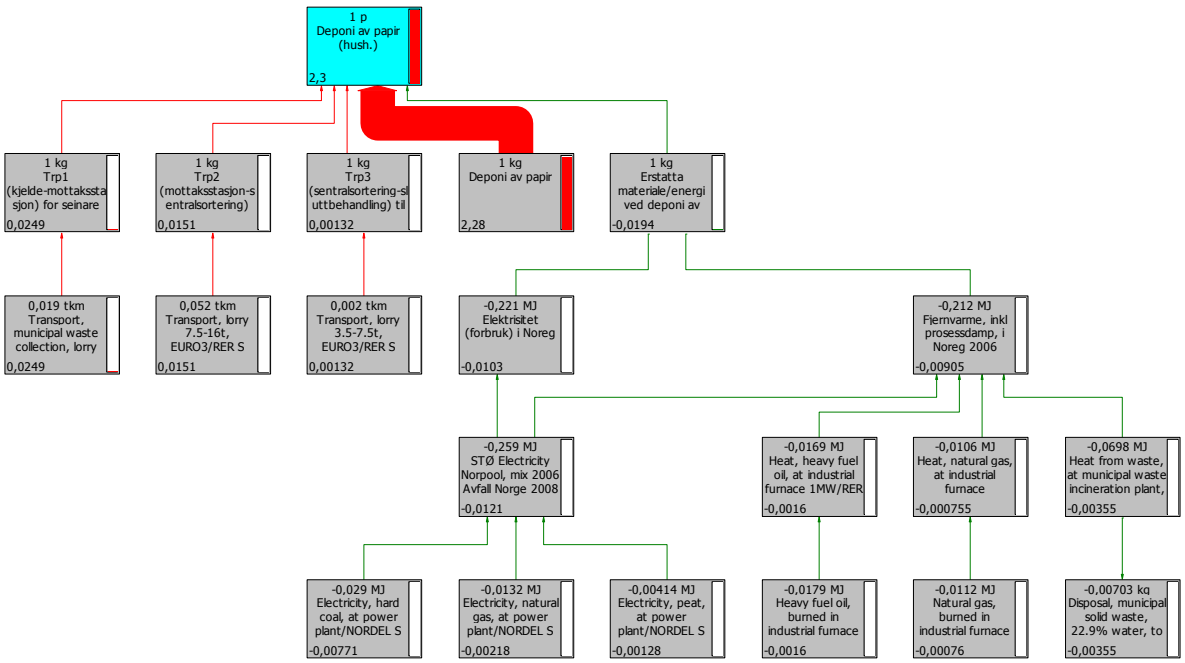


Figur 50 Netto energiforbruk for avfallshåndtering av papir.

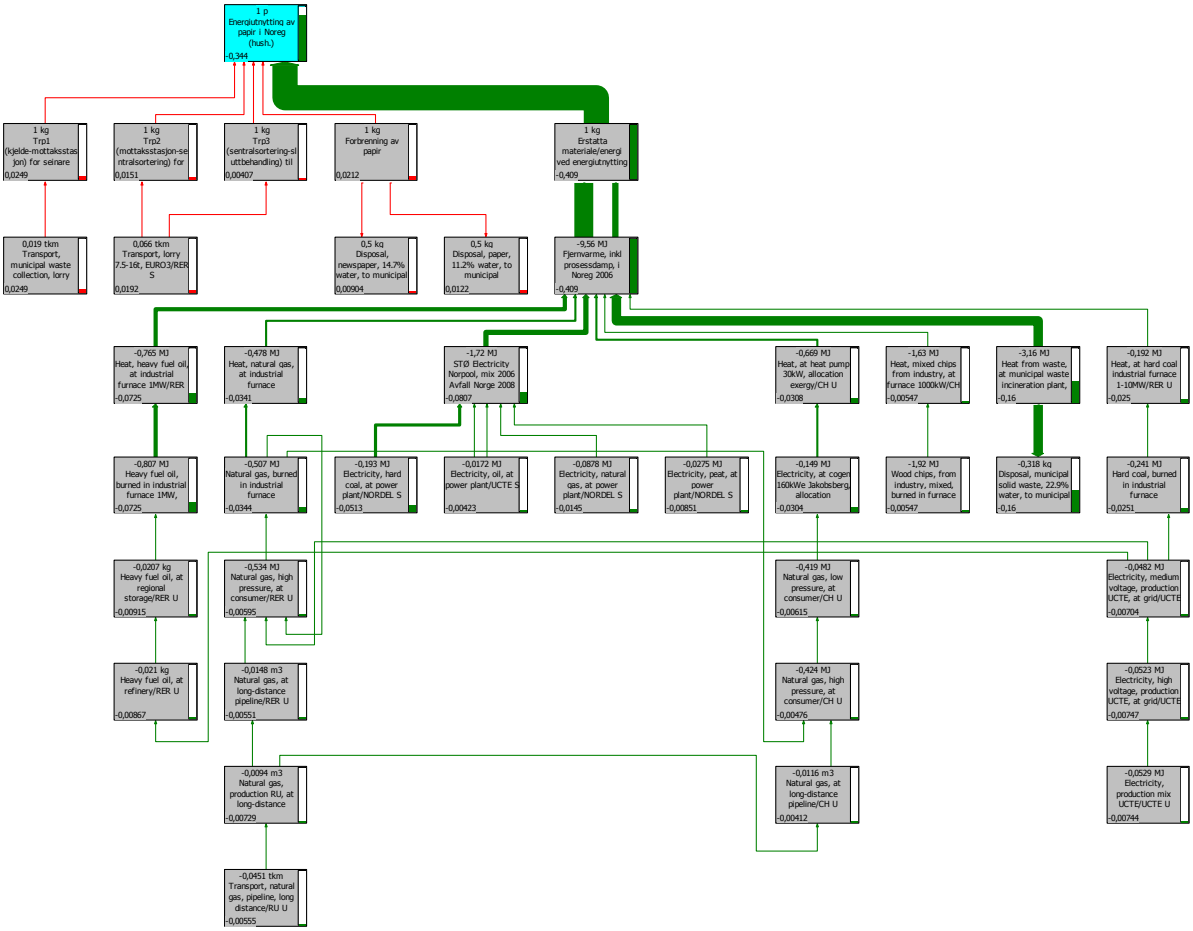
Fra figuren sees at resultatene er i tråd med resultatene fra ovennevnte internasjonale studier, nemlig at materialgjenvinning medfører klart størst besparelse i netto energiforbruk i forhold til energiutnyttelse (uavhengig av hvilke energibærere som erstattes) og deponering.

13.3.4 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra Simapro

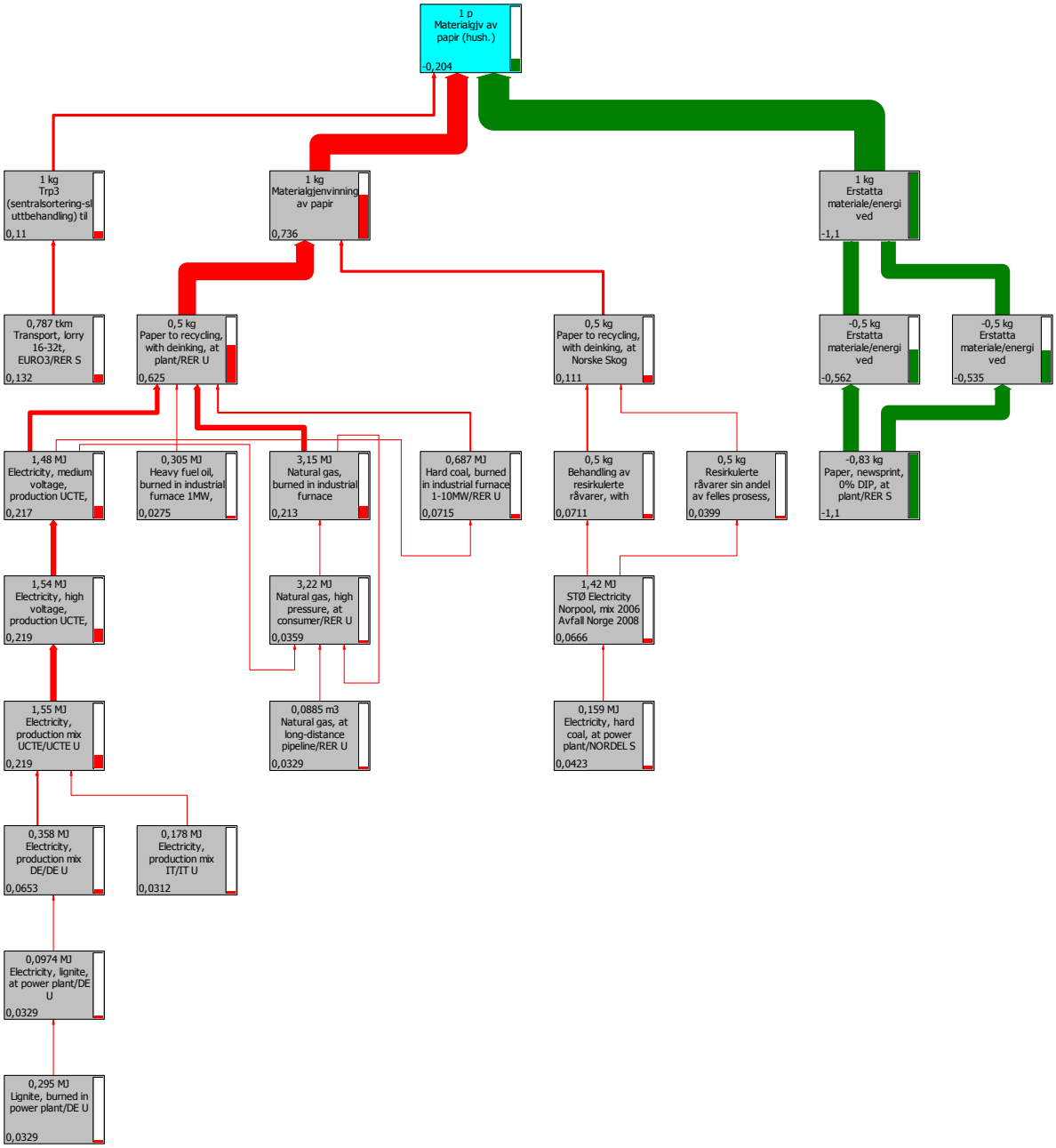
Figur 51, Figur 52 og Figur 53 viser detaljert hvor de ulike klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp oppstår, ved hjelp av et LCA-tre (direkte utskrift fra simuleringsprogrammet Simapro). Klimabelastninger og klimagevinster er vist som henholdsvis røde og grønne piler, og tykkelsen på pilene relateres til størrelsen/omfanget av belastningene/gevinstene. For nærmere beskrivelse av hvordan informasjonen i et slikt LCA-tre kan leses, vises til vedlegg 2.



Figur 51 LCA-tre over klimabelastning for **papir til deponi**. (Det er brukt en avkorting på 0,03% for å gjøre figuren leselig.)



Figur 52 LCA-tre over klimabelastning for **papir til energiutnyttelse**. (Det er brukt en avkorting på 0,8% for å gjøre figuren leselig.)



Figur 53 LCA-tre over klimabelastning for **papir til materialgjenvinning**. (Det er brukt en avkorting på 0,01% for å gjøre figuren leselig.)

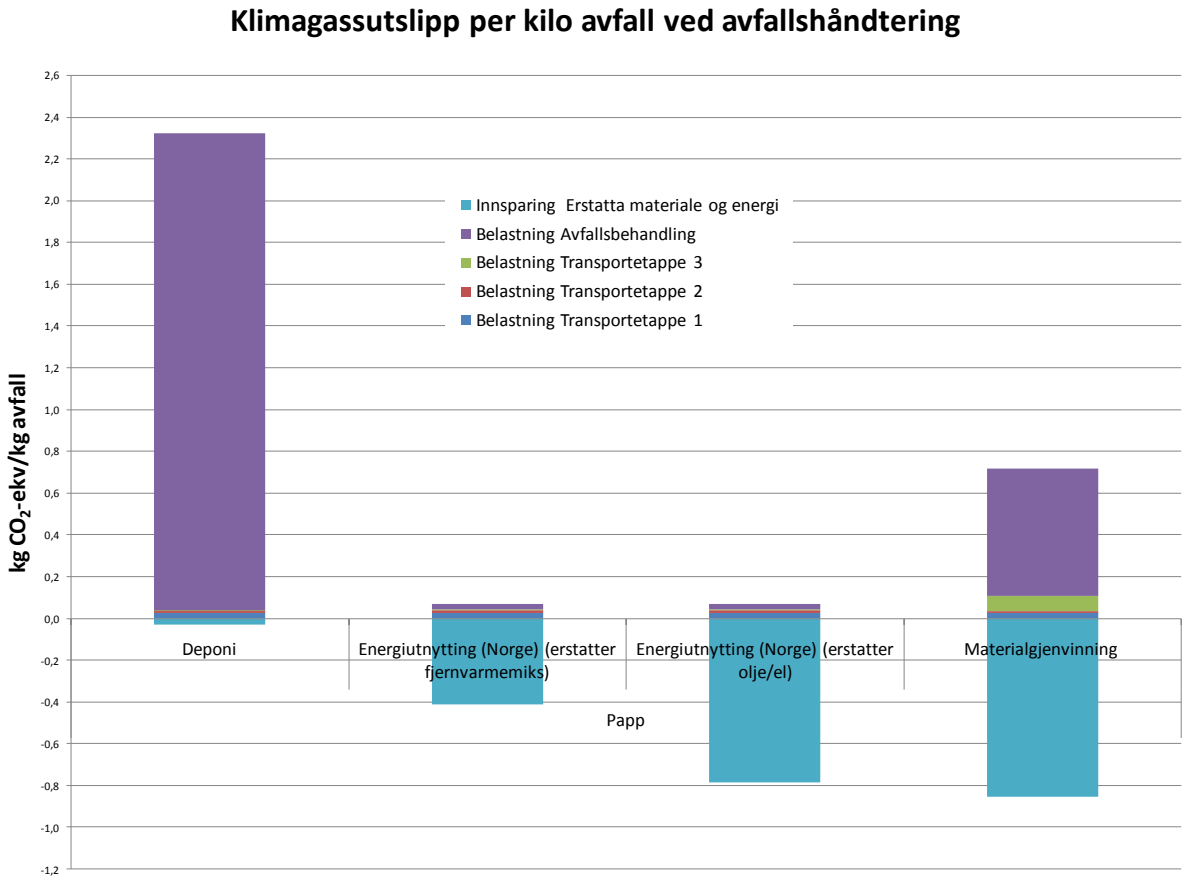
13.4 RESULTATER PAPP

Figur 54 viser klimagassutslipp for de 3 ulike behandlingsmåtene for papp: deponering, energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg) og materialgjenvinning. Resultatene presenteres som klimagassutslipp (vist som positive tall) og sparte utslipp (vist som negative tall) for behandling av 1 kg papir, fordelt på de ulike livsløpsfasene (transport, avfallshåndtering og erstattet materiale/energi). Livsløpsfasene er presentert med følgende farger på stolpene:

- Transport: Mørk blå, rød og grønn
- Behandling: Lilla
- Erstattet material/energi: Turkis

På denne måten kommer det frem hvilke aktiviteter som bidrar til hvilke klimagassutslipp eller sparte utslipp, samt størrelsesorden på utslippene.

For beskrivelse av de ulike forutsetninger som inngår i systemene henvises til kapittel 4 og 8.



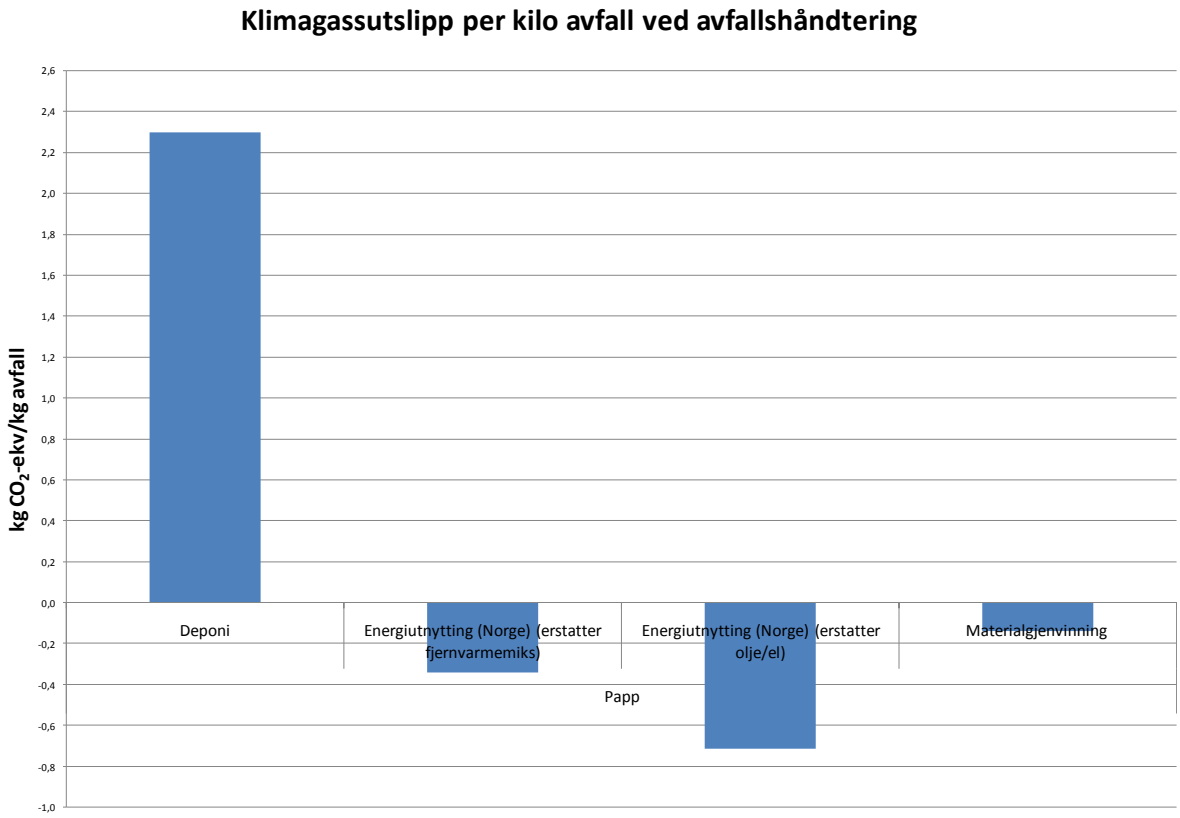
Figur 54 Klimagassutslipp fra avfallshåndtering av papp, fordelt på livsløpsfaser.

Figuren viser at systemene med deponering medfører størst klimagassutslipp, som følge av at papp er et nedbrytbart materiale og således genererer store mengder metan ved deponering. Videre sees at energiutnyttelsesalternativene medfører tilnærmet ingen CO_2-utslipp fra

behandlingsfasen (fordi utslipp av biologisk CO_2 regnes som CO_2-nøytralt), mens materialgjenvinning medfører relativt store klimagassutslipp fra behandlingsfasen (ca 0,7 kg CO_2-ekvivalenter per kg papp) samt noe større transportbelastninger enn deponi og energigjenvinning.

De to energiutnyttelsesalternativene medfører begge sparte klimagassutslipp, men det er ulik verdi på de sparte klimagassutslippene fordi produsert energi erstatter ulike mikser av energibærere. Videre sees at materialgjenvinning medfører de største sparte klimagassutslippene som følge av sparte utslipp fra jomfruelig papproduksjon.

Figur 55 viser netto klimagassutslipp for de samme 3 behandlingsmåtene for papp (deponering, energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg) og materialgjenvinning) ved at klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp for de ulike livsløpsfasene (transport, behandling og erstattet energi/material) er summert over systemenes livsløp.



Figur 55 Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av papp

Fra figuren sees at begge energiutnyttelsesscenarioene kommer ut bedre enn materialgjenvinningsalternativet, med netto klimagevinster på henholdsvis ca 0,35 og 0,7 kg CO_2-ekvivalenter per kg papir. Materialgjenvinning gir netto klimagevinst på ca 0,15 kg CO_2-ekvivalenter per kg papir.

Forskjellen mellom de to energiutnyttelsesscenarioene viser tydelig at forutsetningen om hvilke energibærere som erstattes ved energiutnyttelse er svært viktig for analysene.

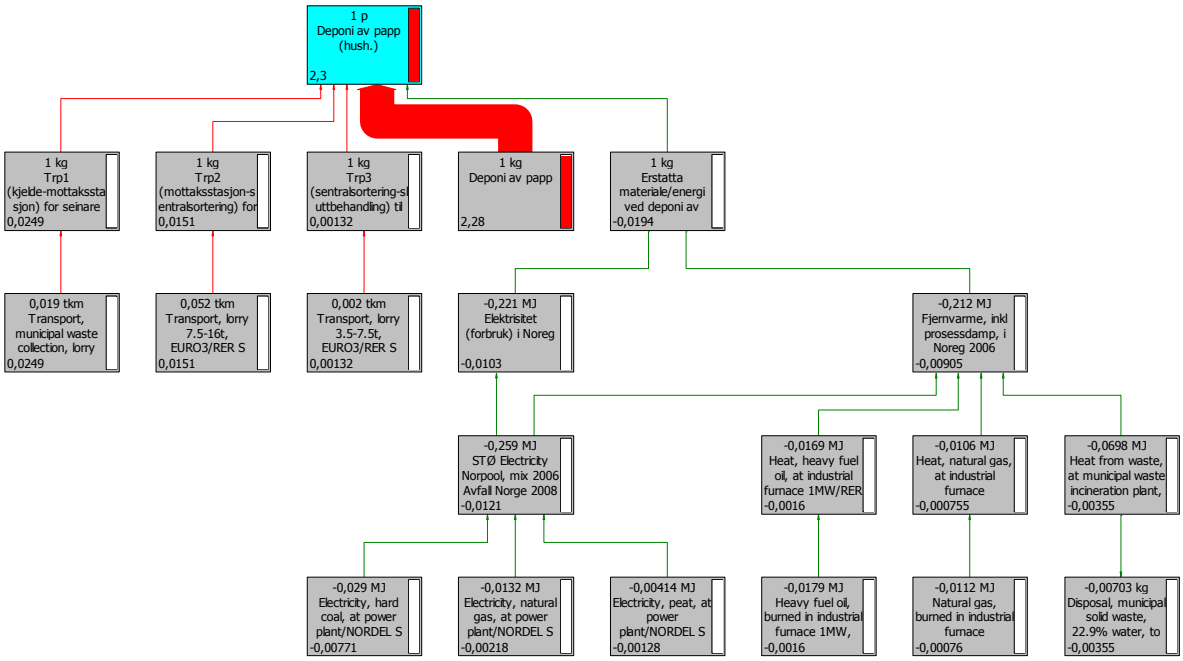
Deponering medfører klart størst klimabelastning med et netto klimagassutslipp på ca 2,3 kg CO_2-ekvivalenter per kg papir.

13.4.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur

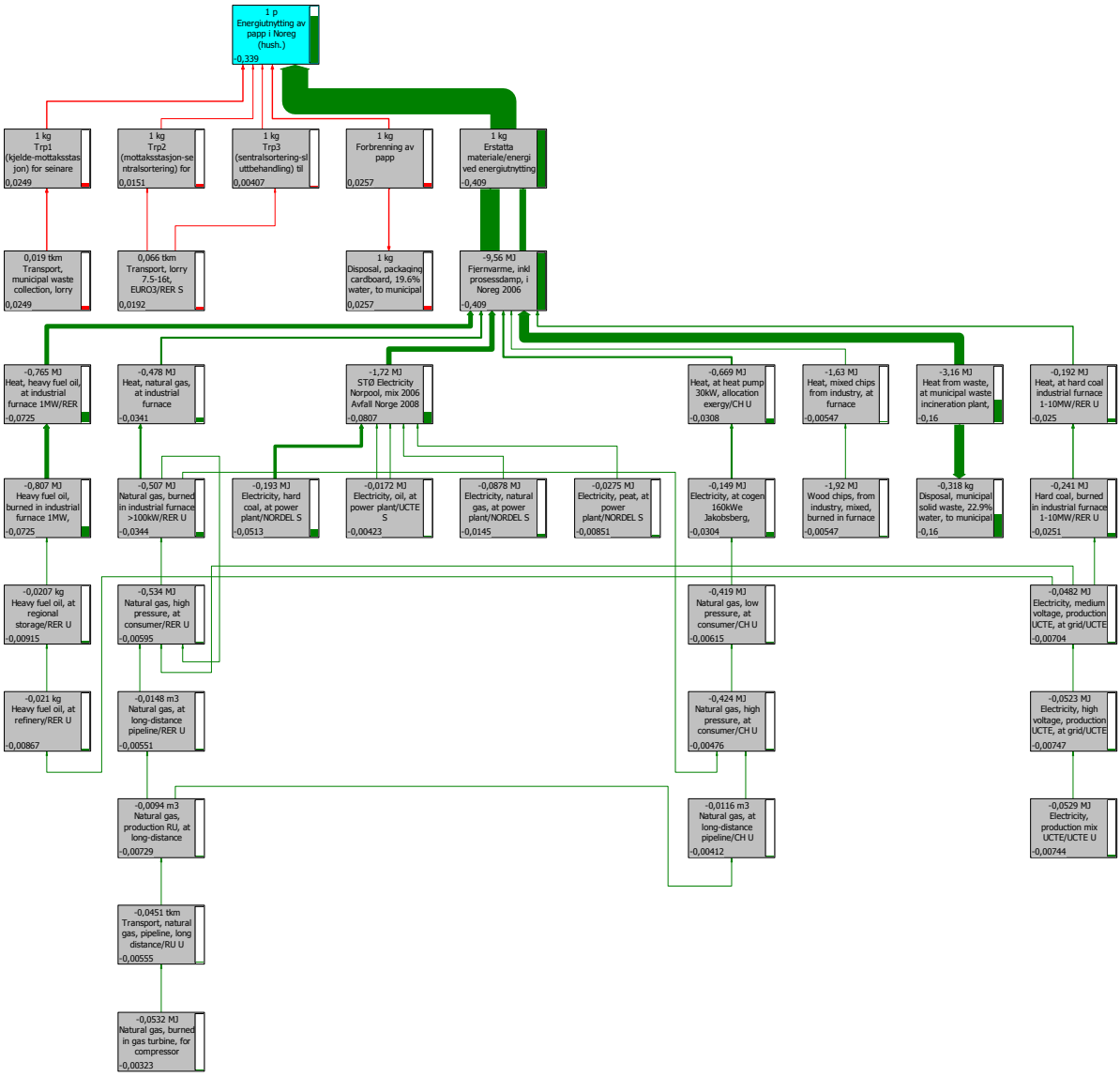
For vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur, er avfallstypene papp og papir slått sammen og det vises derfor til kommentarer/beskrivelse i kapittel 13.3.1.

13.4.2 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra Simapro

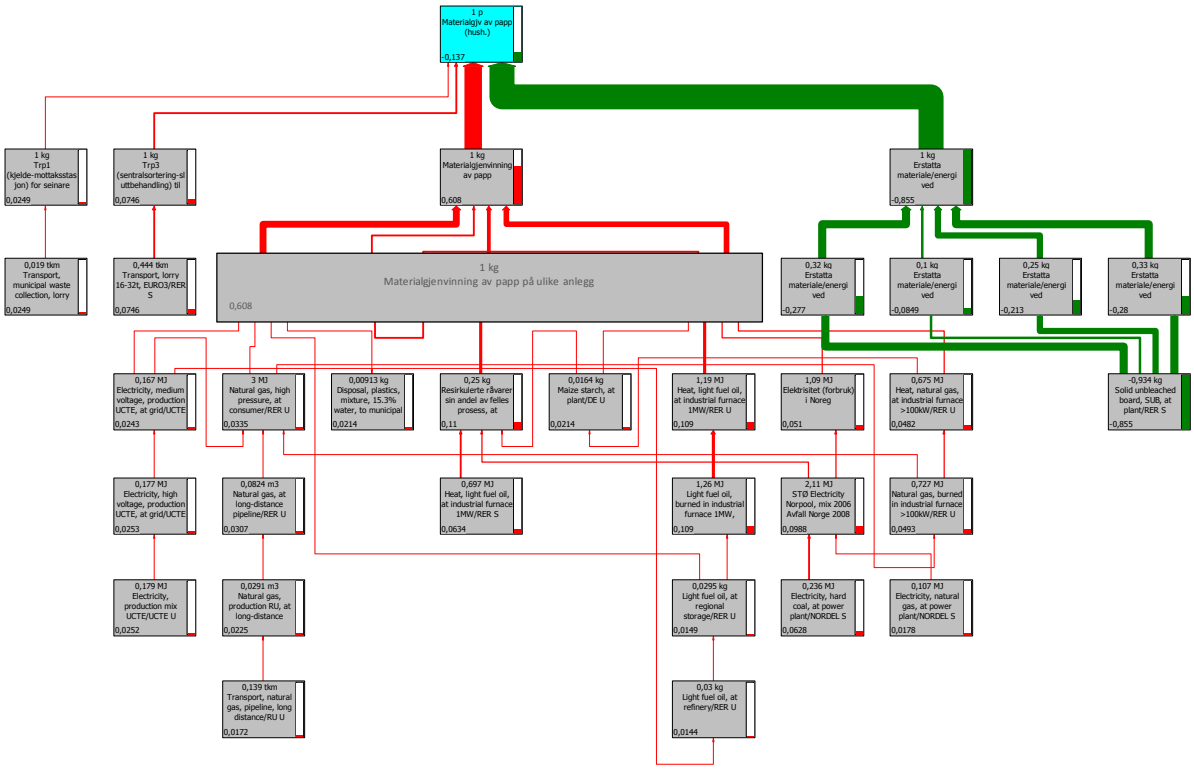
Figur 56, Figur 57 og Figur 58 viser detaljert hvor de ulike klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp oppstår, ved hjelp av et LCA-tre. Klimabelastninger og klimagevinster er vist som henholdsvis røde og grønne piler, og tykkelsen på pilene relateres til størrelsen/omfanget av belastningene/gevinstene. For nærmere beskrivelse av hvordan informasjonen i et slikt LCA-tre kan leses, vises til vedlegg 2.



Figur 56 LCA-tre over klimabelastning for **papp til deponi**. (Det er brukt en avkorting på 0,03% for å gjøre figuren leselig.)



Figur 57 LCA-tre over klimabelastning for **papp til energiutnyttelse**. (Det er brukt en avkorting på 0,7% for å gjøre figuren leselig.)



Figur 58 LCA-tre over klimabelastning for **papp til materialgjenvinning**. (Det er brukt en avkorting på1,6% for å gjøre figuren leselig.)

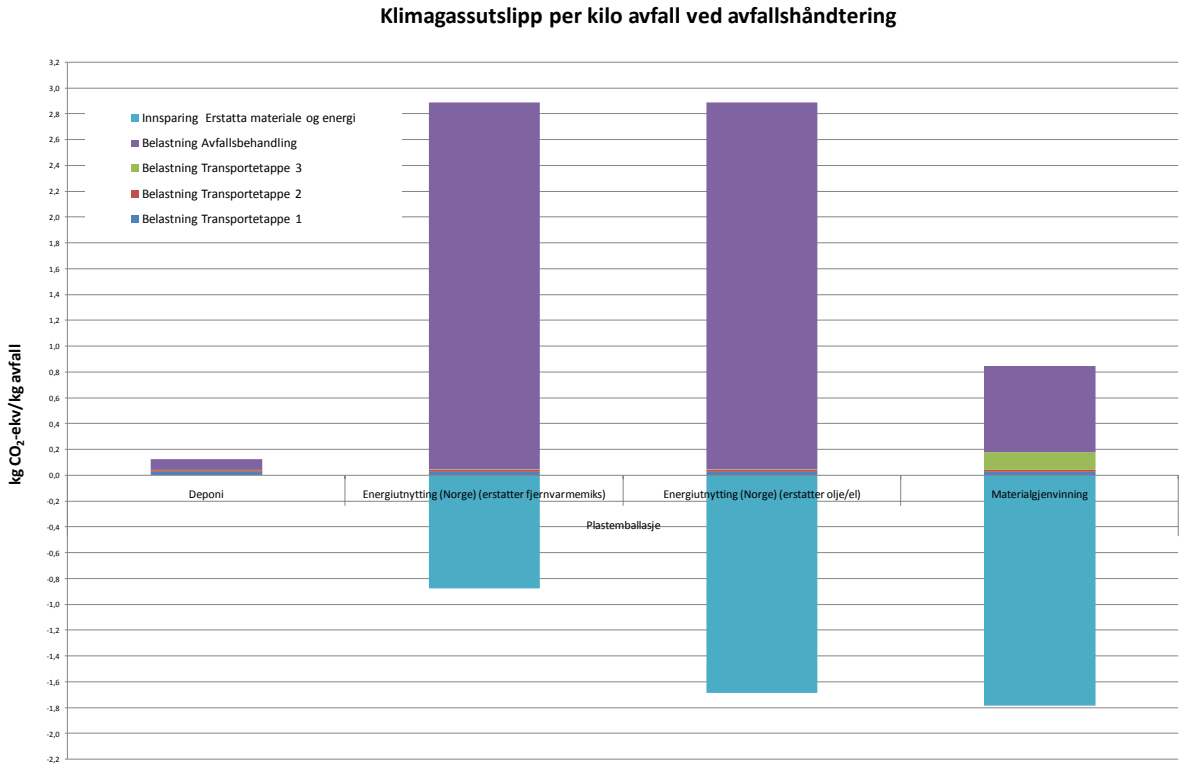
13.5 RESULTATER PLASTEMBALLASJE

Figur 59 viser klimagassutslipp for de 3 ulike behandlingsmåtene for plastemballasje: deponering, energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg) og materialgjenvinning. Resultatene presenteres som klimagassutslipp (vist som positive tall) og sparte utslipp (vist som negative tall) for behandling av 1 kg plastemballasje, fordelt på de ulike livsløpsfasene (transport, avfallshåndtering og erstattet materiale/energi). Livsløpsfasene er presentert med følgende farger på stolpene:

- Transport: Mørk blå, rød og grønn
- Behandling: Lilla
- Erstattet material/energi: Turkis

På denne måten kommer det frem hvilke aktiviteter som bidrar til hvilke klimagassutslipp eller sparte utslipp, samt størrelsesorden på utslippene.

For beskrivelse av de ulike forutsetninger som inngår i systemene henvises til kapittel 4 og 9.



Figur 59 Klimagassutslipp fra avfallshåndtering av plastemballasje, fordelt på livsløpsfaser.

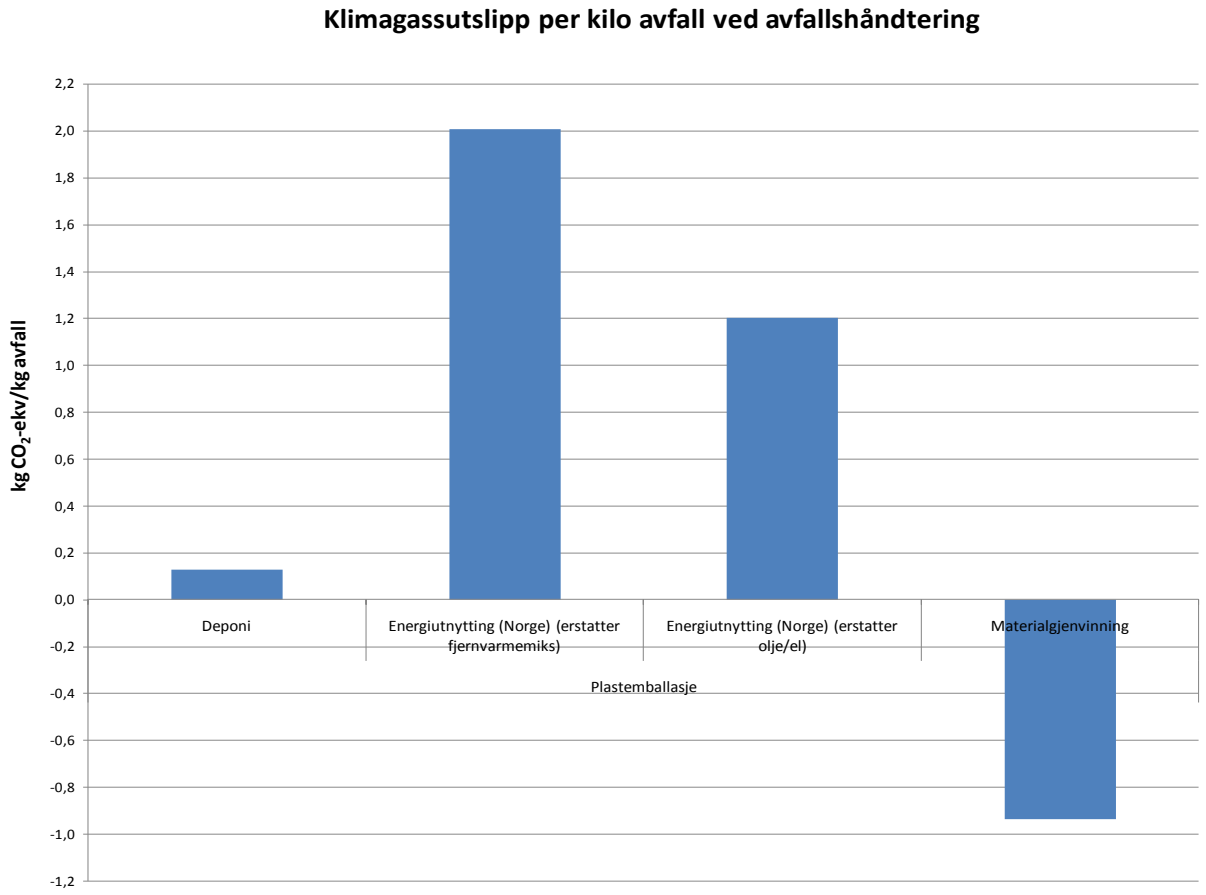
Figuren viser at systemet med deponering medfører klimagassutslipp for alle livsløpsfasene, mens både energiutnyttelse og materialgjenvinning medfører sparte klimagassutslipp som

følge av at produsert energimengde og råstoff fra plastemballasjen erstatter fossil energi og jomfruelig produsert råstoff. De to energiutnyttelsesalternativene medfører begge sparte klimagassutslipp, men det er ulik verdi på de sparte klimagassutslippene fordi produsert energi erstatter ulike mikser av energibærere.

Videre sees at utslippene fra behandlingsfasen er større for energiutnyttelsesalternativene enn for materialgjenvinning som følge av at forbrenning av plast medfører fossile CO_2-utslipp som er større enn klimagassutslipp tilknyttet resirkuleringsprosessene for plast. Det presiseres at det for materialgjenvinning er tatt hensyn til at det er svinn i materialgjenvinningsprosessen, og at dette går til forbrenning.

Figuren viser også at materialgjenvinning medfører større transportbelastninger enn deponi og energigjenvinning, men at den økte belastningen er relativt liten sammenlignet med den store miljøgevinsten som oppnås ved materialgjenvinning.

Figur 60 viser netto klimagassutslipp for de samme 3 behandlingsmåtene for plastemballasje (deponering, energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg) og materialgjenvinning) ved at klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp for de ulike livsløpsfasene (transport, behandling og erstattet energi/material) er summert over systemenes livsløp.



Figur 60 Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av plastemballasje

Figuren viser at materialgjenvinning gir klart best klimaregnskap med en netto miljøgevinst på ca 0,9 kg CO_2-ekvivalenter per kg plastemballasje som samles inn. Videre sees at energiutnyttelse i avfallsforbrenningsanlegg gir dårligst klimaregnskap med netto miljøbelastning på henholdsvis ca 1,2 og 2,0 kg CO_2- ekvivalenter per kg plastemballasje, avhengig av hvilke energibærere som forutsettes erstattet.

Deponering av plastemballasje medfører bedre resultat enn energiutnyttelse med en netto miljøbelastning på ca 0,1 kg CO_2-ekvivalenter per kg plastemballasje. Årsaken til dette er at plast er lite nedbrytbart og således bidrar med små klimagassutslipp ved deponering.

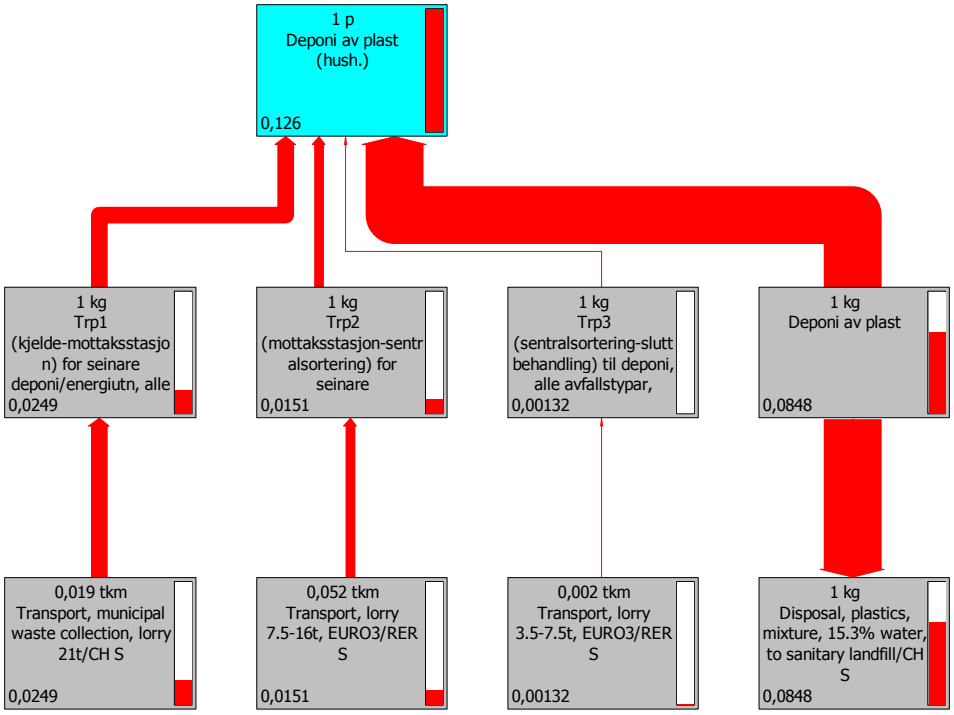
13.5.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur

Resultater studien *Environmental benefits of recycling. An international review of life cycle comparisons for key materials in the UK recycling sector* (WRAP, 2006), som har sammenlignet totalt 55 LCA-studier for 7 ulike avfallstyper, konkluderer med følgende når det gjelder miljøprofil for ulik avfallshåndtering av papir (på basis av 10 vurderte studier, totalt 60 scenarioer): Resirkulering medfører lavere miljøbelastning enn alternativene energiutnyttelse og deponering for alle de vurderte scenarioene for alle de vurderte miljøpåvirkningskategoriene.

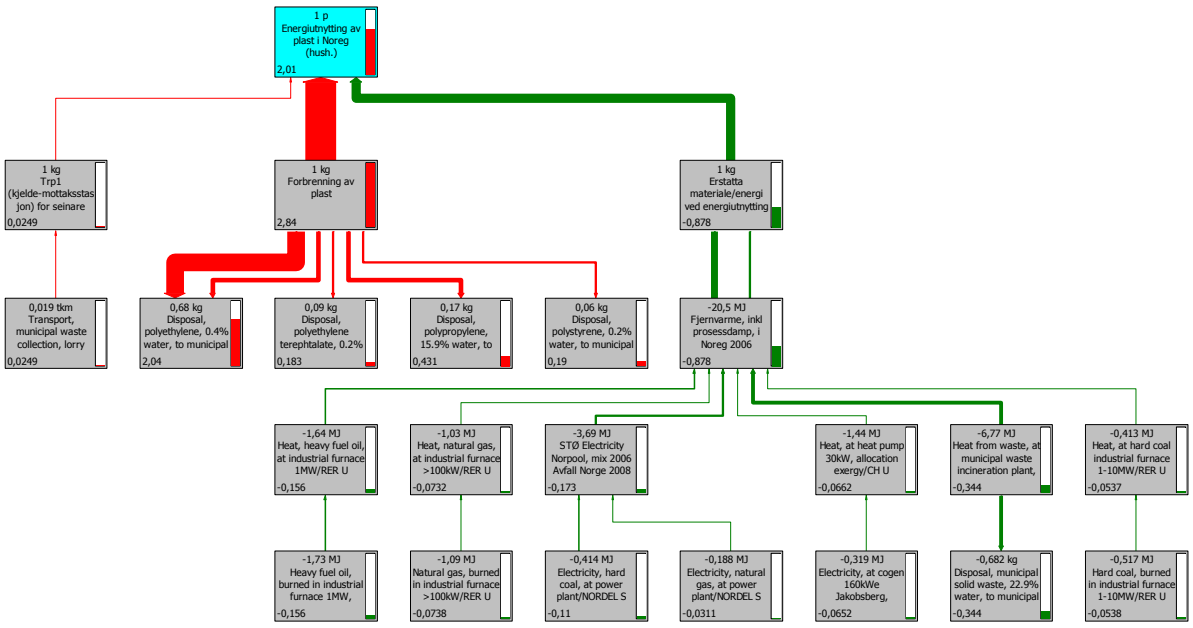
Det betyr at resultatene fra denne spesifikke studien for netto klimaregnskap ved ulik behandling av plastemballasje viser samme trend som resultatene fra ovenfor beskrevne studier.

13.5.2 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra Simapro

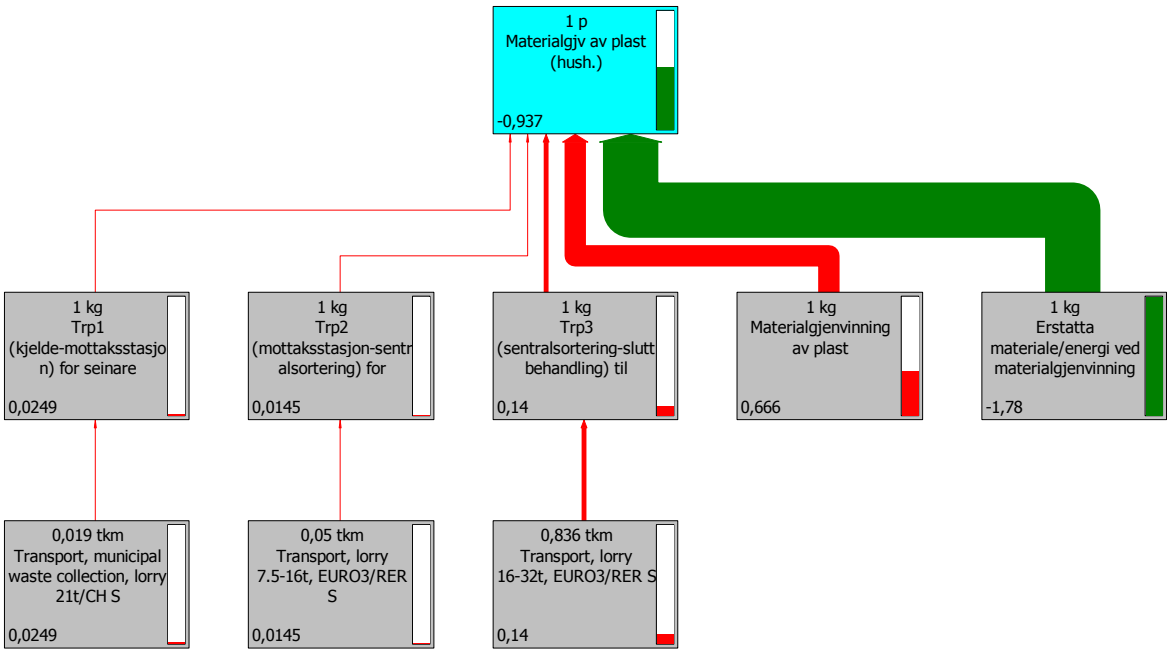
Figur 61, Figur 62 og Figur 63 viser detaljert hvor de ulike klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp oppstår, ved hjelp av et LCA-tre (direkte utskrift fra simuleringsprogrammet Simapro). Klimabelastninger og klimagevinster er vist som henholdsvis røde og grønne piler, og tykkelsen på pilene relateres til størrelsen/omfanget av belastningene/gevinstene. For nærmere beskrivelse av hvordan informasjonen i et slikt LCA-tre kan leses, vises til vedlegg 2.



Figur 61 LCA-tre over klimabelastning for **plastemballasje til deponi**. (Det er brukt en avkorting på 0,01% for å gjøre figuren leselig.)



Figur 62 LCA-tre over klimabelastning for **plastemballasje til energiutnyttelse**. (Det er brukt en avkorting på 0,7% for å gjøre figuren leselig.)



Figur 63 LCA-tre over klimabelastning for **plastemballasje til materialgjenvinning**. (Det er brukt en avkorting på 0,01% for å gjøre figuren leselig.)

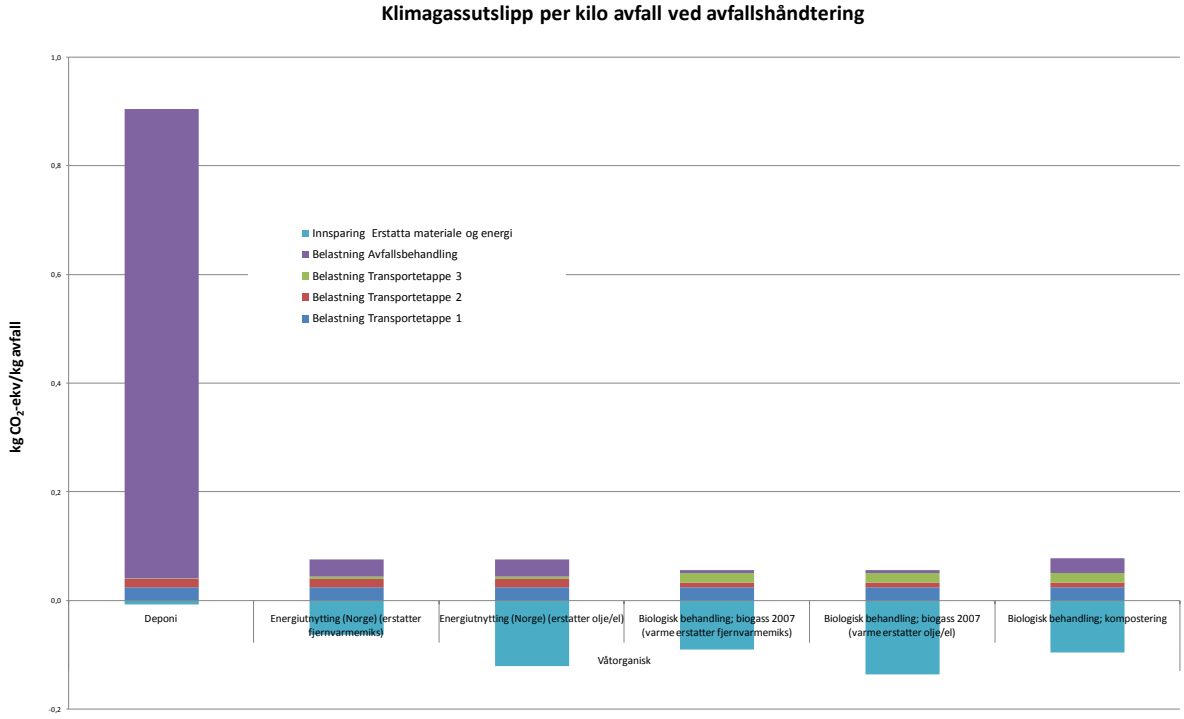
13.6 RESULTATER VÅTORGANISK AVFALL

Figur 64 viser klimagassutslipp for følgende 4 behandlingsmåter for våtorganisk avfall: biologisk behandling (biogass og kompostering), deponering og energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg). Resultatene presenteres som klimagassutslipp (vist som positive tall) og sparte utslipp (vist som negative tall) for behandling av 1 kg våtorganisk avfall, fordelt på de ulike livsløpsfasene (transport, avfallshåndtering og erstattet materiale/energi). Livsløpsfasene er presentert med følgende farger på stolpene:

- Transport: Mørk blå, rød og grønn
- Behandling: Lilla
- Erstattet material/energi: Turkis

På denne måten kommer det frem hvilke aktiviteter som bidrar til hvilke klimagassutslipp eller sparte utslipp, samt størrelsesorden på utslippene.).

I biogassalternativet forutsettes at biogassen utnyttes tilsvarende gjennomsnittlig bruk/utnyttelse av biogass i Norge i 2007 (jfr. beskrivelse i kapittel 10.3) og at utnyttelse/bruk av kompost tilsvarer gjennomsnitt i Norge (jfr. beskrivelse i kapittel 10.4). For nærmere beskrivelse av de ulike forutsetninger som inngår i systemene henvises til kapittel 4 og 10.



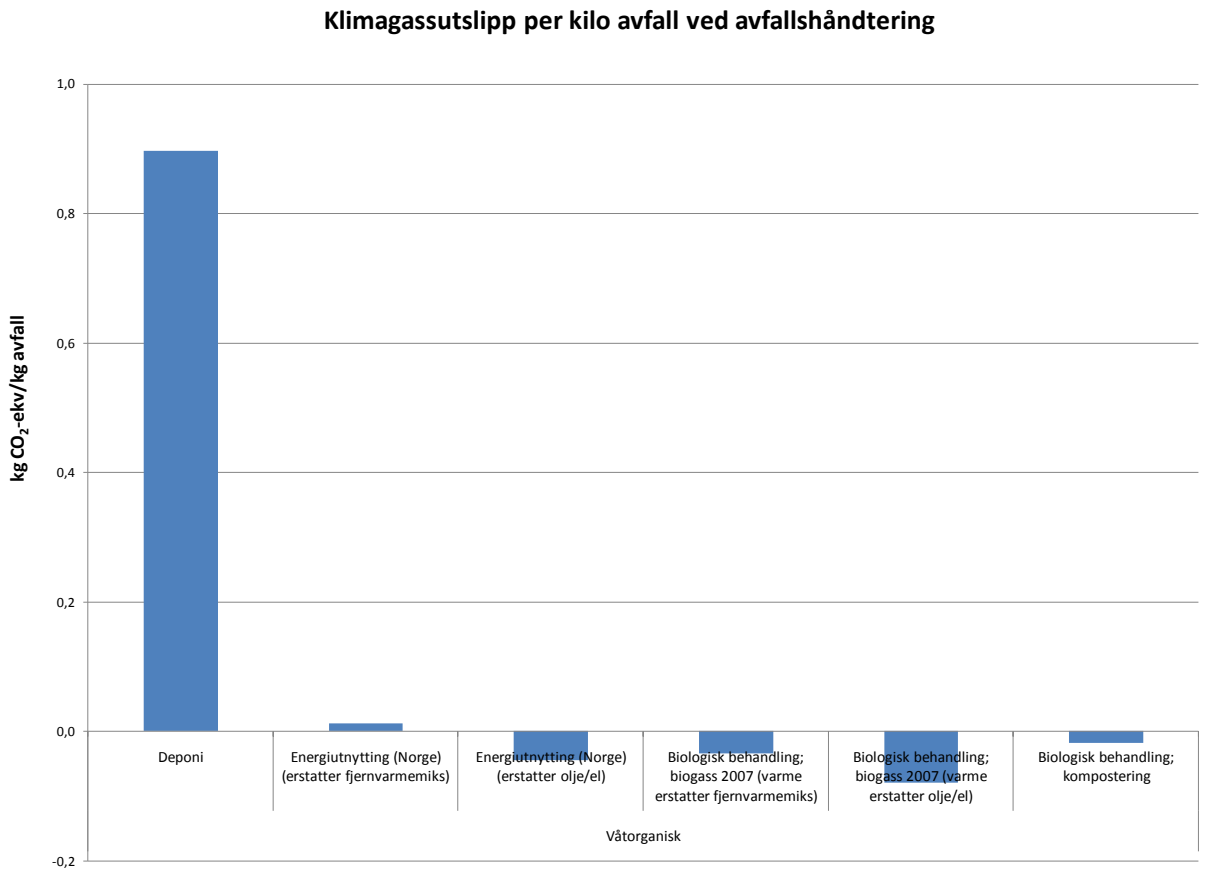
Figur 64 Klimagassutslipp fra avfallshåndtering av våtorganisk avfall, fordelt på livsløpsfaser.

Figuren viser at deponi medfører klart størst klimagassutslipp fra behandlingsfasen (0,86 kg CO_2- ekvivalenter per kg våtorganisk avfall, vist ved lilla stolpe). Kompostering og

energiutnyttelse gir tilnærmet samme utslipp fra behandlingsfasen (ca 0,03 kg CO_2-ekvivalenter per kg våtorganisk avfall), mens biogassproduksjon medfører lavest klimagassutslipp fra behandlingsfasen (0,006 kg CO_2- ekvivalenter per kg våtorganisk avfall). I tillegg sees at alternativene med biologisk behandling av våtorganisk avfall alle medfører noe større transportbelastninger (vist ved grønne stolper) enn deponi og energiutnyttelse fordi transportavstandene til biologisk behandling forutsettes å være lengre enn til deponi/energiutnyttelse.

Videre sees at alle de analyserte behandlingsmetodene, bortsett fra deponi, medfører sparte klimagassutslipp fordi produsert energimengde og/eller kompost/biorest fra våtorganisk avfall erstatter fossil energi og/eller gjødsel- og jordforbedringsprodukter. Størrelsen på besparelsen er avhengig av type energibærere som erstattes, samt hvordan bioresten/komposten utnyttes.

Figur 65 viser netto klimagassutslipp for de samme behandlingsmåtene for våtorganisk avfall: biologisk behandling, deponering og energiutnyttelse ved at klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp for de ulike livsløpsfasene (transport, behandling og erstattet energi/material) er summert over systemenes livsløp.



Figur 65 Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av våtorganisk avfall

Figuren viser at biologisk behandling med biogassproduksjon (gjennomsnittssituasjon for utnyttelse av biogass på norske anlegg i 2007) gir størst klimanytte av de analyserte systemene, uavhengig av hvilke energibærere som forutsettes erstattet.

Videre sees at forskjellen i klimanytte mellom energiutnyttelse og kompostering er avhengig av hvilke energibærere som forutsettes erstattet av avfallsforbrenning.

Deponi gir klart dårligst klimaregnskap med en netto klimabelastning på ca 0,9 kg CO_2-ekvivalenter per kg våtorganisk avfall.

Det presiseres at forutsetningene som inngår i analysene har stor betydning for resultatene, spesielt forutsetningene vedr utnyttelsesgrad og energibærer som erstattes ved produsert energi (biogass/varme), samt biogassutbytte og brennverdi for våtorganisk avfall. I tillegg er forutsetningene for verdsettelsen av næringsstoffene i det våtorganiske avfallet relativt usikre da det eksisterer lite forskningsresultater for dette (Bioforsk, 2008).

13.6.1 Vurdering av resultatene i forhold til internasjonal litteratur

I studien *Resource savings and CO_2 reduction potential in waste management in Europe and the possible contribution to the CO_2 reduction target to 2020* (Prognos, 2006) er følgende besparelser ved biologisk behandling beregnet:

- Kompostering: 0,06 kg CO_2/kg avfall
- Biogassanlegg (biogass til el og varme, biorest til kompost): 0,14 kg CO_2/kg avfall

Det er ikke oppgitt spesifikt hvilke energibærere som forutsettes erstattet ved biogassproduksjon. Studien har ikke gjennomført spesifikke analyser av energiutnyttelse av våtorganisk avfall.

Resultatene fra ovennevnte studien for netto klimaregnskap ved ulik behandling av våtorganisk avfall viser således samme trend som resultatene fra denne studien.

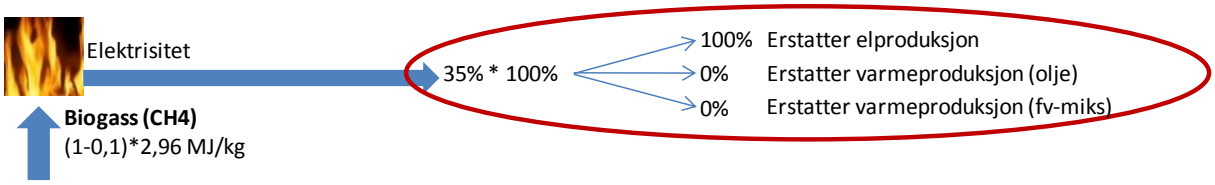
Andre nytteeffekter, utover klimagassbesparelse, knyttet til den jordforbedrende effekten til produkter fra biologisk nedbrytbart avfall er resirkulering av fosfor (som er en knapp ressurs), kalkingseffekt, redusert erosjon, samt bedret vannhusholdning. Slike effekter er viktige å inkludere dersom man skal gjøre en totalvurdering av avfallshåndtering av våtorganisk avfall.

13.6.2 Scenarioanalyse for biologisk behandling av våtorganisk avfall

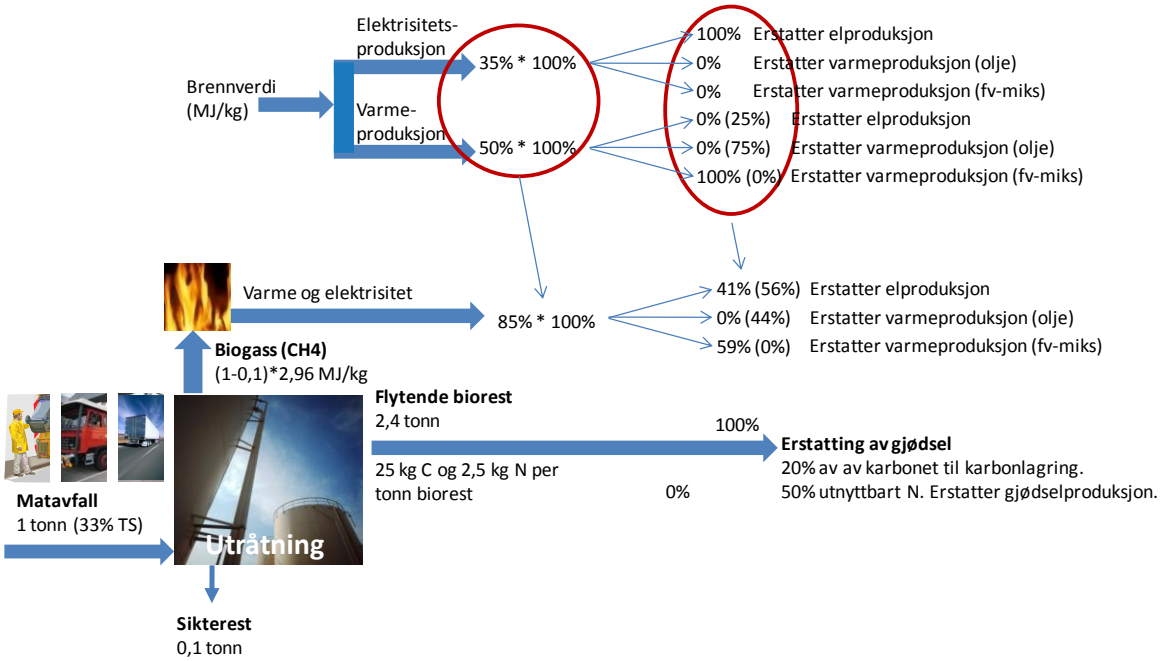
For å nærmere kunne vurdere effekten av <u>ulik bruk/utnyttelse av produsert biogass</u>, er det gjennomført en scenarioanalyse av dette der følgende scenarioer er analysert:

a) 100% drivstoffproduksjon: 98% virkningsgrad (avhengig av type oppgraderingsanlegg), 87% erstatningsgrad i motor (relatert til diesel)
b) 100% elektrisitetsproduksjon: 35% virkningsgrad, 100% utnyttelsesgrad
c) Kombinasjon av varme- og elektrisitetsproduksjon: 35% el-virkningsgrad, 50% varmevirkningsgrad, 100% utnyttelsesgrad for begge (maksimal utnyttelse)
d) 100% varmeproduksjon: 85% virkningsgrad, 100% utnyttelsesgrad

Prinsippskisser for systemene representert i scenario a), b) og d) er presentert tidligere (se Figur 27,



Figur 28 og Figur 29 i kapittel 10.3), mens prinsippskisse for systemet representert i scenario c), vises i Figur 66 under.

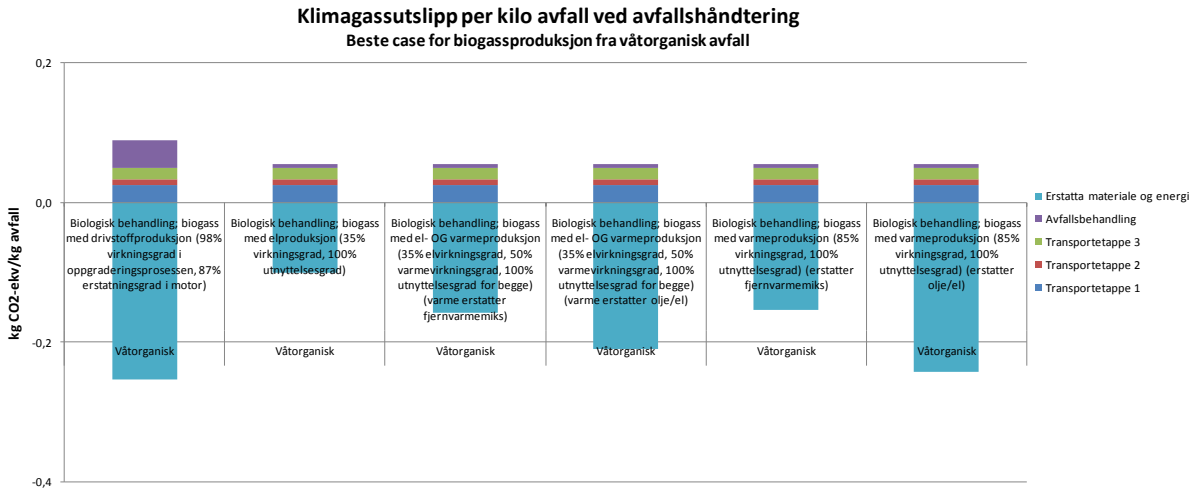


Figur 66 Livsløp for våtorganisk avfall til biologisk behandling; biogass med kombinert elektrisitets- og varmeproduksjon (maksimal energiutnyttelse)

Det er forutsatt at el-virkningsgraden er 35% og varmevirkningsgraden 50%, altså en totalvirkningsgrad på 85% (det samme som for varmeproduksjon). Med disse forutsetningene for dette scenarioet vil totalt 59% av utnyttet energi erstatte varmeproduksjon og 41% erstatte el-produksjon. Tilsvarende som i scenarioene i hovedanalysen forutsettes el-produksjon å

erstatte 100% elektrisitet og varmeproduksjon å erstatte henholdsvis norsk fjernvarmemiks 2006 (hovedanalyse) og en miks av olje/el (scenario)

Figur 67 viser klimagassutslipp for de analyserte scenarioene, som alle hver for seg representerer best case i forhold til virkningsgrad og energiutnyttelsesgrad.



Figur 67 Scenarioanalyse: våtorganisk avfall, fordelt på livsløpsfaser

Klimabesparelsen ved biogassproduksjon kommer dels fra utnyttelse av biogassen og dels fra utnyttelse av bioresten. Bioresten er i alle scenarioene forutsatt å bli utnyttet i flytende form som gjødsel (jfr. beskrivelse i kapittel 10.3). Dette gir en klimagevinst dels som følge av karbonlagringseffekt og dels som følge av erstatning av kunstgjødselproduksjon. Total klimagevinst fra dette er 0,057 kg CO_2-ekvivalenter per kg våtorganisk avfall (spesifisert i Figur 71, Figur 72 og Figur 73). Hvordan biogassen utnyttes og hvilke energibærere som erstattes, varierer i scenarioene og klimabesparelsen fra dette vil følgelig variere. Dette er kommentert nærmere nedenfor.

Dersom anlegget kun produserer elektrisitet og lar all spillvarmen forbli uutnyttet, vil klimagevinsten (turkis stolpe) bli minst, uavhengig av hvilke energibærere som forutsettes erstattet ved varmeproduksjon. Årsaken til dette er hovedsakelig at dette systemet har lavest totalvirkningsgrad.

Den resterende rangeringen mellom de ulike systemene er avhengig av hvilke energibærere som forutsettes erstattet av varmeproduksjon fra biogass, og blir kommentert i henhold til dette i det følgende.

<u>Varmeproduksjon erstatter norsk fjernvarmemiks, 2006:</u>

Utnyttelse av biogass til drivstoffproduksjon gir klart best klimagevinst (vist ved turkis stolpe) fordi en fossil energibærer (diesel) forutsettes erstattet i tillegg til besparelsen fra utnyttelse av bioresten, samt høy virknings- og utnyttelsesgrad. I tillegg sees at drivstoffproduksjon medfører de største klimagassutslippene fra behandling (lilla stolpe) som følge av utslipp av

metan fra oppgraderingsprosessen av biogass til drivstoffkvalitet. Scenarioet med en maksimal kombinasjon av elektrisitets- og varmeproduksjon (85% totalvirkningsgrad og 100% utnyttelsesgrad) gir en klimagevinst (turkis stolpe) som er tilnærmet lik scenarioet med kun varmeproduksjon. Årsaken til det er at erstatning av norsk fjernvarmemiks 2006 og elektrisitet (Nord-el) medfører tilnærmet lik klimabesparelse.

Varmeproduksjon erstatter norsk olje (75%) og elektrisitet (25%)

Fra figuren sees at 100% utnyttelse av biogassen til drivstoffproduksjon også for dette scenarioet gir størst klimabesparelse, men forskjellen mellom dette scenarioet og 100 % varmeproduksjon (erstatning av olje/el) er vesentlig mindre når varmeproduksjon forutsettes å erstatte en miks av olje/el (0,01 kg CO_2-ekvivalenter per kg våtorganisk avfall). Årsaken til dette er at fossile energibærere i stor grad erstattes i begge scenarioene (henholdsvis diesel ved drivstoffproduksjon, og 75% olje / 25% elektrisitet (Nordel-miks) ved varmeproduksjon, samt høye virknings- og utnyttelsesgrader (henholdsvis 98% x 87% for drivstoffproduksjon og 85% x 100% for varmeproduksjon).

En maksimal kombinasjon av elektrisitets- og varmeproduksjon (85% totalvirkningsgrad og 100% utnyttelsesgrad) gir en klimagevinst (turkis, negativ stolpe) som er noe mindre enn varmeproduksjon. Årsaken til denne forskjellen er at en større andel elektrisitet blir erstattet i forhold til scenarioet med kun varmeproduksjon, og klimaprofilen for elektrisitet (Nordel-miks) er 'snillere' enn varmeproduksjon fra olje.

Utslipp fra behandlingsfasen

Figur 67 viser (som beskrevet over) at drivstoffproduksjon medfører de største klimagassutslippene fra behandling (lilla stolpe), som følge av metanutslipp fra oppgraderingsprosessen av biogass til drivstoffkvalitet. Det er i studien benyttet et metantap på 2% (Pressure Swing Absorption- (PSA-) teknologi (Persson et al., 2006)). Nye teknologier antyder metantap fra oppgraderingsprosessen på under 0,5% (Kryogene metoder, Kättsröm, 2008). Valg av teknologi og således tilhørende metantap for oppgraderingsprosessen, påvirker både energiutnyttelsesgrad og klimagassutslipp fra prosessen, og har således relativt stor påvirkning på resultatene.

Figur 68 viser netto klimagassutslipp for de samme analyserte scenarioene behandlingsmåtene biologisk behandling og utnyttelse av produsert biogass.

Figur 68 Scenarioanalyse: netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av våtorganisk avfall

Dersom fjernvarmemiks forutsettes erstattet av varmeproduksjon vil biogass til drivstoff gi størst klimanytte med ca 0,16 kg CO_2-ekvivalenter per kg våtorganisk avfall. Deretter kommer scenarioene med maksimal el- og varmeproduksjon og kun varmeproduksjon tilnærmet likt ut med ca 0,10 kg CO_2-ekvivalenter per kg våtorganisk avfall.

Dersom varmeproduksjon basert på olje og elektrisitet forutsettes erstattet vil biogass brukt til varmeproduksjon gi best klimaregnskap med en netto miljøgevinst på rundt 0,19 kg CO_2-ekvivalenter per kg våtorganisk avfall. Deretter kommer scenarioene med drivstoffproduksjon og maksimal el- og varmeproduksjon tilnærmet likt ut med ca 0,16 kg CO_2-ekvivalenter per kg våtorganisk avfall.

Biologisk behandling med biogass til elektrisitetsproduksjon uten utnyttelse av spillvarmen medfører minst miljønytte med ca 0,05 kg CO_2-ekvivalenter per kg våtorganisk avfall.

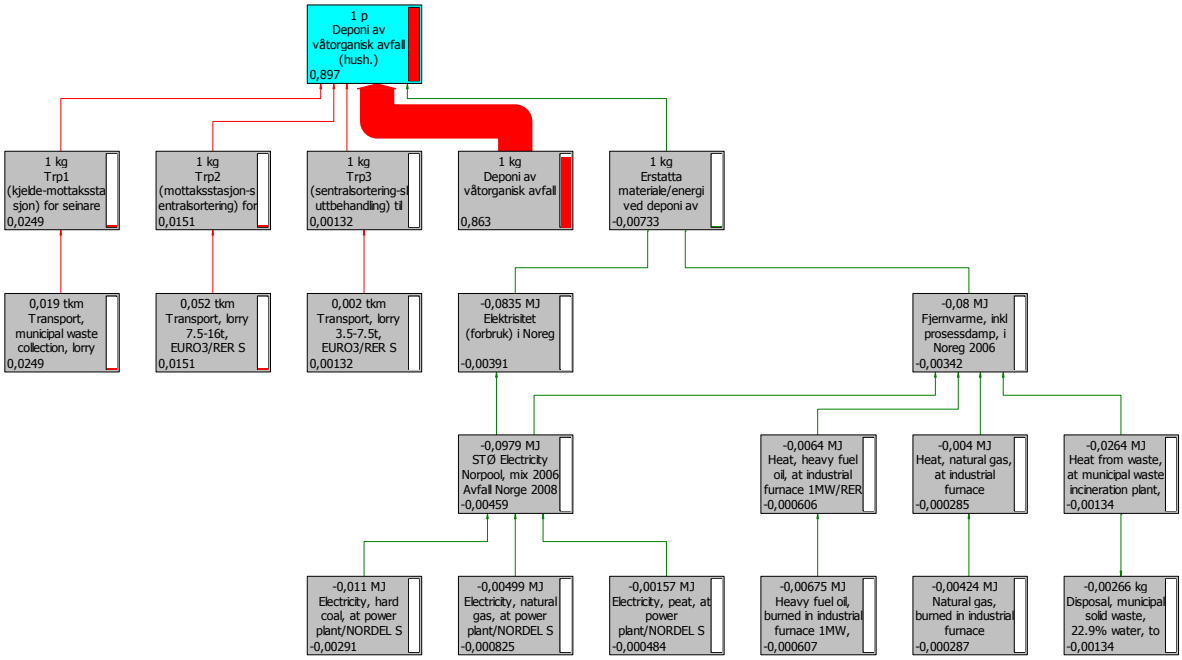
Resultatene fra denne scenarioanalysen viser at forutsetningene om hvilke energibærere som erstattes er svært viktige for resultatene. Det presiseres at scenarioene er basert på optimale forutsetninger når det gjelder virknings- og utnyttelsesgrader.

13.6.3 Presentasjon av resultatene via LCA-tre fra Simapro

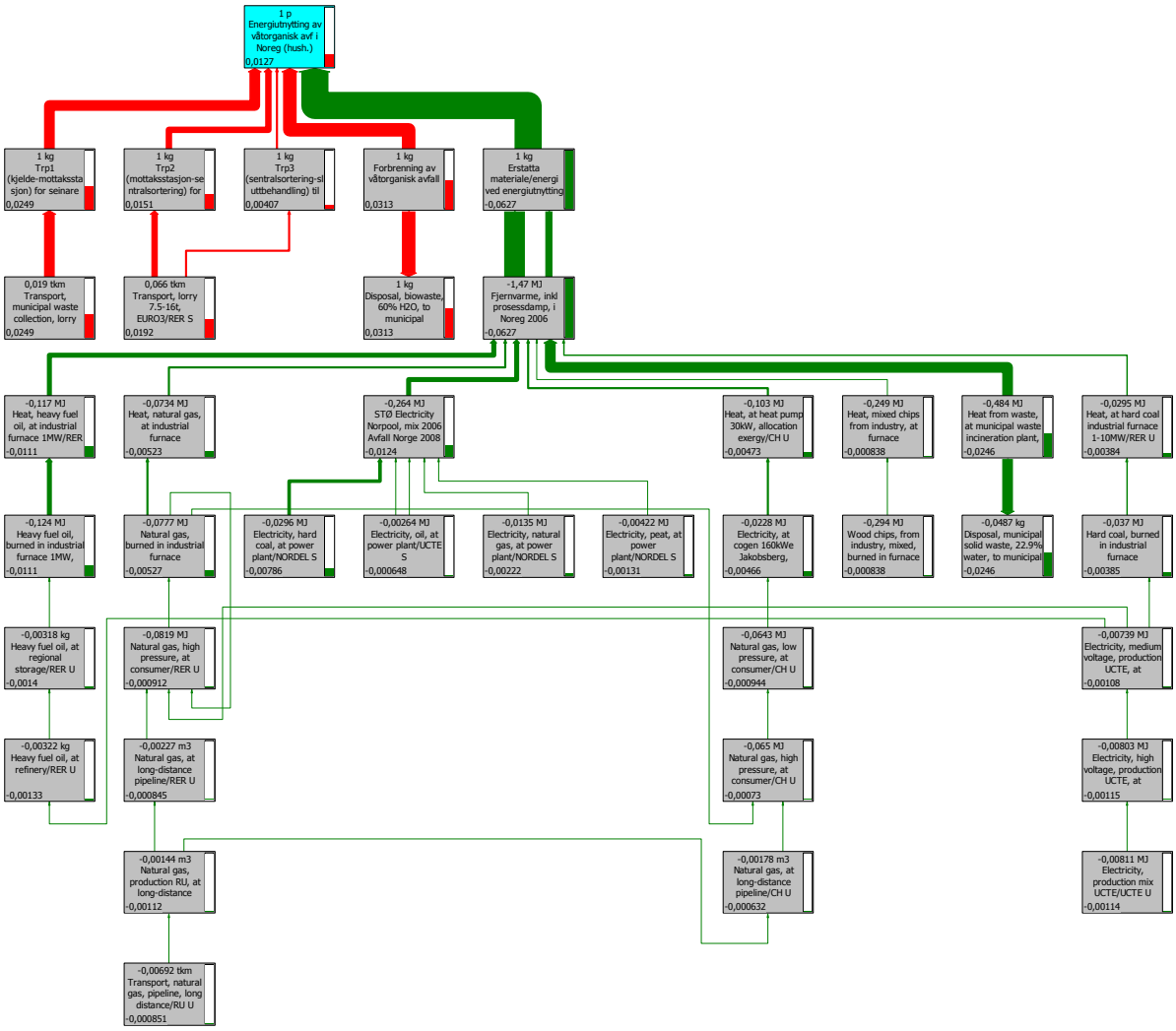
Figur 69, Figur 70 og Figur 74 viser detaljert hvor de ulike klimagassutslipp og klimagevinster oppstår, ved hjelp av et LCA-tre for alternativene deponi, energiutnyttelse og Biologisk behandling; kompostering. Alternativet Biologisk behandling; Biogass 2007 består av en kombinasjon av bruk av biogassen til elektrisitet, varme, drivstoff, samt fakling. De

ulike LCA-tre for dette er presentert i Figur 71, Figur 72 og **Figur 73**, og andel som inngår i hovedalternativet (presentert i Figur 64 og Figur 65) er beskrevet i figurteksten.

Klimabelastninger og klimagevinster er vist som henholdsvis røde og grønne piler, og tykkelsen på pilene relateres til størrelsen/omfanget av belastningene/gevinstene. For nærmere beskrivelse av hvordan informasjonen i et slikt LCA-tre kan leses, vises til vedlegg 2.

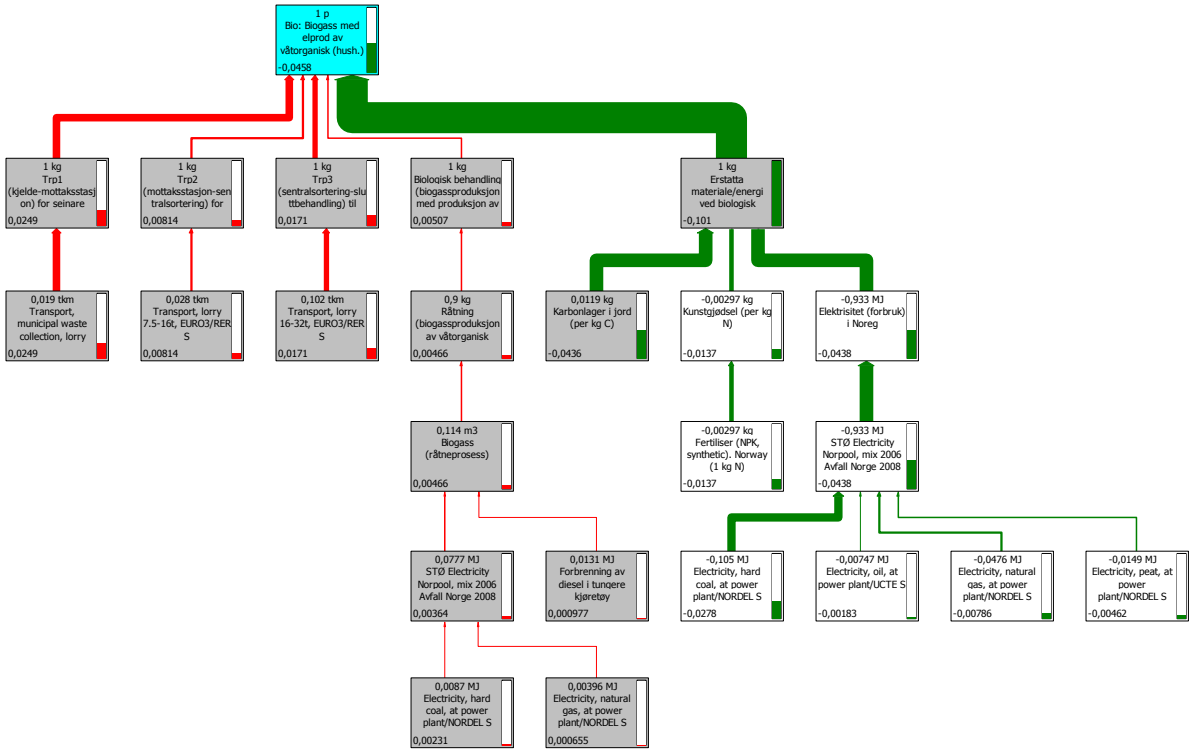


Figur 69 LCA-tre over klimabelastning for **våtorganisk avfall til deponi**. (Det er brukt en avkorting på 0,03% for å gjøre figuren leselig.)

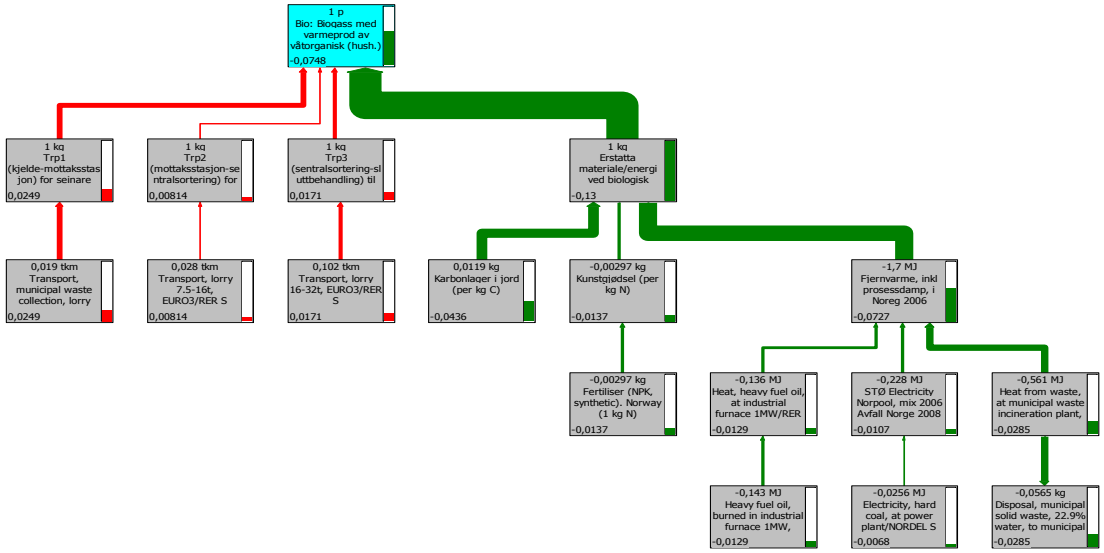


Figur 70 LCA-tre over klimabelastning for **våtorganisk avfall til energiutnyttelse**. (Det er brukt en avkorting på 1% for å gjøre figuren leselig.)

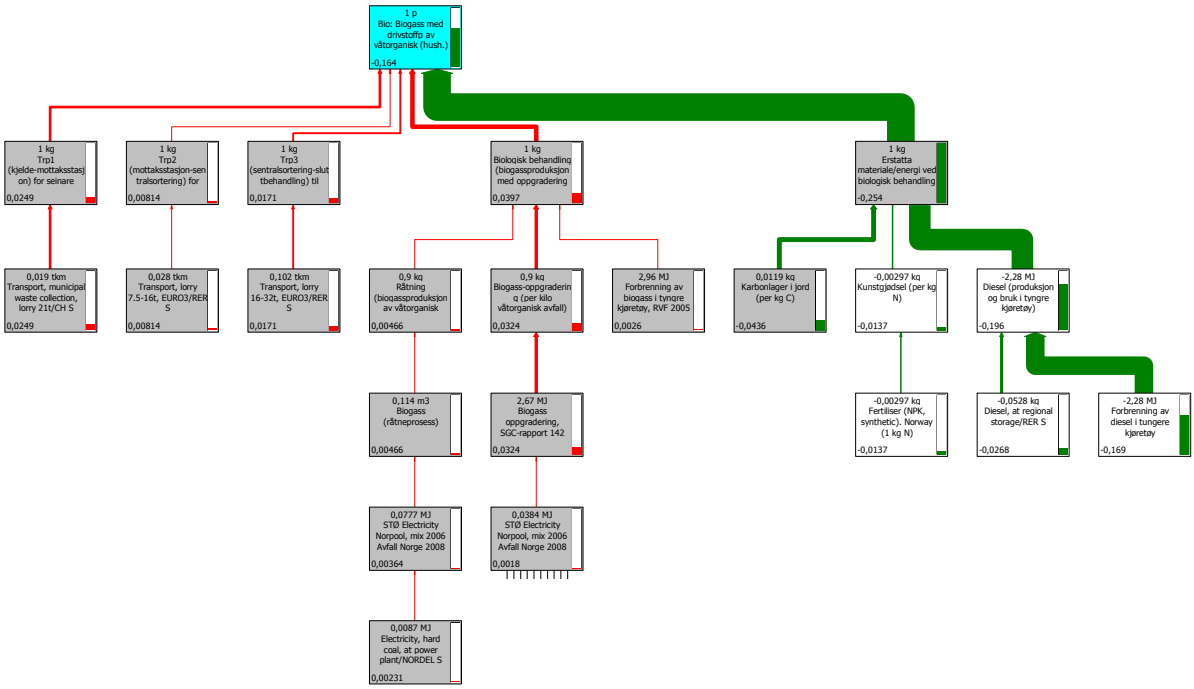
Biogasscenarioet for 2007 (se Figur 64 og Figur 65) er en kombinasjon av alternativene med biogass til el-produksjon (18%), biogass til varmeproduksjon (53%), og biogass til drivstoffproduksjon (2%), samt fakling (28%). Det er ikke vist spesifikt LCA-tre for biogass til fakling da dette er representert ved alternativet med varmeproduksjon, bortsett fra alle nytteverdier (gevinster).



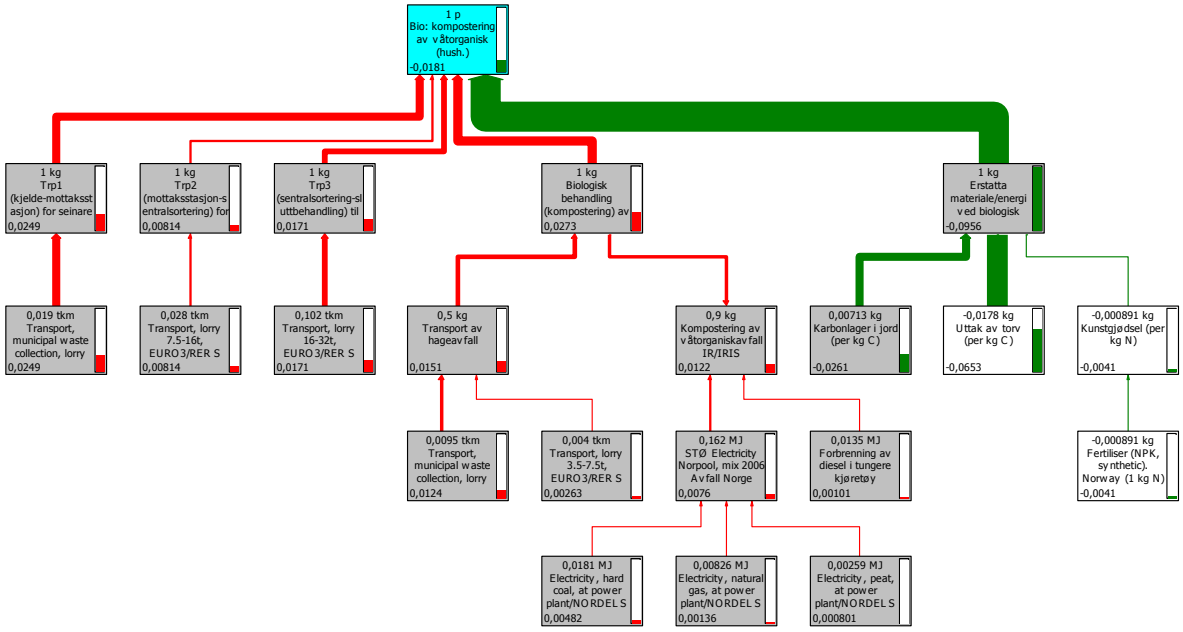
Figur 71 LCA-tre over klimabelastning for **våtorganisk avfall til biologisk behandling**; biogassproduksjon med **elektrisitetsproduksjon**. (Det er brukt en avkorting på 0,6% for å gjøre figuren leselig.) Gjelder for 18 % av produsert biogass i hovedalternativet (vist i Figur 64 og Figur 65).



Figur 72 LCA-tre over klimabelastning for våtorganisk avfall til **biologisk behandling**; biogassproduksjon med **varmeproduksjon**. (Det er brukt en avkorting på 5% for å gjøre figuren leselig). Gjelder for 53 % av produsert biogass i hovedalternativet (vist i Figur 64 og Figur 65).



Figur 73 LCA-tre over klimabelastning for våtorganisk avfall til **biologisk behandling**; **biogassproduksjon med drivstoffproduksjon**. (Det er brukt en avkorting på 0,6% for å gjøre figuren leselig.) Gjelder for 2 % av produsert biogass i hovedalternativet (vist i Figur 64 og Figur 65).



Figur 74 LCA-tre over klimabelastning for våtorganisk avfall til **biologisk behandling; kompostering**. (Det er gjort en avkorting på 0,6% for å gjøre figuren leselig).

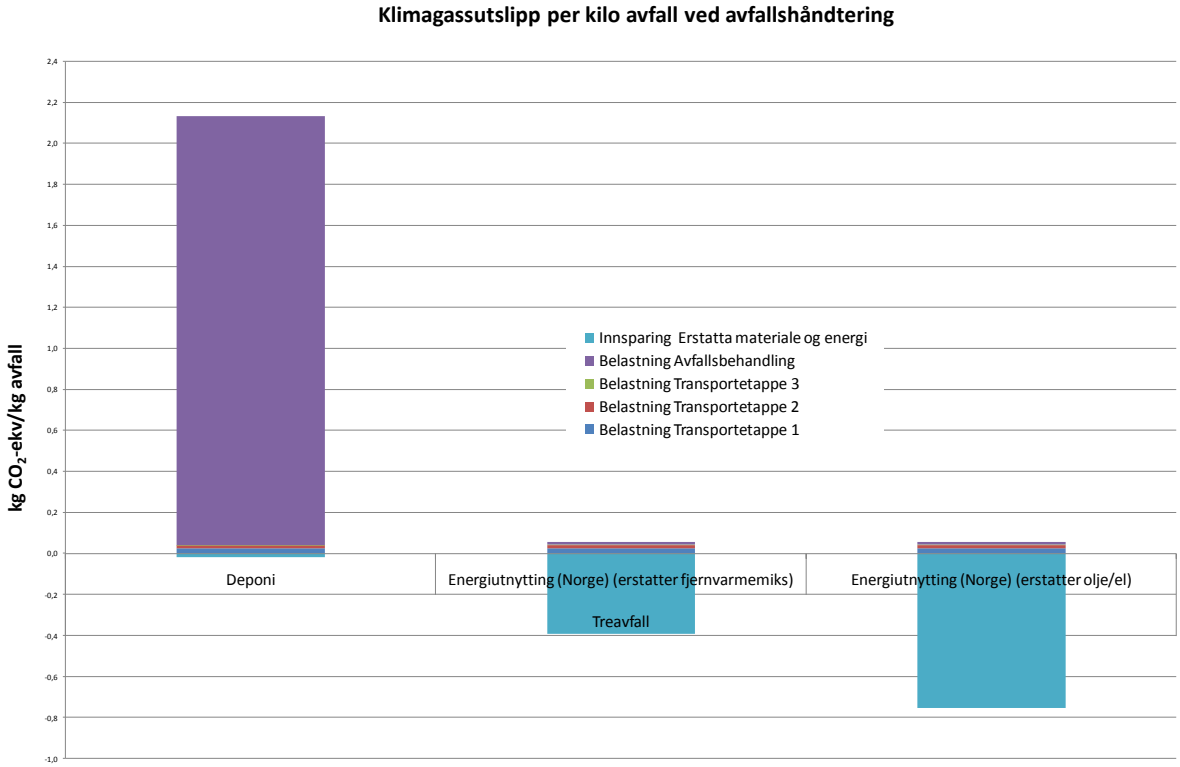
13.7 RESULTATER TREAVFALL

Figur 75 viser klimagassutslipp for de 2 ulike behandlingsmåtene for treavfall: deponering og energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg). Resultatene presenteres som klimagassutslipp (vist som positive tall) og sparte utslipp (vist som negative tall) for behandling av 1 kg treavfall, fordelt på de ulike livsløpsfasene (transport, avfallshåndtering og erstattet materiale/energi). Livsløpsfasene er presentert med følgende farger på stolpene:

- Transport: Mørk blå, rød og grønn
- Behandling: Lilla
- Erstattet material/energi: Turkis

På denne måten kommer det frem hvilke aktiviteter som bidrar til hvilke klimagassutslipp eller sparte utslipp, samt størrelsesorden på utslippene.

For beskrivelse av de ulike forutsetninger som inngår i systemene henvises til kapittel 4 og 0.

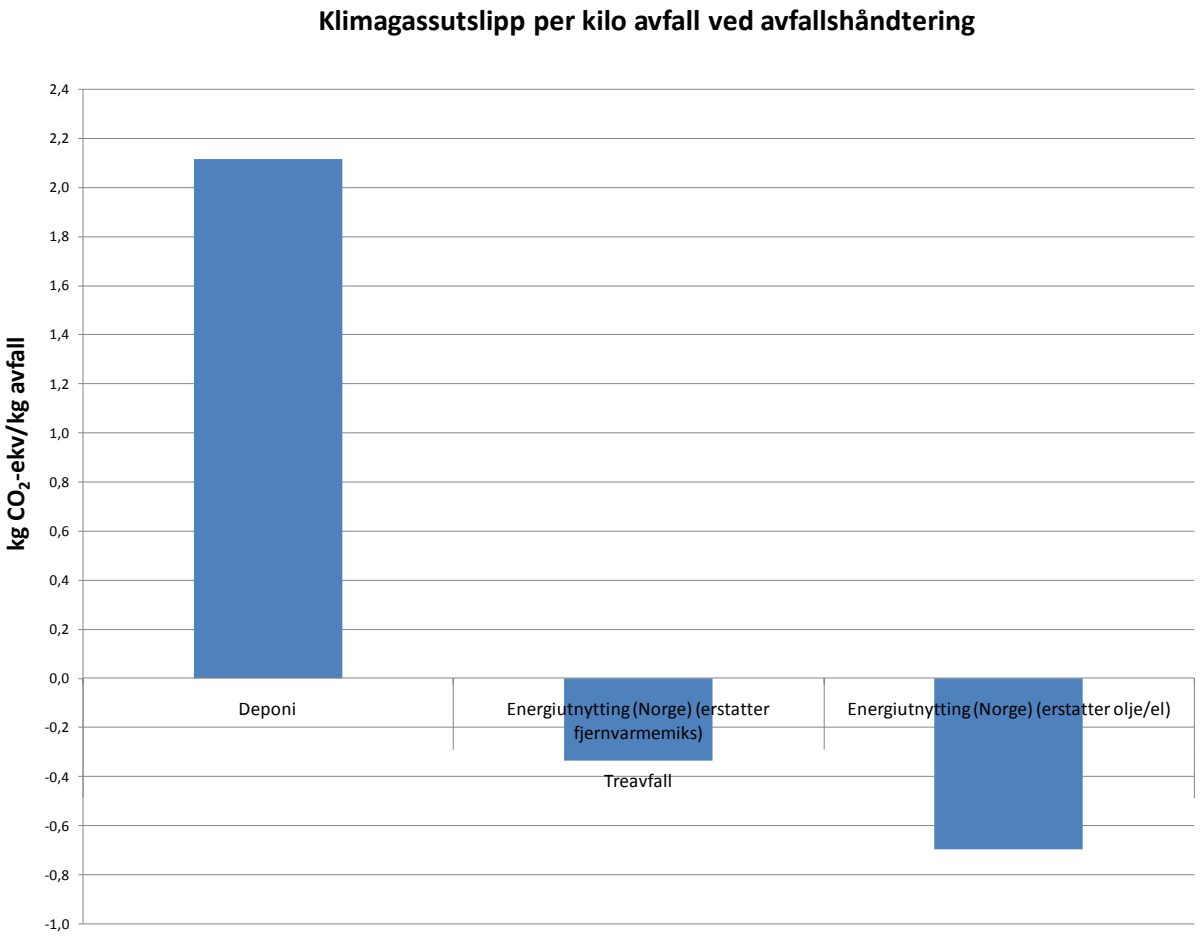


Figur 75 Klimagassutslipp fra avfallshåndtering av treavfall, fordelt på livsløpsfaser.

Figuren viser at deponering av treavfall medfører store klimagassutslipp, som følge av at treavfall er et nedbrytbart materiale som genererer store mengder metan ved deponering. Energiutnyttelse medfører lave utslipp fra behandlingsfasen (fordi utslipp av biologisk CO_2 regnes som CO_2-nøytralt).

Figur 76 viser netto klimagassutslipp for de samme 2 behandlingsmåtene for treavfall (deponering og energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg)) ved at klimagassutslipp og sparte

klimagassutslipp for de ulike livsløpsfasene (transport, behandling og erstattet energi/material) er summert over systemenes livsløp.



Figur 76 Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av treavfall

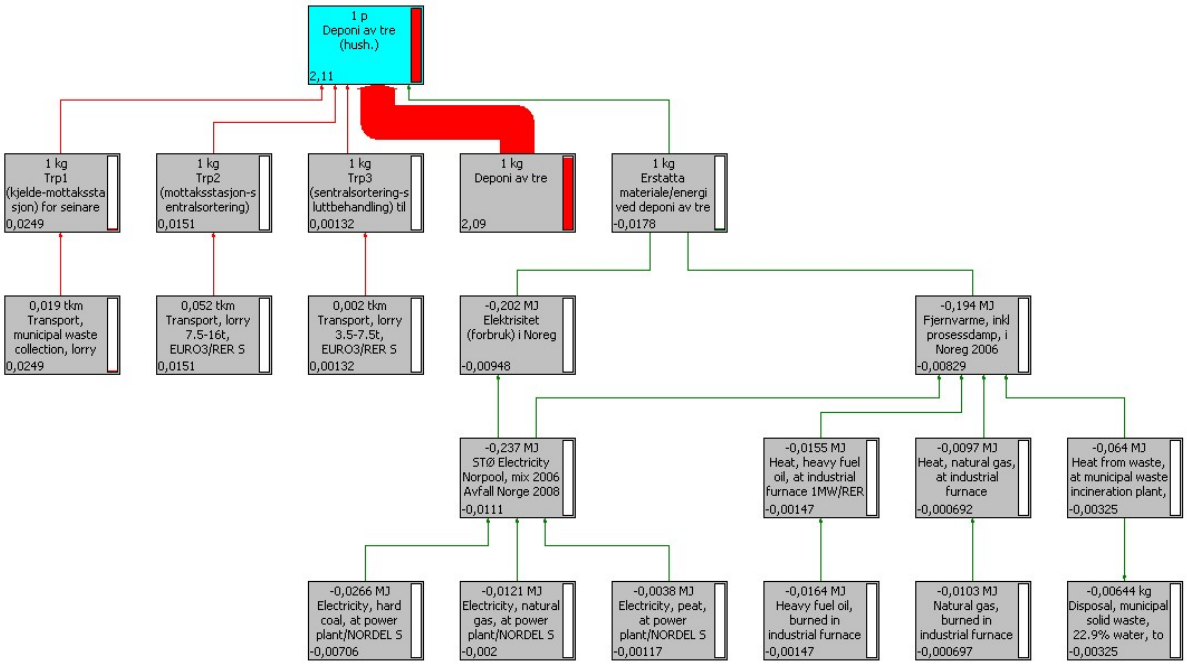
Figuren viser at energiutnyttelse medfører sparte klimagassutslipp på henholdsvis ca 0,35 kg CO_2-ekvivalenter per kilo treavfall (dersom fjernvarmemiks erstattes) og ca 0,70 CO_2-ekvivalenter per kilo treavfall (dersom olje/el erstattes). I tillegg sees at deponering av 1 kg treavfall medfører netto klimagassutslipp på ca 2,1 kg CO_2-ekvivalenter per kilo treavfall.

Det presiseres at det er antatt at treavfall energiutnyttes på et gjennomsnittlig energiutnyttelsesanlegg i Norge. Dersom det er ønskelig å beregne netto klimagassutslipp for treavfall som leveres til biobrenselanlegg og/eller eksporteres til Sverige kan parameterverdiene i modellen enkelt skiftes ut.

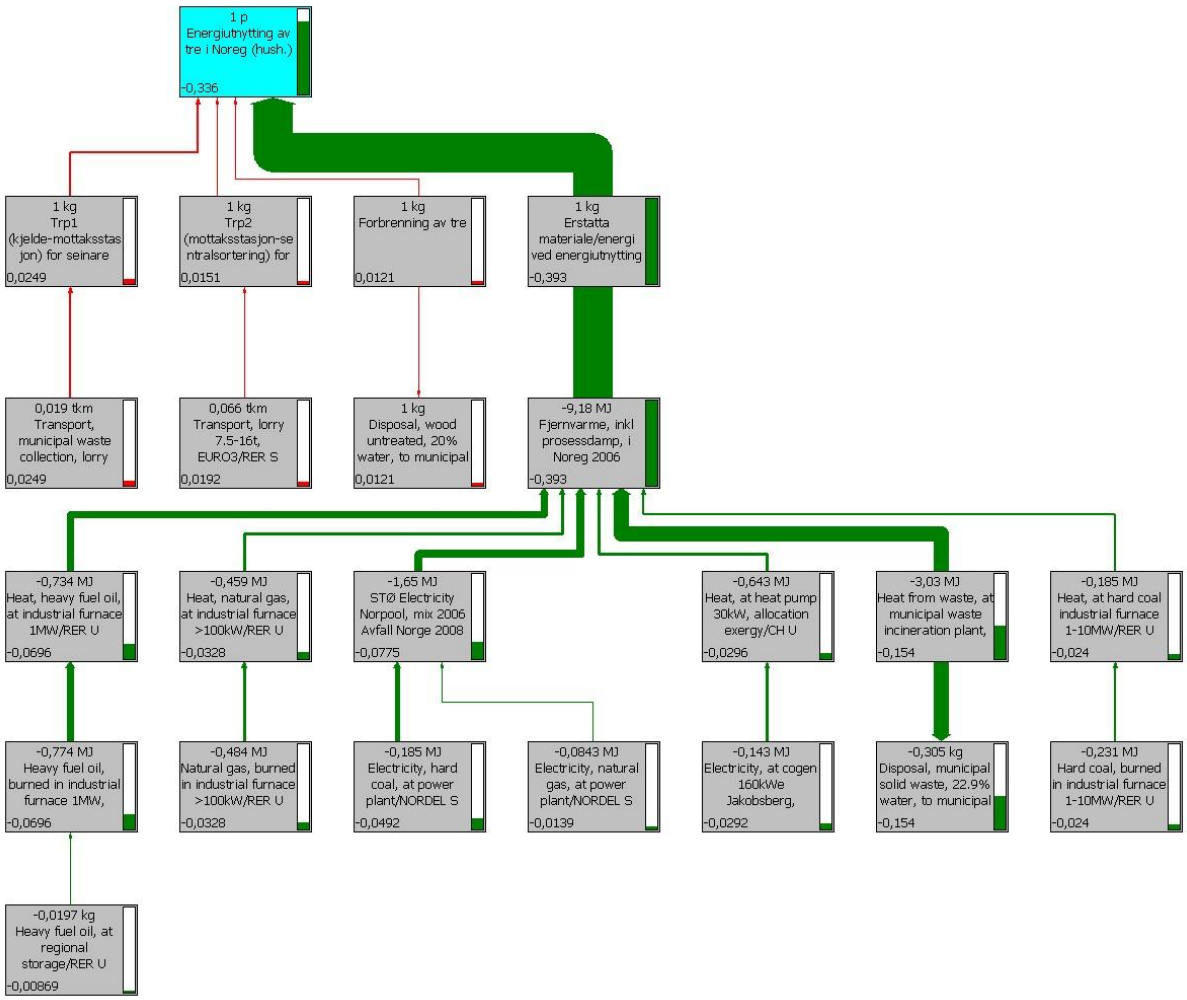
13.7.1 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra SimaPro

Figur 77 og Figur 78 viser detaljert hvor de ulike klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp oppstår, ved hjelp av et LCA-tre (direkte utskrift fra simuleringsprogrammet Simapro).

Klimabelastninger og klimagevinster er vist som henholdsvis røde og grønne piler, og tykkelsen på pilene relateres til størrelsen/omfanget av belastningene/gevinstene. For nærmere beskrivelse av hvordan informasjonen i et slikt LCA-tre kan leses, vises til vedlegg 2.



Figur 77 LCA-tre over klimabelastning **for treavfall til deponi.** (Det er brukt en avkorting på 0,03% for å gjøre figuren leselig.)



Figur 78 LCA-tre over klimabelastning for **treavfall til energiutnytting**. (Det er brukt en avkorting på 2,1 % for å gjøre figuren leselig.)

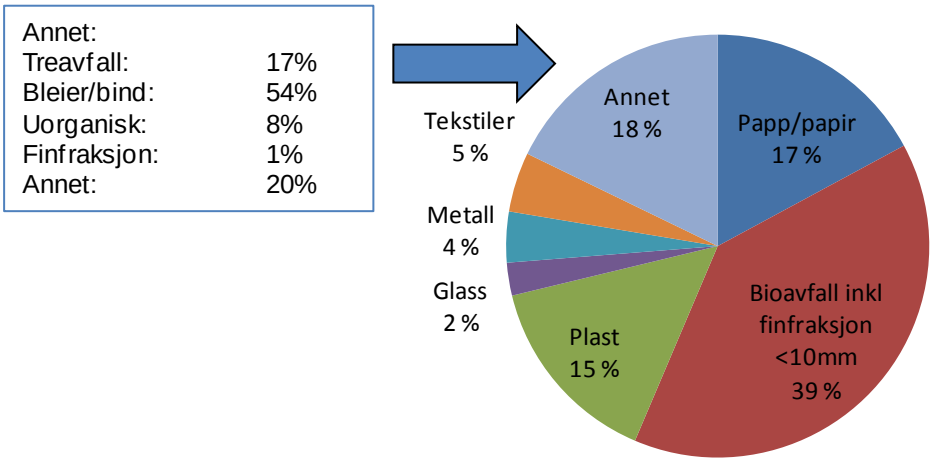
13.8 RESULTATER RESTAVFALL FRA HUSHOLDNINGER

Figur 80 viser klimagassutslipp for de 2 ulike behandlingsmåtene for restavfall fra husholdninger: deponering og energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg). Resultatene presenteres som klimagassutslipp (vist som positive tall) og sparte utslipp (vist som negative tall) for behandling av 1 kg restavfall, fordelt på de ulike livsløpsfasene (transport, avfallshåndtering og erstattet materiale/energi). Livsløpsfasene er presentert med følgende farger på stolpene:

- Transport: Mørk blå, rød og grønn
- Behandling: Lilla
- Erstattet material/energi: Turkis

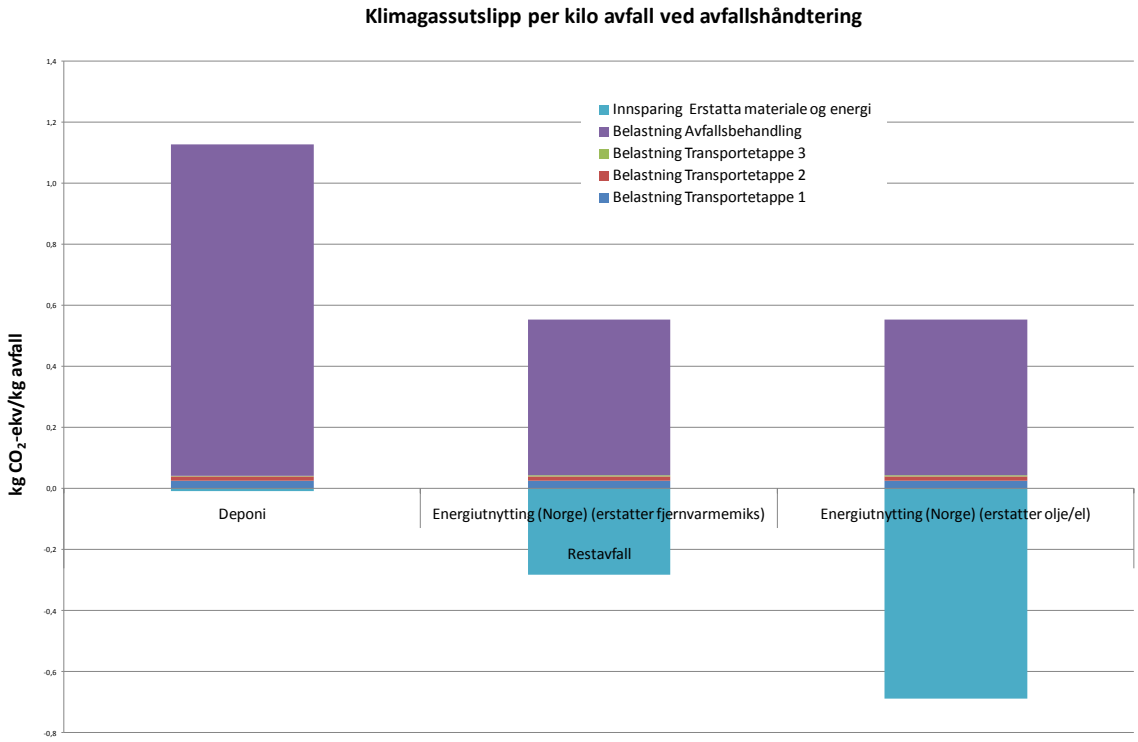
På denne måten kommer det frem hvilke aktiviteter som bidrar til hvilke klimagassutslipp

eller sparte utslipp, samt størrelsesorden på utslippene. For beskrivelse av de ulike forutsetninger som inngår i systemene henvises til kapittel 4 og 0. Gjennomsnittlig sammensetning av restavfall fra husholdninger i Norge er beregnet til å være som vist i Figur 79 (se kapittel 12.1).



Figur 79 Gjennomsnittlig sammensetning av restavfall fra husholdninger i Norge

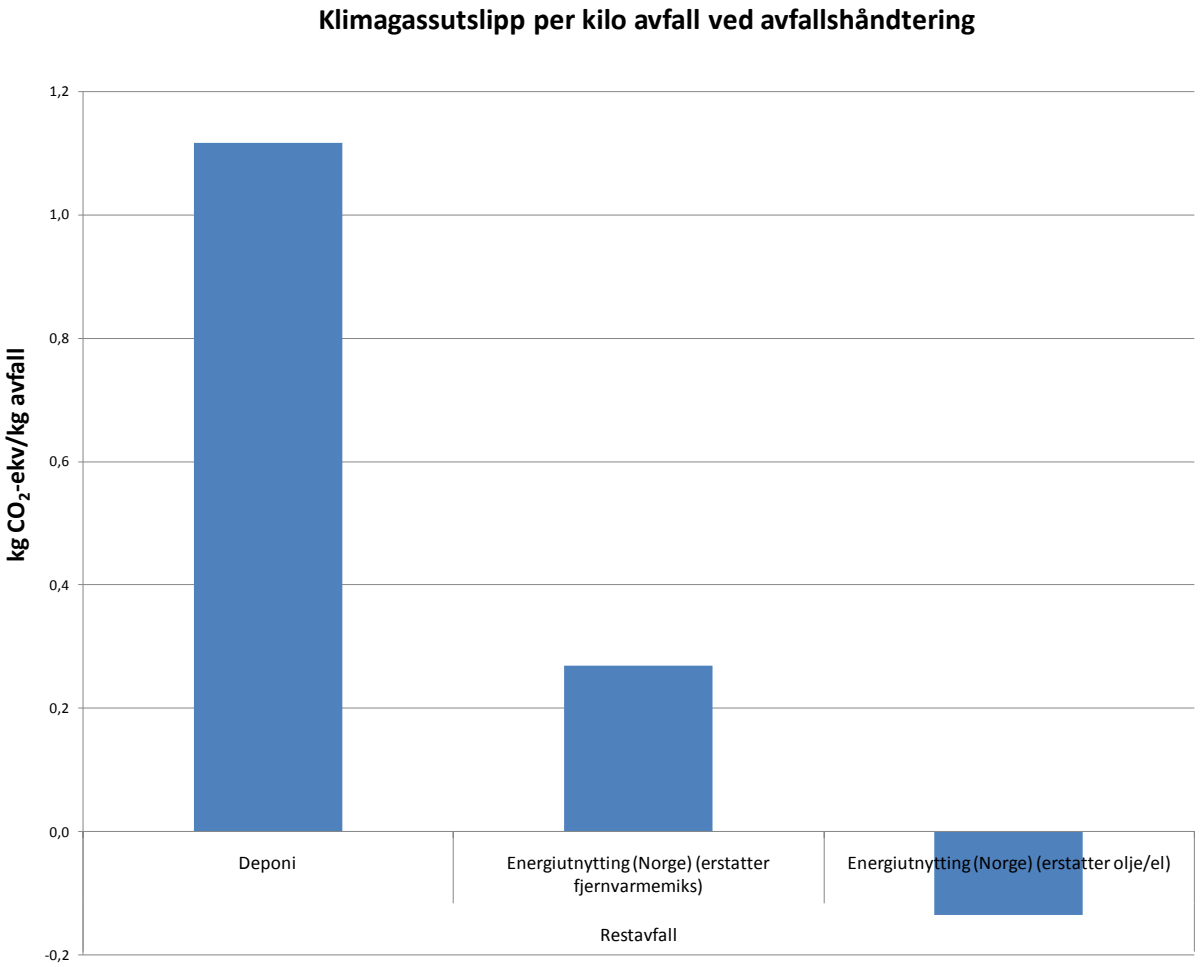
Med basis i gjennomsnittlig sammensetning av restavfall fra husholdninger i Norge (Figur 79), er deponi og energiutnyttelse av dette beregnet til å medføre klimagassutslipp som vist i Figur 80.



Figur 80 Klimagassutslipp fra avfallshåndtering av restavfall fra husholdninger, fordelt på livsløpsfaser.

Figuren viser at deponi av restavfall medfører større klimagassutslipp i behandlingsfasen enn energiutnytting, mens energiutnyttelse medfører de største klimagassbesparelsene.

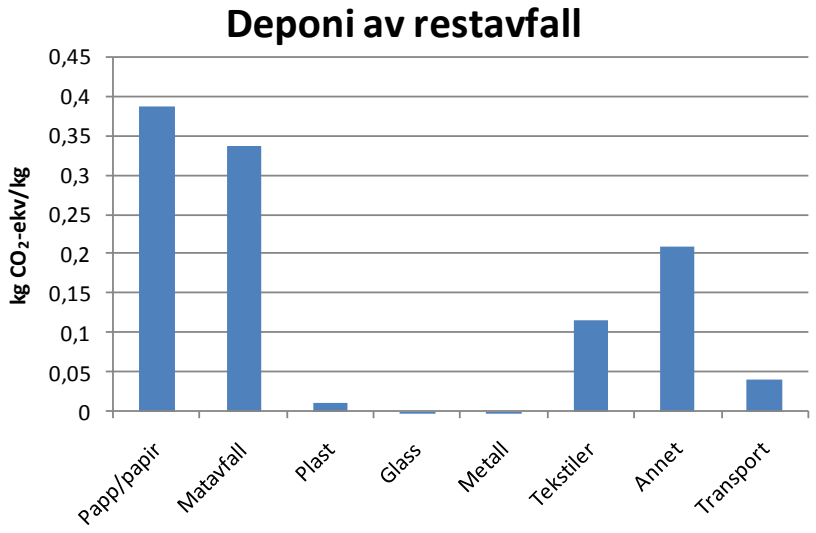
Figur 81 viser netto klimagassutslipp for de samme 2 behandlingsmåtene for restavfall fra husholdninger (deponering og energiutnyttelse (i forbrenningsanlegg)) ved at klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp for de ulike livsløpsfasene (transport, behandling og erstattet energi/material) er summert over systemenes livsløp.



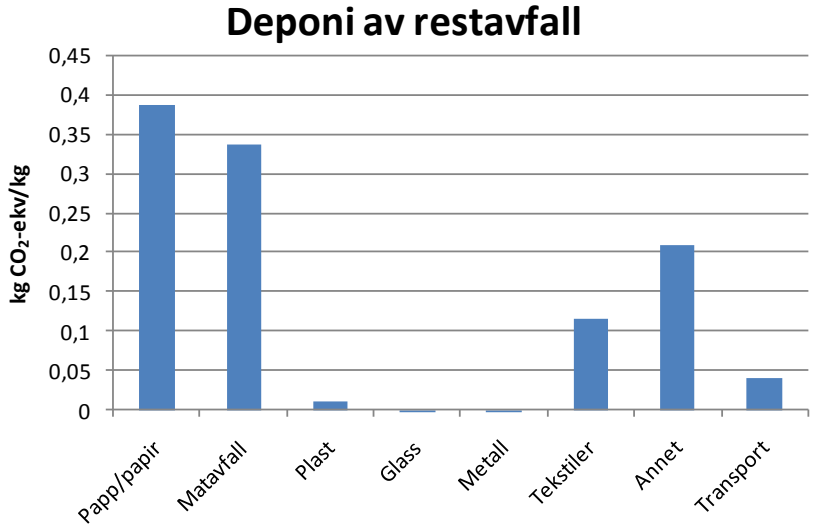
Figur 81 Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av restavfall fra husholdninger

Figuren viser at deponi medfører klimagassutslipp på ca 1,1 kg CO_2-ekvivalenter per kilo restavfall. Energiutnytting der fjernvarmemiks erstattes medfører klimagassutslipp på ca 0,3 kg CO_2-ekvivalenter per kilo restavfall, mens energiutnytting der olje/el erstattes medfører

sparte klimagassutslipp på ca 0,1 kg CO_2-ekvivalenter per kilo.

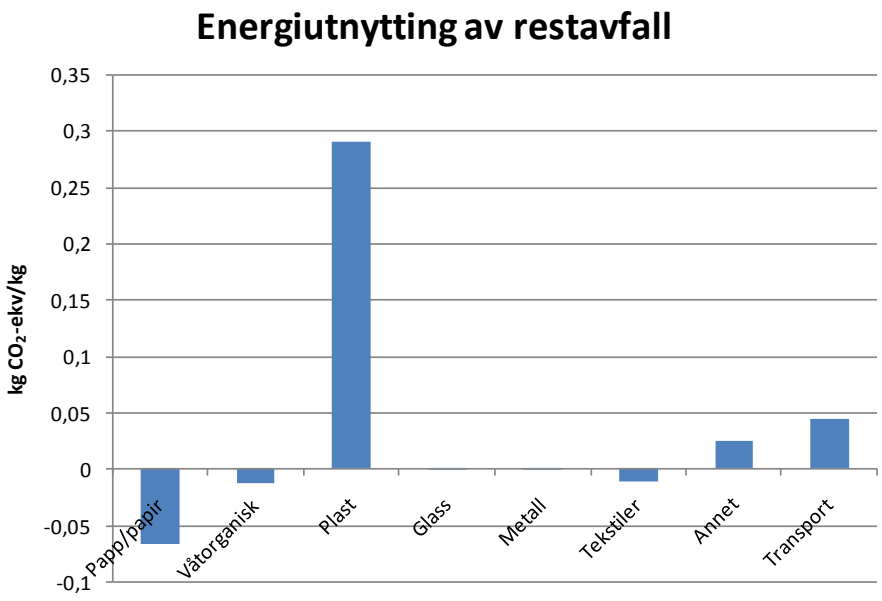


Figur 82 Figur 82 og Figur 83 viser hvordan klimagassutslippet for avfallshåndtering av restavfall fra husholdninger fordeles på de ulike avfallstypene som inngår i restavfallet, samt for transport.



Figur 82 Klimagassutslipp fra deponering av restavfall, fordelt på de ulike avfallstypene som inngår i 1 kg restavfall fra husholdninger.

Figuren viser at de lett nedbrytbare avfallstypene bidrar mest til klimagassutslipp fra restavfall, samt annet-kategorien som består av både tre, papir og våtorganisk avfall.



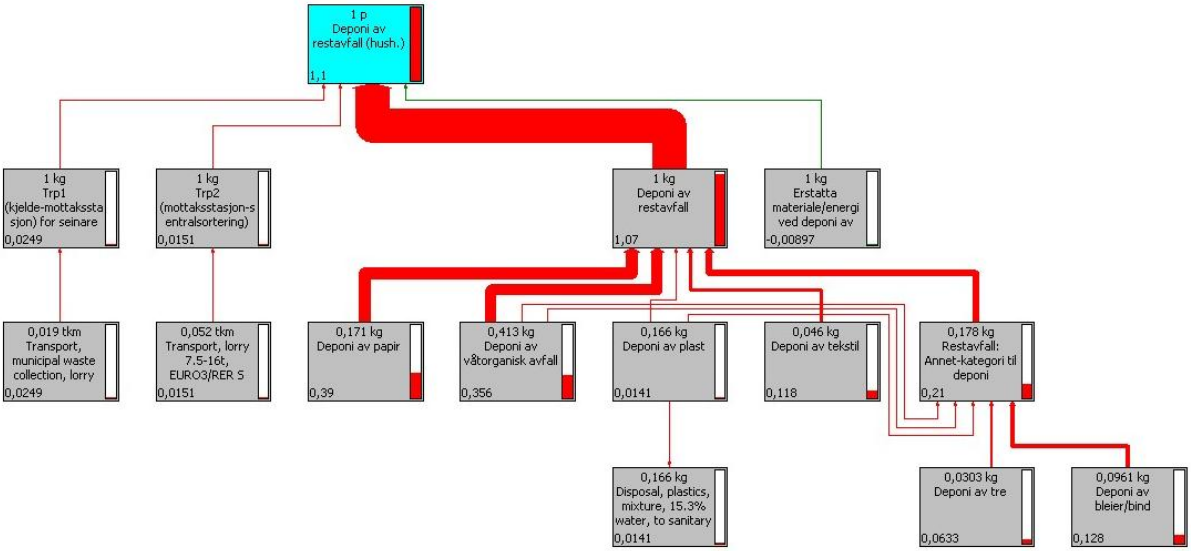
Figur 83 Klimagassutslipp fra energiutnytting av restavfall (fjernvarmemiks erstattes), fordelt på de ulike avfallstypene som inngår i 1 kg restavfall fra husholdninger.

Figuren viser at plast og annet-kategorien bidrar mest til klimagassutslipp fra energiutnytting av restavfall.

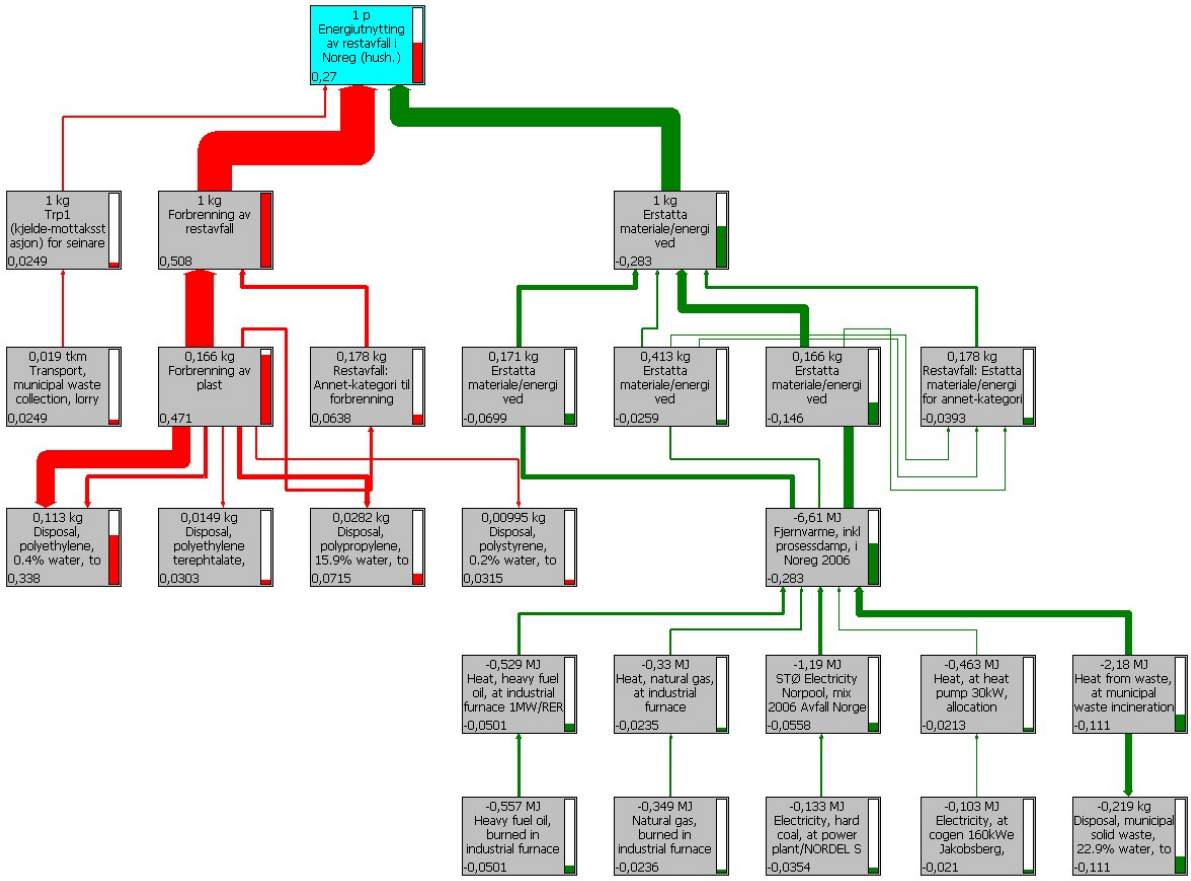
Resultatene viser at innholdet i restavfallet har stor innvirkning på klimagassutslippene fra deponi og energiutnytting. Dette er nærmere belyst i kapittel 13.8.2.

13.8.1 Presentasjon av resultatene som LCA-tre fra SimaPro

Figur 84 og Figur 85 viser detaljert hvor de ulike klimagassutslipp og sparte klimagassutslipp oppstår, ved hjelp av et LCA-tre (direkte utskrift fra simuleringsprogrammet Simapro). Klimabelastninger og klimagevinster er vist som henholdsvis røde og grønne piler, og tykkelsen på pilene relateres til størrelsen/omfanget av belastningene/gevinstene. For nærmere beskrivelse av hvordan informasjonen i et slikt LCA-tre kan leses, vises til vedlegg 2.



Figur 84 LCA-tre over klimabelastning for **restavfall til deponi**. (Det er brukt en avkorting på 1,4 % for å gjøre figuren leselig.)

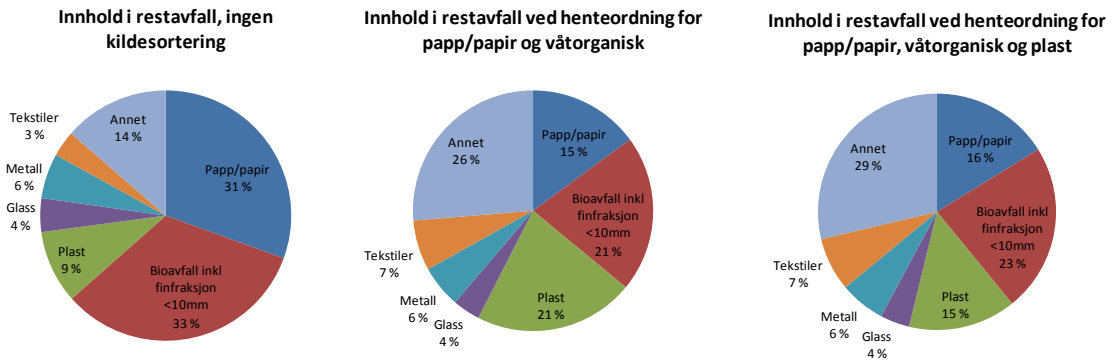


Figur 85 LCA-tre over klimabelastning for **restavfall til energiutnytting**. (Det er brukt en avkorting på 3,8 % for å gjøre figuren leselig.)

13.8.2 Scenarioanalyse for innhold i restavfall fra husholdninger

For å få frem hvordan innhold og sammensetning av restavfallet påvirker netto klimagassutslipp ved de to ulike behandlingsmåtene, er det gjennomført scenarioanalyse av tre forskjellige eksempler på restavfallssammensetning. Modellen for beregning av sammensetning av restavfall, beskrevet i Vedlegg 5 er benyttet.

Figur **86** viser eksempler på sammensetning av restavfall ved ulike kildesorteringsordninger.

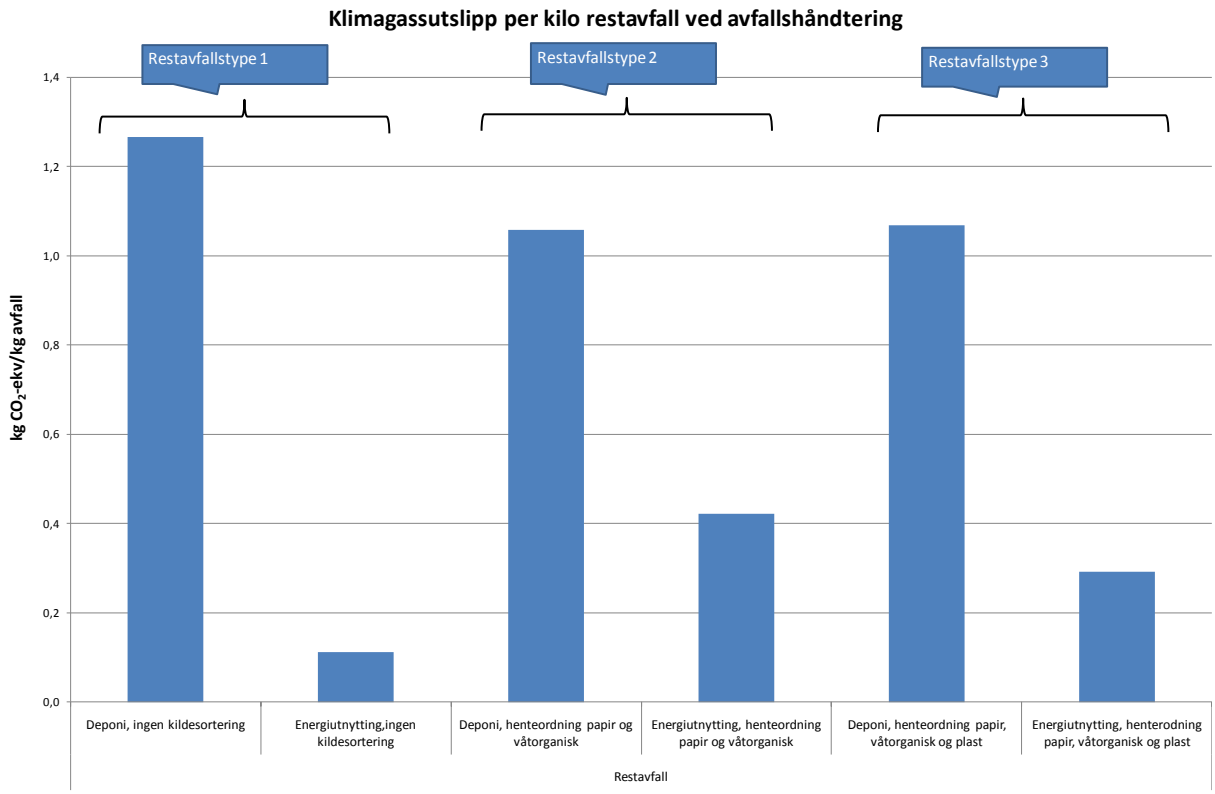


Figur 86 Eksempel på sammensetning av restavfall fra husholdninger med ulike kildesorteringsordninger

For eksempelet 'Ingen kildesortering' antas at ingen avfallstyper sorteres ut og at ingen avfallstyper leveres til kildesortering gjennom bringeordning. For eksemplene 'henteordning for papp/papir og våtorganisk' og 'henteordning for papp/papir, våtorganisk og plast' antas sorteringsgrader i henhold til *Modell for beregning av innhold i restavfall basert på kildesorteringsløsninger*, beskrevet i vedlegg 5.

Figur 87 viser netto klimagassutslipp for behandling av 1 kg restavfall med en sammensetning som beskrevet for de tre eksemplene vist i

Figur 86. Det er viktig å være oppmerksom på at diagrammet ikke sier noe om hvordan kildesorteringsordningene påvirker den totale avfallsmengden. I områder uten kildesortering vil avfallsmengden være mye større enn i områder som tilbyr henteordninger.



Figur 87 Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av 1 kg restavfall ved ulike kildesorteringsordninger (for energiutnytting antas at fjernvarmemiks erstattes).

Figuren viser at energiutnyttelse medfører lavest netto klimagassutslipp for alle restavfallstypene. Generelt gjelder at restavfall som inneholder store mengder lett nedbrytbart avfall vil medføre lave klimagassutslipp ved energiutnyttelse, mens restavfall som inneholder store mengder materialer som er lite nedbrytbare (for eksempel plast) vil medføre lave klimagassutslipp ved deponering.

Sammensetningen av restavfall varierer både i forhold til hvilke typer av avfall som kastes i de ulike husholdninger, og hva slags kildesorteringsordninger som tilbys i de ulike kommuner. Dette kan igjen variere med befolkningstetthet (tettbebygde strøk/byer kontra spredt bebyggelse) og motivasjon hos den enkelte innbygger til å kildesortere

Det er viktig å presisere at analyser av restavfall alltid bør vurderes i sammenheng med totale mengder og håndtering av kildesorterte avfallstyper, samt totale mengder og sammensetning av restavfall. Dette er viktig for å oppnå en helhetlig vurdering og dermed unngå suboptimalisering.

Kildesortering vil i mange sammenhenger redusere de totale klimagassutslippene både fordi kildesortering medfører sparte klimagassutslipp i seg selv og fordi kildesortering medfører reduserte **mengder** restavfall, noe som igjen medfører reduserte klimagassutslipp.

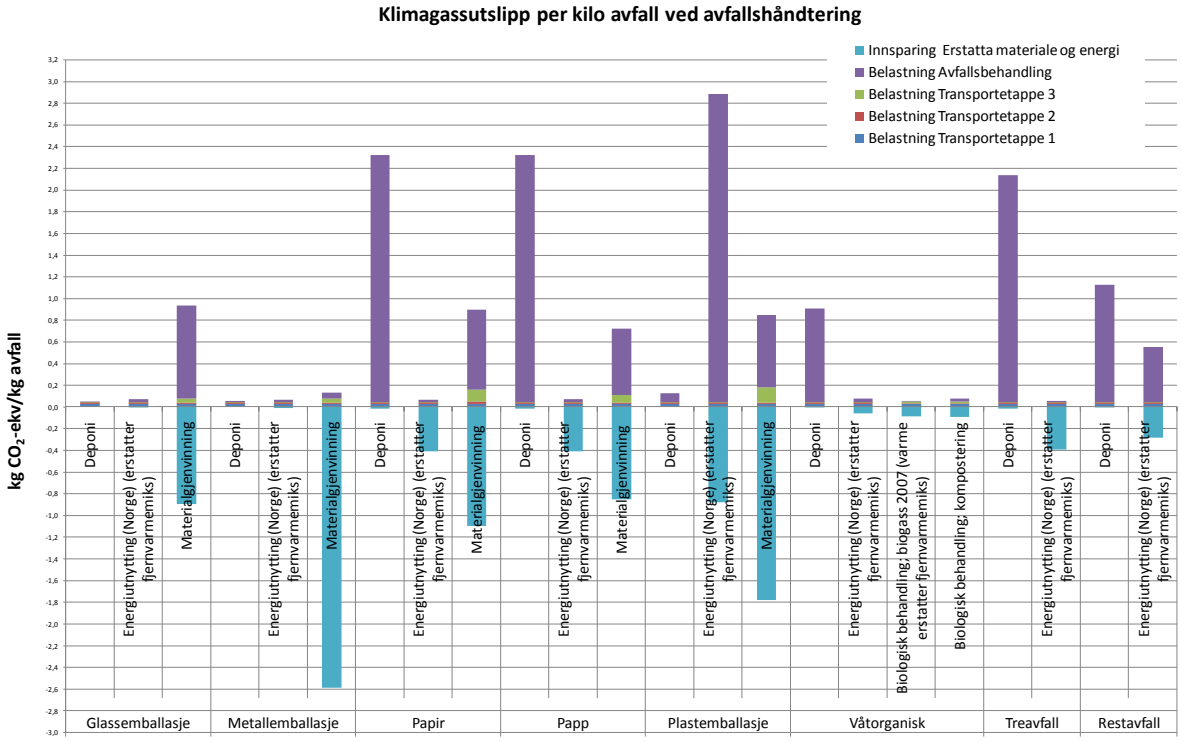
13.9 RESULTATER OPPSUMMERING

En oppsummering av klimagassutslipp per kg avfall for de ulike behandlingsmetoder for alle de analyserte avfallstyper (fordelt på livsløpsfaser) er presentert i Figur 88. Hovedanalysen for energiutnyttelse, som forutsetter at norsk fjernvarmemiks erstattes av varmeenergi, inngår i oppsummeringen.

Resultatene er presentert på samme måte som i kapitlene 13.1 til 13.8: Klimagassutslipp presenteres som positive tall, mens sparte klimagassutslipp presenteres som negative tall. I tillegg er livsløpsfasene transport, behandling og erstattet material/energi presentert med følgende farger på stolpene:

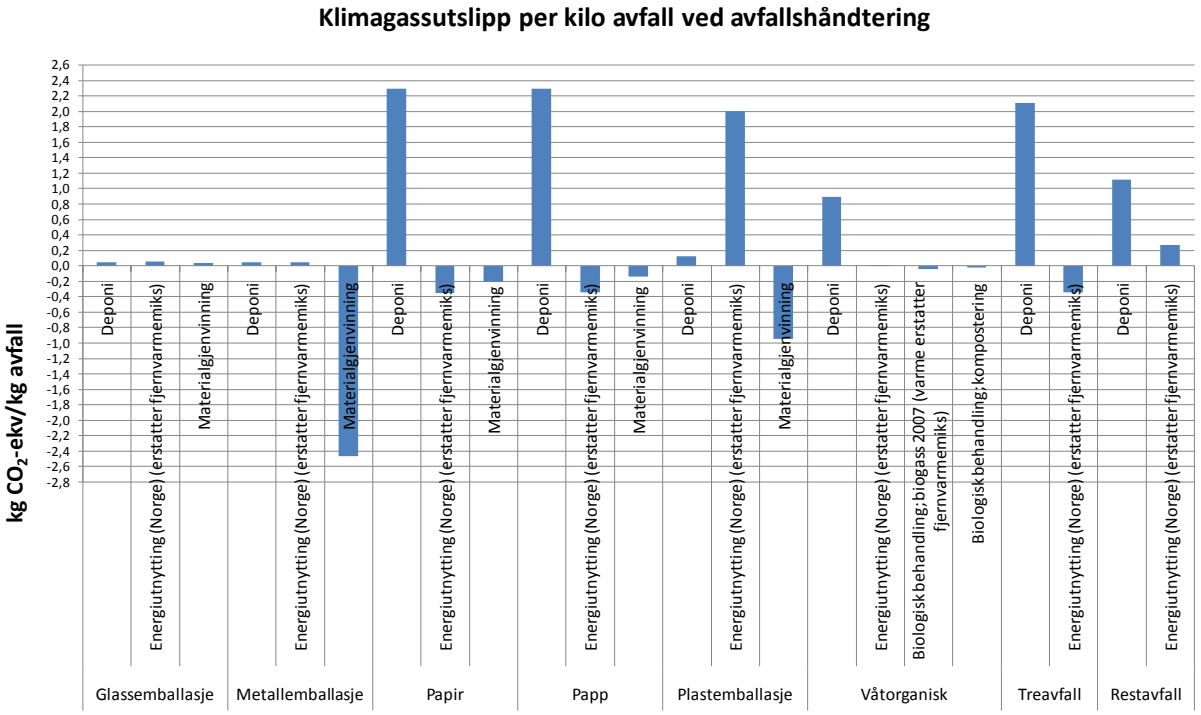
- Transport: Mørk blå, rød og grønn
- Behandling: Lilla
- Erstattet material/energi: Turkis

På denne måten kommer det frem hvilke aktiviteter som bidrar til hvilke klimagassutslipp eller sparte utslipp, samt størrelsesorden på utslippene.



Figur 88 Klimagassutslipp fra avfallshåndtering av alle analyserte avfallstyper, fordelt på livsløpsfaser.

På samme måte som i kapitlene 13.1 til 13.8 er tilsvarende resultater også presentert som netto klimagassutslipp per kg avfall for de ulike avfallstyper og behandlingsmetoder, se Figur 89.



Figur 89 Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering av alle analyserte avfallstyper

Resultatene viser at det er stor forskjell på klimaeffekten ved avfallshåndtering både innenfor avfallstype (avhengig av hvilken behandlingsmåte/systemtype som blir valgt) og mellom de ulike avfallstypene.

Fra figuren sees at deponering av alle de nedbrytbare avfallstypene (papir, papp, våtorganisk avfall og treavfall) medfører de største netto klimagassutslippene i de analyserte systemene, sammen med energiutnyttelse av plastemballasje. Resultatene viser således tydelig at det er et riktig skritt å forby deponering av nedbrytbart materiale.

Tilsvarende sees at materialgjenvinning av metallemballasje og plastemballasje gir de største netto sparte klimagassutslippene. Det presiseres også at analysen av materialgjenvinning av glassemballasje er svært usikker, jfr. beskrivelser i kapittel 5.3 og 13.1.1.

For en mer detaljert presentasjon av resultatene vises til Tabell 55.

Tabell 55 Resultater klimagassutslipp fordelt på avfallstyper, behandlingsmetoder og livsløpsfaser.

		Klimabelastning ved avfallshåndtering per kilo avfall, fordelt på livsløpstrinn					
		kg CO2-ekv per kilo avfall					
Avfallstype	**Behandlingsmetode**	**Transport-etappe 1**	**Transport-etappe 2**	**Transport-etappe 3**	**Avfalls-behandling**	**Erstatta materiale og energi**	**Sum totalt alle faser**
Glassemballasje	Deponi	0,025	0,015	0,001	0,007	0,000	0,048
	Energiutnytting (Norge) (erstatter fjernvarmemiks)	0,025	0,015	0,004	0,025	-0,005	0,063
	Materialgjenvinning	0,025	0,015	0,038	0,857	-0,895	0,039
Metallemballasje	Deponi	0,025	0,015	0,001	0,014	0,000	0,055
	Energiutnytting (Norge) (erstatter fjernvarmemiks)	0,025	0,015	0,004	0,019	-0,013	0,050
	Materialgjenvinning	0,025	0,015	0,038	0,051	-2,589	-2,461
Papir	Deponi	0,025	0,015	0,001	2,281	-0,019	2,303
	Energiutnytting (Norge) (erstatter fjernvarmemiks)	0,025	0,015	0,004	0,021	-0,409	-0,344
	Materialgjenvinning	0,025	0,023	0,110	0,736	-1,097	-0,204
Papp	Deponi	0,025	0,015	0,001	2,281	-0,019	2,303
	Energiutnytting (Norge) (erstatter fjernvarmemiks)	0,025	0,015	0,004	0,026	-0,409	-0,339
	Materialgjenvinning	0,025	0,010	0,075	0,608	-0,855	-0,137
Plastemballasje	Deponi	0,025	0,015	0,001	0,085	0,000	0,126
	Energiutnytting (Norge) (erstatter fjernvarmemiks)	0,025	0,015	0,004	2,841	-0,878	2,008
	Materialgjenvinning	0,025	0,015	0,140	0,666	-1,783	-0,937
Våtorganisk avfall	Deponi	0,025	0,015	0,001	0,863	-0,007	0,897
	Energiutnytting (Norge) (erstatter fjernvarmemiks)	0,025	0,015	0,004	0,031	-0,063	0,013
	Biologisk behandling; kompostering	0,025	0,008	0,017	0,027	-0,096	-0,018
	Biologisk behandling; biogass 2007 (varme erstatter fjernvarmemiks)	0,025	0,008	0,017	0,006	-0,090	-0,034
Treavfall	Deponi	0,025	0,015	0,001	2,091	-0,018	2,114
	Energiutnytting (Norge) (erstatter fjernvarmemiks)	0,025	0,015	0,004	0,012	-0,393	-0,336
Restavfall	Deponi	0,025	0,015	0,001	1,084	-0,009	1,116
	Energiutnytting (Norge) (erstatter fjernvarmemiks)	0,025	0,015	0,004	0,508	-0,283	0,270

Det presiseres at forutsetningene som inngår i analysene er svært avgjørende for resultatene, og at resultatene presentert i Figur 89 og Tabell 55 representerer forutsetninger som skal beskrive en gjennomsnittlig situasjon i Norge. Dette er det viktig å være klar over da tilpasning av disse basisverdiene til lokale forhold kan ha stor betydning for resultatene. Det betyr at for noen av avfallstypene kan resultatene variere i stor grad avhengig av forutsetninger som bestemmes av geografiske/lokale forhold.

Dette gjelder først og fremst forutsetninger tilknyttet utnyttelse og bruk av generert energi ved forbrenningsanlegg og hvilke energibærere generert energi forutsettes å erstatte, samt utnyttelse og bruk av produsert biogass ved biogassanlegg, jfr. de to analyserte alternativene som er presentert for energiutnyttelse i kapitlene 13.1 til13.8. Forutsetninger tilknyttet dette kan endre rangeringen mellom behandlingssystemene energiutnyttelse og materialgjenvinning av avfallstypene papir, papp og våtorganisk avfall, jfr. eksempler vist ved følsomhetsvurderinger og scenarioanalyser som er presentert i kapittel 13.3.2 og 13.6.2.

Det presiseres at konklusjoner for et ”stort” system (for eksempel avfallshåndtering i Norge), generelt ikke nødvendigvis vil gjelde for et ”mindre” system (for eksempel avfallshåndtering i

en spesifikk kommune). I førstnevnte tilfelle vil man måtte bruke forutsetninger som gjenspeiler en gjennomsnittlig situasjon, mens man for spesifikke tilfeller kan kartlegge mer nøyaktig hvilke energibærere som eksisterer og således vil bli erstattet.

Det presiseres også at studien kun har analysert miljøpåvirkningene i forhold til én indikator, nemlig klimaeffekt. En gjennomgang av relevante internasjonale studier (WRAP, 2006, European Topic Centre on Waste and Material Flows, 2004, Frees et. al., 2005, Bjørklund et al., 2005) viser at resultatene for sammenligning av energiutnyttelse og materialgjenvinning av papp og papir kan variere når det gjelder hva som er mest fordelaktig **for miljøpåvirkningskategorien klimaeffekt**. Årsaken til variasjonene er hovedsakelig at resultatene er svært følsomme i forhold til forbruk av fossil energi i de systemene som sammenlignes, og generelt gjelder at produksjon av jomfruelig papir ofte er basert på stort forbruk av bioenergi (bark, kapp fra produksjonen), mens resirkuleringsanlegg typisk bruker større grad av fossil energi.

Ser man derimot på **andre analyserte miljøpåvirkningskategorier** (energiforbruk, forsuring, overgjødsling, smogdannelse, toksisitet, arealforbruk og utslipp av organisk materiale i avløpsvann), er konklusjonene entydige i forhold til at materialgjenvinning medfører lavere miljøbelastning enn energiutnyttelse for papp og papir. Dette er eksemplifisert med data for denne studien for papir miljøpåvikningen *Netto energiforbruk*, se kapittel 13.3.3.

Gjennomgang av ovennevnte litteratur viser at for avfallstypene glass, metall og våtorganisk avfall, har miljøpåvirkningskategorien klimaeffekt samme trend som de andre analyserte kategoriene, nemlig at materialgjenvinning medfører lavest miljøbelastning i forhold til energiutnyttelse og deponering.

Denne oppsummeringen viser at det å vurdere kun én miljøindikator er for snever tilnærming i forhold til å alene skulle danne beslutningsgrunnlag for valg av avfallshåndteringsløsning.

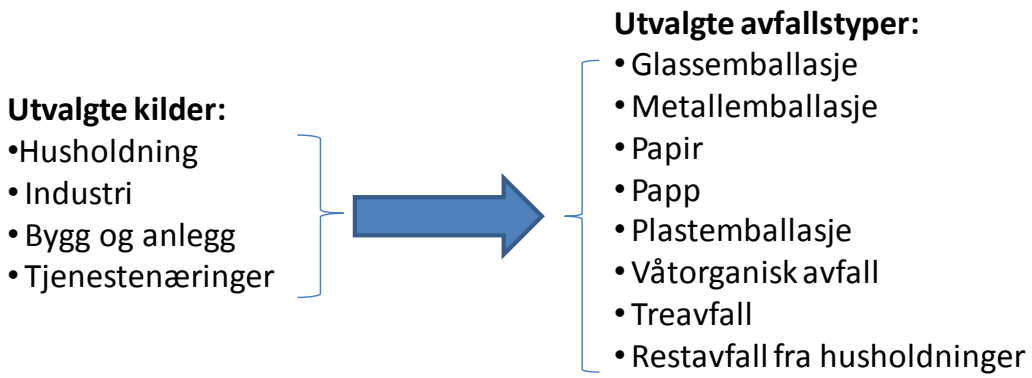
DEL II
Netto klimagassutslipp som følge av håndtering av avfall i 2006

14 METODIKK OG DATAGRUNNLAG; AVFALLSTYPER, MENGDER OG KILDER

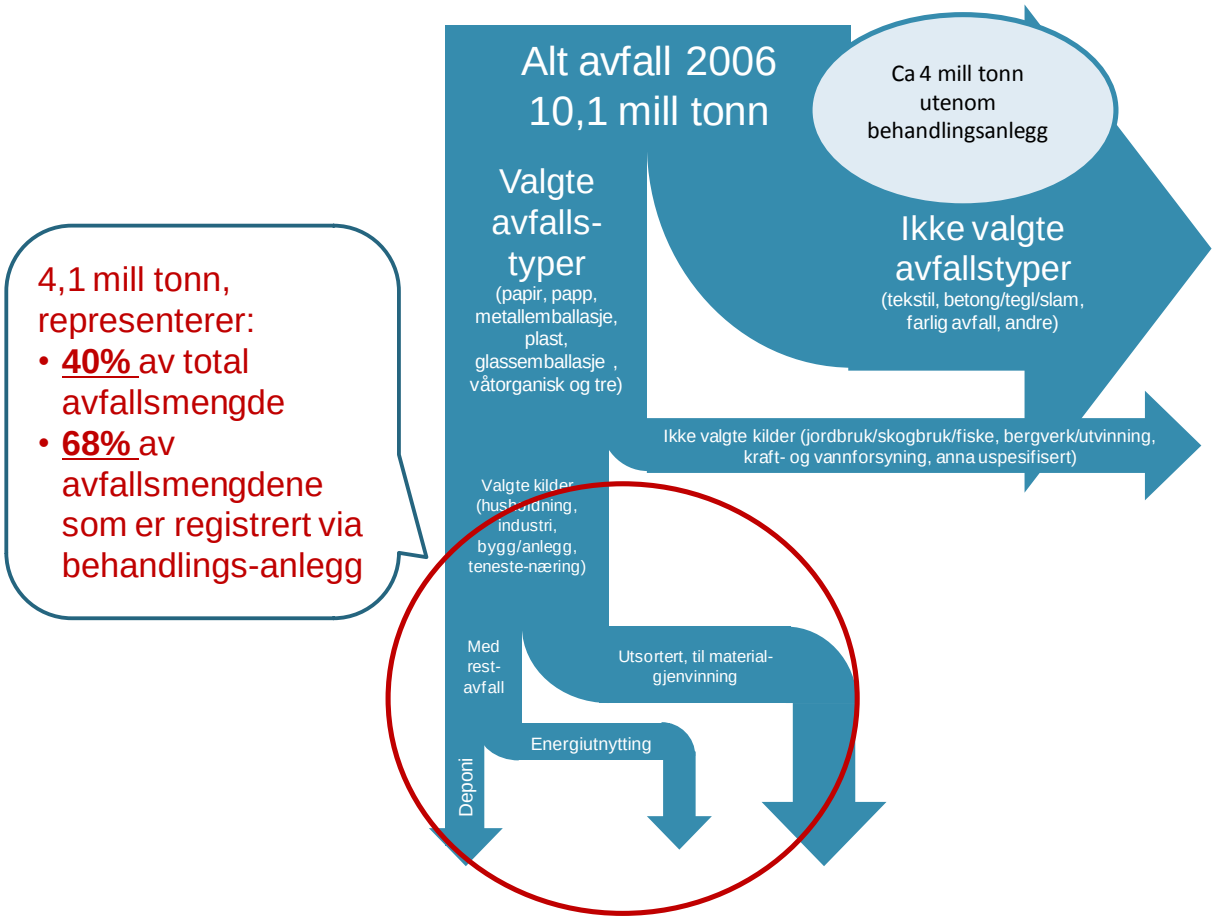
Med bakgrunn i resultatene for netto klimagassutslipp per kilo av de ulike avfallstypene og behandlingsmetoder (system) presentert i kapittel 13.9, er netto klimagassutslipp som følge av håndtering av relevante avfallstyper og mengder i Norge beregnet.

Datagrunnlaget for mengder avfall fordelt på typer og behandlingsmetode er hentet fra SSBs avfallsregnskap for Norge (SSB, 2008c). Sist oppdaterte data for avfallstyper, mengder og kilder gjelder for året 2006.

Som beskrevet i kapittel 3.1, er følgende avfallstyper og kilder inkludert i analysen:



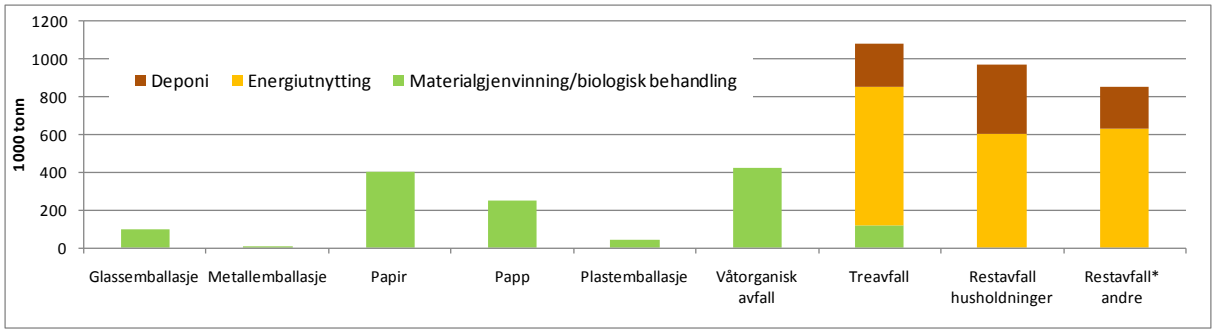
Denne avgrensningen i avfallstyper og kilder medfører at totalt 4,1 mill tonn av totalt 10,1 millioner tonn avfall som oppstår i Norge (2006) er inkludert i analysen (tilsvarer ca 40% av totale avfallsmengder). En prinsippskisse for hvilke avfallsmengder og typer, samt kilder og håndteringsmåte som er inkludert i analysen er presentert i sankeydiagrammet i Figur 90.



Figur 90 Sankeydiagram som prinsipielt viser hvilke avfallstyper og kilder som er inkludert i analysen, samt størrelsesorden på inkluderte avfallsstrømmer i forhold total mengde avfall som oppstår.

Totalt 40 % av de totale avfallsmengdene er inkludert i analysen. Dersom man kun vurderer de avfallsmengdene som er registrert i behandlingsanlegg (Lystad, 2008), er ca 68 % inkludert i analysen.

Med bakgrunn i dette er avfallstyper, mengder og håndteringsmåte som inngår i analysen, presentert i Figur 91 under.



Figur 91 Avfallstype, mengder og håndteringsmetode for alle kilder og avfallstyper som inngår i analysen.

*Restavfall fra industri, tjenestenæringer og bygg og anlegg innebefatter kun papir, papp, glassemballasje, metallemballasje, plastemballasje og våtorganisk avfall.

Totale mengde avfall som inngår i analysen er 4,1 mill tonn, hvorav ca 1,3 mill tonn avfall blir kildesortert for enten materialgjenvinning eller biologisk behandling (vist ved grønne stolper). Videre blir ca 2 mill tonn avfall energiutnyttet (vist ved gule stolper) og 800 000 tonn avfall deponert (vist ved røde stolper).

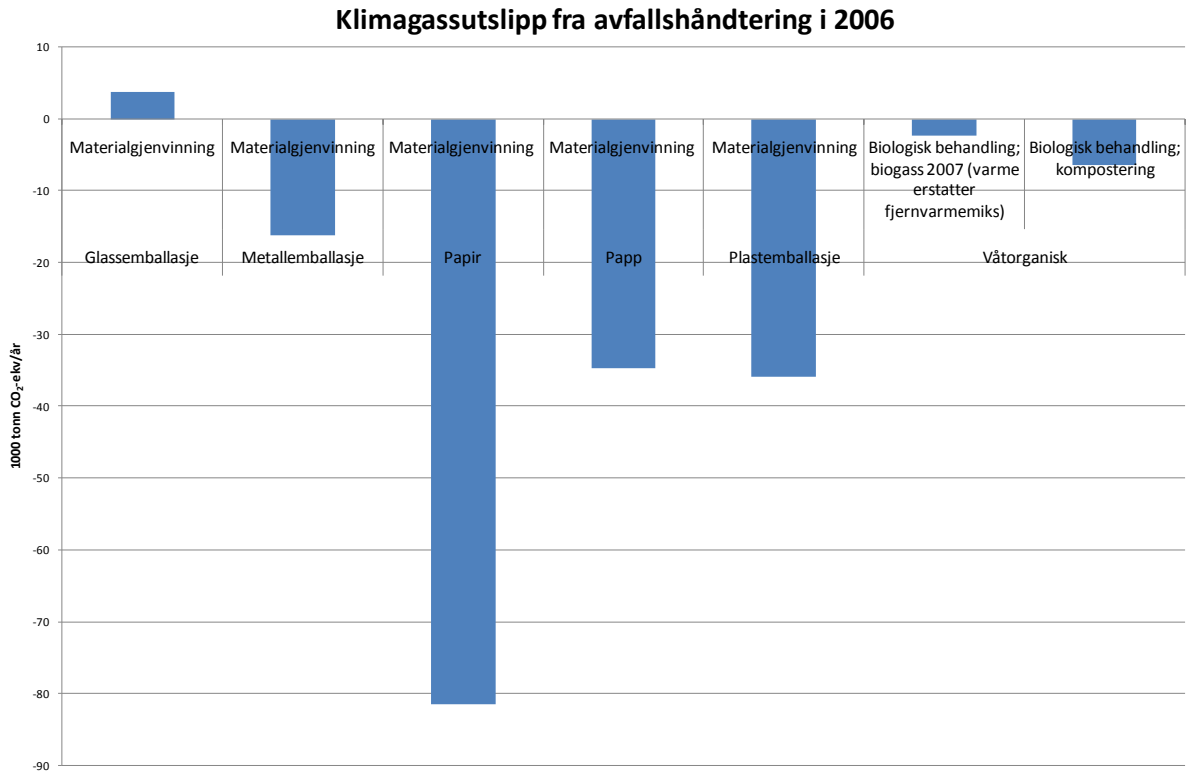
Med bakgrunn i at størsteparten av de inkluderte avfallsmengdene kommer fra husholdninger, er det av praktiske årsaker valgt å benytte de kartlagte gjennomsnittlige transportavstander tilhørende husholdningsavfall for alle avfallsmengdene. Da husholdningsavfallet er det avfallet som sannsynligvis har de lengste transportavstandene (flest punktkilder), antas at dette er et worst case, og således representerer en konservativ beregning. I tillegg viser de spesifikke resultatene per avfallstype (presentert i kapittel 13) at transportbelastningene er av relativt liten betydning i forhold til de totale klimabelastningene. Med bakgrunn i dette, antas denne antagelsen å være innefor usikkerhetsgrensene i analysen.

15 KLIMABELASTNING SOM FØLGE AV HÅNDTERING AV AVFALL

15.1 KLIMABELASTNING SOM FØLGE AV HÅNDTERING AV AVFALL I 2006

Dette kapittelet presenterer klimagassutslipp og -besparelser som følge av håndtering av de analyserte avfallstyper og mengder fra husholdning, industri, bygg og anlegg og tjenestenæringer som inngår i analysen for året 2006 (totalt 4,1 mill tonn). Typer og mengder som inngår i det analyserte avfallet er beskrevet i Figur 91.

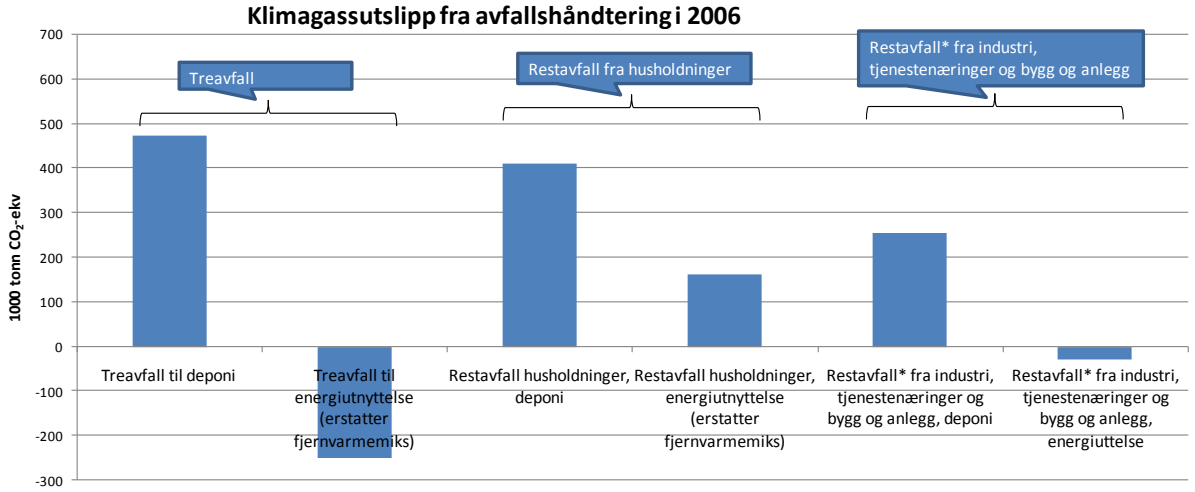
Figur 92 viser klimagassutslipp og -besparelser som følge av håndtering av ca 1,3 mill tonn avfall som blir kildesortert til materialgjenvinning/biologisk behandling.



Figur 92 Klimagassutslipp som følge av materialgjenvinning/biologisk behandling av ca 1,3 mill tonn kildesortert avfall i 2006 (vist som 1000 tonn CO_2-ekvivalenter).

Figuren viser at papir, papp og plastemballasje medfører de største sparte klimagassutslippene for de kildesorterte avfallstypene. Netto besparelse som følge av avfallshåndtering av alle de kildesorterte avfallstypene i 2006 er beregnet til 173 000 tonn CO_2-ekvivalenter.

Netto klimagassutslipp for håndtering av treavfall, restavfall fra husholdinger og restavfall* fra industri, tjenestenæringer og bygg/anlegg (totalt ca 2,8 mill tonn avfall) vises i Figur 93. Det presiseres at størrelsesordenen på skalaen i Figur 92 ikke korresponderer med skalaen i Figur 93.



Figur 93 Netto klimagassutslipp som følge av håndtering av treavfall, restavfall fra husholdninger og restavfall* fra andre kilder i 2006.

*Restavfall fra industri, tjenestenæringer og bygg/anlegg innebefatter kun papir, papp, glassemballasje, metallemballasje, plastemballasje og våtorganisk.

Fra figuren sees deponering medfører det største netto klimagassutslippet, med ca 1,1 mill tonn CO_2-ekvivalenter til sammen. Videre bidrar energiutnyttelse av restavfall fra husholdninger med ca 150 000 tonn CO_2-ekvivalenter, mens energiutnyttelse av treavfall og restavfall* fra industri, tjenestenæringer og bygg/anlegg medfører en netto klimagassbesparelse på snaue 300 000 tonn CO_2-ekvivalenter. Netto klimagassutslipp som følge av avfallshåndtering av de ca 2,8 tonn treavfall og restavfall presentert i Figur 93 i 2006 er beregnet til å utgjøre ca 1 mill tonn CO_2-ekvivalenter

Resultater for alle inkluderte avfallstyper og kilder som er presentert Figur 92 og Figur 93 er vist i Tabell 56.

Tabell 56 Netto klimagassutslipp for alle inkluderte avfallstyper og kilder for 2006

	1000 tonn CO2-ekv i 2006
Treavfall til deponi	474
Treavfall til energiutnyttelse (erstatter fjernvarmemiks)	-249
Restavfall husholdninger, deponi	411
Restavfall husholdninger, energiutnyttelse (erstatter fjernvarmemiks)	162
Restavfall* fra industri, tjenestenæringer og bygg og anlegg, deponi	255
Restavfall* fra industri, tjenestenæringer og bygg og anlegg, energiuttelse	-29
Kildesortert avfall	-173
Sum	851

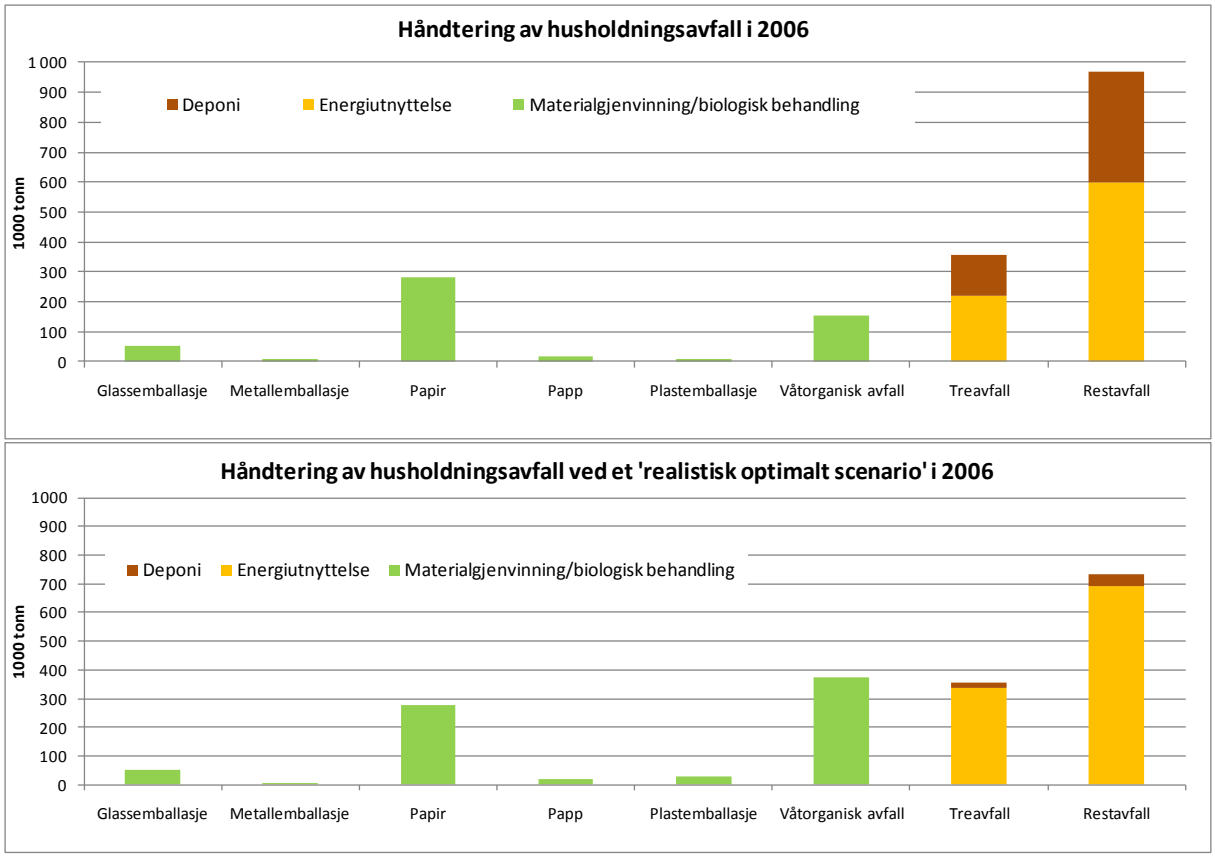
Netto klimagassutslipp som følge av avfallshåndtering av de inkluderte avfallstyper og mengder i 2006 er beregnet til å utgjøre 851 000 tonn CO_2-ekvivalenter. Dette tilsvarer årlige klimagassutslipp fra ca 243 000 personbiler (kjørelengde 15 000 km (Flugsrud et al., 2000 og Bang et al., 1999)) eller 8% av de årlige klimagassutslippene fra transportsektoren (totalt 10,4 mill tonn CO_2 (SSB, 2008d)).

15.2 "REALISTISK OPTIMALT SCENARIO" FOR AVFALLSHÅNDTERING AV HUSHOLDNINGSAVFALL

Det er konstruert et 'realistisk optimalt scenario' for håndtering av husholdningsavfall for å analysere hvordan en slik avfallshåndtering slår ut klimamessig. Det presiseres at denne analysen kun omfatter husholdningsavfall, noe som medfører at avfall fra kildene industri, bygg/anlegg og tjenestenæringer er ekskludert.

Et slikt 'realistisk optimalt scenario' er definert som at kildesorteringsgradene for våtorganisk og plast i husholdningene økes til henholdsvis 75% og 44%, samt at alt papir som i dag går til deponi blir sendt til forbrenning. Dette danner grunnlag for beregning av en "ny" restavfallssammensetning (basert på Modell for beregning av sammensetning i restavfall basert på kildesorteringsordninger, beskrevet i vedlegg 5) og en fordeling for restavfallet som forutsetter at 95% sendes til energiutnyttelse og 5% til deponi. For treavfall antas også en 95/5 fordeling mellom energiutnyttelse og deponi.

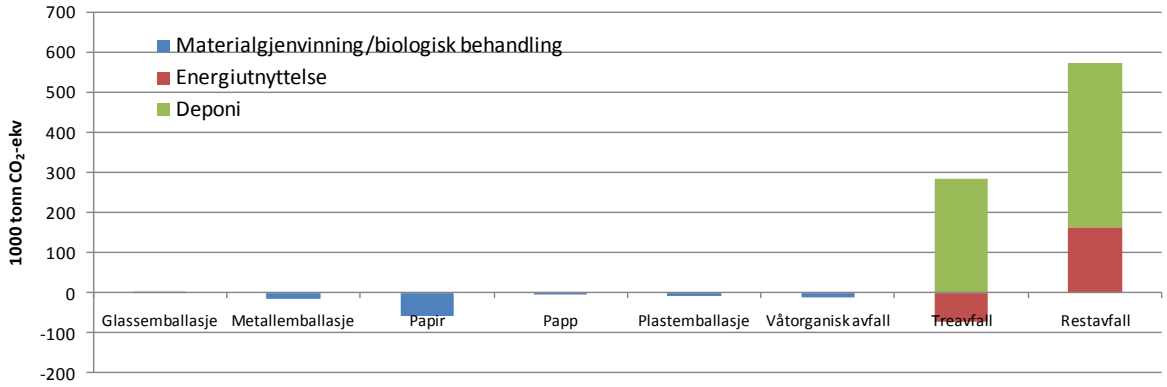
Figur 94 viser håndtering av husholdningsavfallet ved et 'realistisk optimalt scenario' i forhold til faktisk håndtering i 2006. Total avfallsmengde fra husholdninger i 2006 var ca 1,8 millioner tonn.



Figur 94 Håndtering av husholdningsavfall i 2006 sammenlignet med et ”realistisk optimalt scenario” (totale avfallsmengder: ca 1,8 mill tonn.)

Fra figuren sees at mengde plast og våtorganisk avfall til materialgjenvinning/biologisk behandling har økt, samt at mengde trevfall og restavfall til energiutnyttelse er økt betydelig.

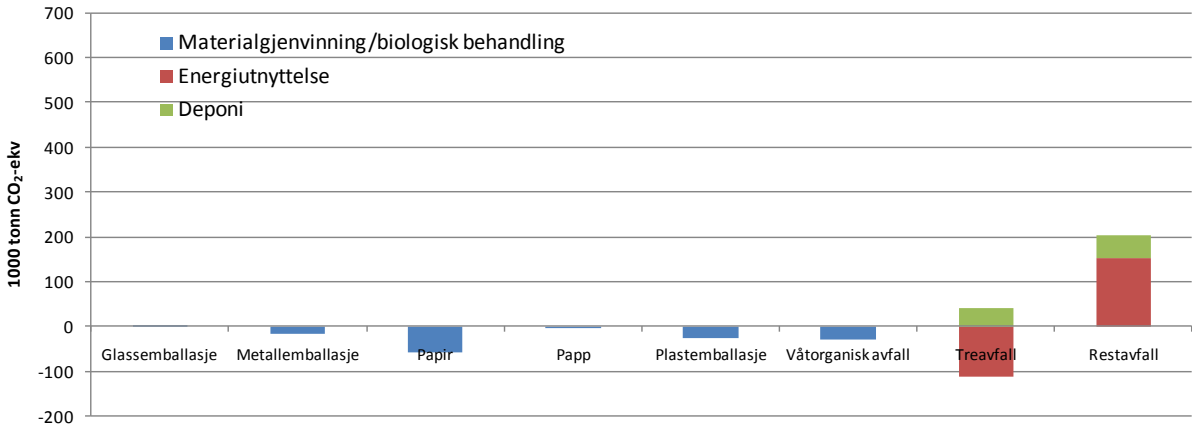
I kapittel 15 ble netto klimagassutslipp som følge av håndtering av totalt 4,1 mill tonn presentert. Dersom husholdningsavfallet vurderes separat (totalt ca 1,8 mill tonn), vil netto klimagassutslipp som følge av håndtering av dette avfallet i 2006 fordeles på avfallstyper og håndteringsmetoder som vist i Figur 95.



Figur 95 Netto klimagassutslipp som følge av håndtering av husholdningsavfall i 2006.

Figuren viser at deponering av treavfall og restavfall bidrar til de største klimagassutslippene. Videre sees at materialgjenvinning av papir gir den største netto klimagassbesparelsen. Netto klimagassutslipp fra håndtering av alle de 1,8 mill tonn husholdningsavfall er 689 000 tonn CO_2-ekvivalenter.

Beregning av et 'realistisk optimalt scenario' for de samme typer og mengder husholdningsavfall, medfører at netto klimagassutslipp som følge av avfallshåndtering i 2006, fordeles på avfallstyper og håndteringsmåter som vist i figuren under.



Figur 96 Netto klimagassutslipp som følge av håndtering av et 'realistisk optimalt scenario' husholdningsavfall i 2006.

Figuren viser at klimagassutslippene fra deponering av treavfall og restavfall er redusert betraktelig som følge av betydelig reduserte mengder til deponi. Videre sees at netto klimagassbesparelse fra materialgjenvinning/biologisk behandling av plastemballasje og våtorganisk avfall er økt som følge av økte mengder som blir håndtert på denne måten. Netto

klimagassutslipp fra håndtering av alle de 1,8 mill tonn med husholdningsavfall er ved et slikt ’realistisk optimalt scenario’ beregnet til å utgjøre 2 000 tonn CO_2-ekvivalenter.

Det betyr at håndtering av husholdningsavfallet i hen hold til et slikt ’realistisk optimalt scenario’ vil medføre en klimagevinst på 687 000 tonn CO_2-ekvivalenter og dermed medføre at avfallshåndtering av husholdningsavfall blir tilnærmet klimanøytral.

DEL III
Konklusjoner og videre arbeid

16 KONKLUSJONER

Hovedkonklusjonene fra prosjektet kan oppsummeres som følger:

1. Resultatene fra studien viser tydelig at det å vurdere kun én miljøindikator er for snever tilnærming i forhold til å alene skulle danne beslutningsgrunnlag for valg av avfallshåndteringsløsninger.
2. Netto klimagassutslipp for avfallshåndtering varierer i stor grad, både mellom de ulike avfallstypene og behandlingsmåtene som er vurdert. Hovedresultatene for rangering av håndteringsmetode i forhold til netto klimagasseffekt tilknyttet de avfallstyper og behandlingsmåter som er vurdert og med de forutsetninger som inngår i hovedanalysen er som følger:
    - Materialgjenvinning medfører lavest klimagassbelastning for avfallstypene glassemballasje, metallemballasje og plastemballasje.
    - Biologisk behandling (biogassproduksjon) gir lavest klimagassbelastning for behandling av våtorganisk avfall.
    - Energiutnyttelse gir lavest klimagassbelastning for behandling av papir, papp og treavfall.
    - Deponering gir størst klimagassbelastning for alle de analyserte avfallstypene, bortsett fra plast- og glassemballasje.
    - For restavfall har sammensetningen stor innvirkning på klimagassutslippene for deponi og energiutnytting av avfallet. Sammensetningen varierer både med hvilke typer av avfall som kastes og med hva slags kildesorteringsordninger som tilbys i de ulike kommuner. Dette kan igjen variere avhengig av befolkningstetthet (tettbebygde strøk/byer kontra spredt bebyggelse) og motivasjon hos den enkelte innbygger til å kildesortere. Energiutnyttelse medfører lavest klimagassutslipp for et ”gjennomsnittlig sammensatt” restavfall i Norge.

- Analyser av restavfall bør alltid vurderes i sammenheng med totale mengder og håndtering av utsorterte avfallstyper, samt totale mengder og sammensetning av restavfall. Dette er viktig for å oppnå en helhetlig vurdering og unngå suboptimalisering.
- Transportrelaterte klimagassutslipp er generelt av relativt liten betydning i forhold til miljønytten som oppstår ved materialgjenvinning og/eller energiutnyttelse.

3. Modellen er benyttet til å beregne at netto klimagassutslipp som følge av avfallshåndtering av totalt ca 4,1 mill tonn avfall fra husholdninger, industri, bygg/anlegg og tjenestenæringer i 2006 utgjør 851 000 tonn CO_2-ekvivalenter. Dette tilsvarer årlige klimagassutslipp fra ca 243 000 personbiler.
4. Analyse av et realistisk optimalt scenario for avfallshåndtering av husholdningsavfall viser at dette systemet kan bli tilnærmet klimanøytralt.
5. Valg av hvilke forutsetninger som skal inngå i denne type analyser er avhengig av formålet med analysen, i tillegg til lokale/geografiske forhold.
6. Relevant internasjonal litteratur er gjennomgått for å kvalitetssikre resultatene som er fremkommet i denne studien. Dette kan oppsummeres som følger:
    - Resultatene fra denne studien for beregning av klimagassbelastning er svært robuste for avfallstypene glassemballasje, metallemballasje, plastemballasje og våtorganisk avfall. I følge gjennomgått litteratur gir materialgjenvinning også best resultat for de fleste andre vurderte miljøpåvirkningskategorier for disse 4 avfallstypene.
    - For fiberavfallstypene papp og papir er resultatene for klimagassbelastning også i tråd med relevant internasjonal litteratur, som viser at forutsetningene tilknyttet forbruk og erstatning av fossil energi i de systemene som sammenlignes (materialgjenvinning og energiutnyttelse) er svært viktige for resultatene. Dette er synliggjort ved at det er gjennomført 2 følsomhetsvurderinger for behandling av papir, som viser at rangeringen mellom materialgjenvinning og energiutnyttelse raskt kan endres ved endring av forutsetningene som inngår.
    - For tilnærmet alle andre analyserte miljøpåvirkningskategorier enn klimagassutslipp (for eksempel energiforbruk, forsuring, toksisitet mfl.), er konklusjonene fra litteraturgjennomgangen entydige i forhold til at <u>materialgjenvinning medfører lavere miljøbelastning enn energiutnyttelse</u>, også for papp og papir. Dette er eksemplifisert med data for denne studien for miljøpåvirkningen <u>Energiforbruk</u>, som viser at materialgjenvinning av papir gir klart best energiregnskap.

7. Arbeidet som er gjennomført viser at avfalshåndtering representerer svært komplekse systemer.

17 VIDERE ARBEID

Det anbefales at det utarbeides en spesifikk miljøanalyse for materialgjenvinning av glassemballasje med bakgrunn i de usikre resultatene som fremkommer i denne analysen, som følge av manglende datagrunnlag. I tillegg er det ønskelig å inkludere avfallstypen drikkekartong.

På grunnlag av konklusjonene om at det å vurdere kun én miljøindikator er en for snever tilnærming i forhold til å alene skulle danne beslutningsgrunnlag for valg av håndteringsløsning, er det også ønskelig å inkludere flere miljøindikatorer i modellen som er utviklet.

18 REFERANSELISTE

Asplan Viak, 2008: IVAR plukkanalyse 2007, Asplan Viak, 2008

Avfall Norge, 2007: Benchmarkingsstudie gjennomført for 15 kommuner/avfallsselskaper med data for 2005, data oversendt fra NGIR v/Erlend Kleiveland 25.03.08

Avfall Norge, 2009: Data om produsert og levert energi fra norske forbrenningsanlegg for 2007 oversendt fra Avfall Norge v/Håkon Jentoft 08.01.09, supplert med konkrete forespørsler til noen anlegg (gjennomført av Østfoldforskning).

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

Berg, B., Bergesen, O., Ødegård, K. 2004; Utslipp fra kompostering. Sintef STF80 A04116.

Berg, 2009: Korrespondanse på telefon (15.05.09) med Bjørn Berg, sjefsingeniør på GLT avfall, Beberg@glt-avfall.no

Bioforsk, 2008: Møte mellom Bioforsk og Østfoldforskning 2/9-08.

Björklund , A., Finnveden, G., 2005: Recycling revisited – life cycle comparisons og global warming impact and total energy use of waste management strategies. Resources, Conservation and Recycling. Volume 44, Issue 4, July 2995, Pages 309-317.

BUS, 2005: Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall. Bilaga 3: Utvärdering av miljöpåverkan. (s 12, tabell 5), http://www.avfallnorge.no/content/view/full/3591

Cambi, 2005: Designdata for energiforbruk og klimagassutslipp fra Ecopro-anlegg, oversendt fra Cambi i august 2005 ifm studien Miljø- og kostnyttevurdering av Ecopros planlagte biogassanlegg - underlag for KU (OR 16.05).

Ecoinvent 2.0 database; http://www.pre.nl/ecoinvent/default.htm?gclid=CO322re7qpICFQSU1AodYRRKQQ

http://www.ecoinvent.ch/

Ekvall, T., 2000: A market-based approach to allocation at open-loop recycling. Resources, Conservation and recycling 29 (2000) 91-109

Ekvall, T., Assefa, G., Björklund, A., Eriksson, O., Finnveden, G., 2007: What life-cycle assessment does and does not do in assessments of waste management. Waste Management 27 (2007), pages 989-996.

Energipartner, 2008:
http://www.energipartner.no/portal/page/portal/atel/int_no/news/show_content.html?p_d_i=-121&p_d_c=&p_d_v=17168

ETH-ESU 96 database (2007): Data for 1 kg of mineral wool from the ETH-ESU 96 database found in Simapro software; Processes/Material/construction/Mineral wool ETH U.

European Topic Centre on Waste and Material Flows, 2004: Review of existing LCA studies on the recycling and disposal of paper and cardboard.

Finnveden, G., 1999: Methodological aspects of life sycle assessment of integrated solid waste management systems. Resources, Conservation and recycling 26 (1999) 173-178.

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

Fortum, 2008:
http://www.fortum.no/document.asp?path=17762;17766;17783;17895;18066;18109;44212

Frees, N., Hansen, M. S., Ottosen, L. M., Tønning, K., Wenzel, H. (2005): Miljømessige forhold ved genanvendelse af papir og pap. Miljøprojekt Nr. 1057 2005.

Belbo, H og Gjølsø, S. Trevirke - brennverdier og energitetthet, Viten fra skog og landskap 01/08.

Hjellnes Consult, 2009: Avfallsanalyse husholdningsavfall, analyse av restavfall og papir fra husholdninger fra fire områder i Oslo Kommune, foreløpig rapport 1.4.2009 oversendt av Hege Rooth Olbergsveen, REN Oslo Kommune 02.04.2009.

Hjellnes Cowi, 2007: Plukkanalyse restavfall 2006, Grenland, Hjellnes Cowi AS 1/2007

IPCC: http://www.ipcc.ch/

ISO, International organisation for Standardisation; http://www.iso.org/iso/iso_catalogue.htm

Kättsröm, H., 2008: Biogas as a vehicle fuel, why it makes sense, http://www.scandinaviangts.com/doc/080903%20Biogas%20as%20vehicle%20fuel,%20why%20it%20makes%20sense.pd

Lindum, 2009: E-post frå Janne Buhaug, Lindum, 23/1-09, med sammenstilling av litteraturdata utført av Anna Johansson (Lindum) og Tore Methlie Hagen (NORSAS): Samanstilling av biogassutbytte frå våtorganisk avfallssubstrat fra 20 ulike kjelder (snittverdi).

Lystad, McKinnon og Henriksen, 2002: Jordforsk-rapport nr 72-02

Lystad, H., Magnussen, K., Grønlund, A., Netland, J., Vethe, Ø., 2003: Samfunnsøkonomisk nytte ved anvendelse av produkter fra biologisk nedbrytbart avfall i jord. Jordforsk rapport nr. 4/03.

Modahl, I., Rønning, A., 2003: Miljømessige konsekvenser av ulike scenarier for energibruk i Østfold. Stiftelsen Østfoldforskning, OR 29.03

Mathiesen, B. V., Münster, M., Fruergaard, T., 2008: Uncertainties related to the identification of the marginal energy technology in consequential life cycle assessments, Submitted Journal of Cleaner Production (Status: accepted with minor revisions, resubmitted), May 2008, pages 183 to 206.

Naturressurser og miljø 2006: SSB, desember 2006. ISBN 82-537-7115-0

Nordel, 2006: Elektrisitetsmiks fra Nordel for 2006, basert på statistikk fra Nord Pool: Table 1: Production in TWh from varying energy sources, http://nordpoolspot.com/reports/Production_split/Production-split-2006/

Nordgaard, E, 2008: Epost av 9/5-08.

Nordgaard, E, 2009: Korrespondanse på telefon (25.05.2009).

Norsk Fjernvarme, 2008: Grovt anslag på fordeling av erstattet varme og elektrisitet, fremkommet gjennom diskusjon i telefonsamtale med Heidi Juhler i Norsk Fjernvarme 21.04.2008.

Norsk Fjernvarme, 2009: Statistikk for sammensetning av norsk fjernvarme i 2006. http://www.fjernvarme.no/index.php?sideID=68&ledd2=56&ledd1=21

Norsk Glass- og metallgjenvinning, 2008: Telefonsamtale med Randi Varberg, Norsk Glass- og metallgjenvinning den 8/5 2008.

Norsk Industri, 2008: Data for fordeling av innsamlet papir (behandling i Norge, eksport), oversendt på mail fra Marit Holtermann Foss 26/5-97.

Norsk Resy, 2008: Data for fordeling av innsamlet bølgepapp (behandling i Norge, eksport), oversendt på mail fra Bjørn Sørensen 26/5-08.

Norske Skog, 2008: Data for energi- og massebalanse innhentet via spesifikt utarbeidet datainnsamlingsskjema, mottatt på epost fra Per Nonstad den 21.10 2008.

NRF, 2005: Veileder for plukkanalyser av husholdningsavfall, NRF (nå Avfall Norge), 7/2005

Nyland C. A., Modahl I. S., Raadal H. L., Hanssen O. J. (2003): Application of LCA as a Decision-Making Tool for Waste Management Systems: Material Flow Modelling, Int J LCA 10 (6), p331-336.

Persson, M., 2006: Rapport Biogasfolder 2006: Basdata om biogas, http://www.sgc.se/rapporter/display.asp?ID=1075

Persson, M., Wellinger, A., 2006: Biogas upgrading and utilisation. IEA.

Peterson Linerboard, 2008: Data for energi- og massebalanse innhentet via spesifikt utarbeidet datainnsamlingsskjema, mottatt på epost fra Jørn Hennum den 18.12 2008

Pré, Nederland; http://www.pre.nl/simapro/

Prognos AG, 2008: Resource savings and CO_2-reduction potentials in waste management in Europe and the possible contribution to the CO_2 reduction target in 2020.

Raadal, H. L., 2008: Miljøanalyse av ulike behandlingsformer for plastemballasje, Østfoldforskning, OR 04.08

Raadal, H. L., Schakenda, V., Morken, J. 2008a): Potensialstudie for biogass i Norge, Østfoldforskning, OR 21.08

REN, 2005: Avfallsanalysen 2005, Oslo Kommune Renovasjonsetaten

RKR, 2007: Sorteringsundersøkelsen 2006, Agder, RKR 1/2007

SFT, 1996: Frøiland, E., J., Williksen, T., Bartnes, J. (1999): Beregningsmodell for utslipp av metangass fra norske deponier – historiske og framtidige utslippsmengder, SFT, rapport nr. 99:16, ISBN 82-7655-180-7

SFT, 1999: Utslipp fra veitrafikk i Norge, Rapport 99:04, Tabell v.65

SFT, 2008: Epost fra Lars Kåre Grimsby, SFT, 05.09.08.

SimaPro verktøy for livsløpsanalyse; http://www.pre.nl/simapro/

SGC, 2003: Utvardering av uppgraderingstekniker for biogas, Rapport 142.

SGC, 2006: Svenskt Gasteknisk Center, Persson, M.: Basdata om biogas.

SSB, 2008a: SSBs deponimodell, spesifikke beregninger for papir/papp og matavfall

SSB, 2008b: Epost fra Håkon Skullerud, SSB, 30.1.08

SSB, 2008c: SSBs avfallsregnskap for Norge. http://www.ssb.no/emner/01/05/40/avfregno/

SSB 2008d: Klimagassutslipp i Norge fordelt på kilder:
http://www.ssb.no/emner/01/04/10/klimagassr/tab-2008-02-19-01.html

SSB, 2008d: Hushaldsavfall utsortert til attvinning, etter materiale, Statistisk Sentralbyrå, 2008 http://www.ssb.no/avfkomm/tab-2008-06-20-02.html

SSB, 2008e: Del av innbyggjarane som bur i kommunar med tilbod om henteordning for kjeldesortert avfall, Statistisk Sentralbyrå, 2008

http://www.ssb.no/avfkomm/tab-2008-06-20-04.html

Statnett, 2008: http://www.statnett.no/no/Kraftsystemet/Energisertifikater/

Tillman, A.M., 2000: Significance of decision-making for LCA methodology. Environmental Impact Assessment Review 20 (2000) 113-123, Elsevier.

Yara, 2003: Gjennomsnittsdata for produksjon av kunstgjødsel. Inngår i Østfoldforsknings database i Simapro som 'NPK fertiliser (synthetiv), Norwegian'.

WRAP, 2006: Environmental benefits of recycling. An international review of life cycle comparisons for key materials in the UK recycling sector. Waste and Resource Action Programme (WRAP) 2006.

VEDLEGG 1:

MODELLPARAMETRE MED DATAKJELDER

Dette vedlegget inneholder en utskrift av parameterlisten i modellen.

Avfalls-type	System-type	Livsløps-fase	Parameter	Verdi	Einin g	Kode	Forklaring og referanse
Alle	Deponi og energi-utnyttelse	Transport	Transport-etappe 1	19	km	T1_depen_alle_h	Trp-distanse 1 (kjelde-mottaksstasjon) for seinare deponi/energiutn, alle avfallstypar, kjelde hushaldning. Basisverdi: 19 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Papir	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 1	19	km	T1_mgj_papir_h	Trp-distanse 1 (kjelde-mottaksstasjon) for seinare materialgjv, papir, kjelde hushaldning. Basisverdi: 19 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Papp	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 1	19	km	T1_mgj_papp_h	Trp-distanse 1 (kjelde-mottaksstasjon) for seinare materialgjv, papp, kjelde hushaldning. Basisverdi: 19 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 1	19	km	T1_mgj_metemb_h	Trp-distanse 1 (kjelde-mottaksstasjon) for seinare materialgjv, metallemballasje, kjelde hushaldning. Basisverdi: 19 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Plast-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 1	19	km	T1_mgj_plast_h	Trp-distanse 1 (kjelde-mottaksstasjon) for seinare materialgjv, plast, kjelde hushaldning. Basisverdi: 19 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Glass-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 1	19	km	T1_mgj_glaemb_h	Trp-distanse 1 (kjelde-mottaksstasjon) for seinare materialgjv, glassemballasje, kjelde hushaldning. Basisverdi: 19 km. Referanse: Benchmarking avfall.
Våt-organisk	Biologisk behandling	Transport	Transport-etappe 1	19	km	T1_bio_vatorg_h	Trp-distanse 1 (kjelde-mottaksstasjon) for seinare biologisk behandling, våtorganisk, kjelde hushaldning. Basisverdi: 19 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Hageavfall	Biologisk behandling	Transport	Transport-etappe 1	19	km	T1_bio_hage_h	Trp-distanse 1 (kjelde-mottaksstasjon) for seinare biologisk behandling (bruk som strukturmateriale), hageavfall, kjelde hushaldning. Basisverdi: 19 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Alle	Deponi og energi-utnyttelse	Transport	Transport-etappe 2	52	km	T2_depen_alle_h	Trp-distanse 2 (mottaksstasjon-sentralsortering) for seinare deponi/energiutn, alle avfallstypar, kjelde hushaldning. Basisverdi: 52 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Papir	Material gjenvinning	Transport	Transport-etappe 2	135	km	T2_mgj_papir_h	Trp-distanse 2 (mottaksstasjon-sentralsortering) for seinare materialgjv, papir, kjelde hushaldning. Basisverdi: 135 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Papp	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 2	35	km	T2_mgj_papp_h	Trp-distanse 2 (mottaksstasjon-sentralsortering) for seinare materialgjv, papp, kjelde hushaldning. Basisverdi: 35 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 2	50	km	T2_mgj_metemb_h	Trp-distanse 2 (mottaksstasjon-sentralsortering) for seinare materialgjv, metallemballasje, kjelde hushaldning. Basisverdi: 50 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Plast-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 2	50	km	T2_mgj_plast_h	Trp-distanse 2 (mottaksstasjon-sentralsortering) for seinare materialgjv, plast, kjelde hushaldning. Basisverdi: 50 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Glass-	Material	Transport	Transport-	50	km	T2_mgj_glaemb_h	Trp-distanse 2 (mottaksstasjon-sentralsortering)

emballasje	- gjenvinning		etappe 2				for seinare materialgjv, glassemballasje, kjelde hushaldning. Basisverdi: 50 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Våt-organisk	Biologisk behandling	Transport	Transport-etappe 2	28	km	T2_bio_vatorg_h	Trp-distanse 2 (mottaksstasjon-sentralsortering) for seinare biologisk behandling, våtorganisk, kjelde hushaldning. Basisverdi: 28 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006, data for 'annet' er brukt.
Hageavfall	Biologisk behandling	Transport	Transport-etappe 2	8	km	T2_bio_hage_h	Trp-distanse 2 (mottaksstasjon-sentralsortering) for seinare biologisk behandling (brukt som strukturmateriale), hageavfall, kjelde hushaldning. Basisverdi: 8 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Alle	Deponi	Transport	Transport-etappe 3	2	km	T3_dep_alle_h	Trp-distanse 3 (sentralsortering-sluttbehandling) til deponi, alle avfallstypar, kjelde hushaldning. Basisverdi: 2 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Alle	Energi-utnyttelse i Noreg	Transport	Transport-etappe 3	14	km	T3_enNor_alle_h	Trp-distanse 3 (sentralsortering-sluttbehandling) til Energiutnyttelse i Noreg, alle avfallstypar, kjelde hushaldning. Basisverdi: 14 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Alle	Energi-utnyttelse i utlandet	Transport	Transport-etappe 3	348	km	T3_enExp_alle_h	Trp-distanse 3 (sentralsortering-sluttbehandling) til Energiutnyttelse/eksport, alle avfallstypar, kjelde hushaldning. Basisverdi: 348 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006.
Papir	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 3	652	km	T3_mgj_papir_h	Trp-distanse 3 (sentralsortering-sluttbehandling) til materialgjenvinning, papir, kjelde hushaldning. Basisverdi: 652 km. Referanse: Har brukt dobbel verdi av det Benchmarking avfall for 2006 oppgir som avstand til sluttbehandling (326 km). Dette verkar litt lite sidan papiret skal til Skogn. Antatt av Hanne Lerche Raadal og Ingunn Saur Modahl, 22/5-08.
Papp	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 3	444	km	T3_mgj_papp_h	Trp-distanse 3 (sentralsortering-sluttbehandling) til materialgjenvinning, papp, kjelde hushaldning. Basisverdi: 444 km. Referanse: Har brukt dobbel verdi av det Benchmarking avfall for 2006 oppgir som avstand til sluttbehandling (222 km). Dette verkar litt lite. Antatt av Hanne Lerche Raadal og Ingunn Saur Modahl, 22/5-08.
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 3	226	km	T3_mgj_metemb_h	Trp-distanse 3 (sentralsortering-sluttbehandling) til materialgjenvinning, metallemballasje, kjelde hushaldning. Basisverdi: 226 km. Referanse: Har brukt dobbel verdi av det Benchmarking avfall for 2006 oppgir som avstand til sluttbehandling (113 km). Dette verkar litt lite. Antatt av Hanne Lerche Raadal og Ingunn Saur Modahl, 22/5-08.
Plast-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 3	836	km	T3_mgj_plast_h	Trp-distanse 3 (sentralsortering-sluttbehandling) til materialgjenvinning, plast, kjelde hushaldning. Basisverdi: 836 km. Referanse: 'Miljøanalyse av ulike behandlingsformer for plastemballasje', Østfoldforskning-rapport nr OR 04.08 for Grønt punkt Norge (april 2008). Forfattarar: Hanne Lerche Raadal, Andreas Brekke og Ingunn Saur Modahl.
Glass-emballasje	Material-gjenvinning	Transport	Transport-etappe 3	226	km	T3_mgj_glaemb_h	Trp-distanse 3 (sentralsortering-sluttbehandling) til materialgjenvinning, glassemballasje, kjelde hushaldning. Basisverdi: 226 km. Referanse: Har brukt dobbel verdi av det Benchmarking avfall for 2006 oppgir som avstand til sluttbehandling (113 km). Dette verkar litt lite. Antatt av Hanne Lerche Raadal og Ingunn Saur Modahl, 22/5-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling	Transport	Transport-etappe 3	102	km	T3_bio_vatorg_h	Trp-distanse 3 (sentralsortering-sluttbehandling) til biologisk behandling, våtorganisk, kjelde hushaldning. Basisverdi: 102 km. Referanse: Benchmarking avfall for 2006, data for 'annet' er brukt.
Alle	Deponi	Behandling	Andel oppfanga deponigass	0,25	-	Dep_gassfangst	Deponi: Andel av total produsert deponigassmengde (metan/CH4) som blir fanga opp i deponigassfangstanlegget. Denne andelen kan brennast og produsere varme og el. Noko metan blir oksidert naturleg i topplaget også. Resten slepp ut. Basisverdi for teknisk fangst av metan: 25%. Dette er basert på gjennomsnittsdata for Noreg. Referanse: SFT/SSB sin deponimodell for metanutslepp. Oversendt frå Håkon Skullerud på e-post til Hanne Lerche Raadal, 7.mai 2008. Stadfesta av SSB sin

							statistikkbank av Hanne Lerche Raadal, 4.sept 2008.
Alle	Deponi	Behandling	Andel deponigass som blir oksidert i topplaget	0	-	Dep_gass_oksid	Deponi: Andel av total produsert deponigassmengde (metan/CH4) som blir oksidert naturleg i topplaget (til CO2- som er biologisk). Har satt verdien til 0% sidan deponigassmengdene som er brukt i modellen allerede inkluderer naturleg oksidasjon. Referanse: SFT/SSB sin deponimodell for metanutslepp. Oversendt frå Håkon Skullerud på e-post til Hanne Lerche Raadal, 7.mai 2008.
Papir	Deponi	Behandling	Deponigass-potensial	0,132236034	kg CH4/kg avfall	Depg_papir_kg	Deponigasspotensialet (i kg) ved deponi av 1 kg papir. FØR evt teknisk uttak av deponigass. Det er tatt hensyn til naturleg oksidasjon til CO2. Basisverdi: 0,132236034 kg CH4 per kilo papir. Referanse: SFT/SSB sin deponimodell for metanutslepp. Oversendt frå Håkon Skullerud på e-post til Hanne Lerche Raadal, 7.mai 2008.
Papp	Deponi	Behandling	Deponigass-potensial	0,132236034	kg CH4/kg avfall	Depg_papp_kg	Deponigasspotensiale (i kg) ved deponi av 1 kg papp. FØR evt teknisk uttak av deponigass. Det er tatt hensyn til naturleg oksidasjon til CO2. Bruker samme data som for papir. Basisverdi: 0,132236034 kg CH4 per kilo papir. Referanse: SFT/SSB sin deponimodell for metanutslepp. Oversendt frå Håkon Skullerud på e-post til Hanne Lerche Raadal, 7.mai 2008.
Metall-emballasje	Deponi	Behandling	Deponigass-potensial	0	kg CH4/kg avfall	Depg_memb_kg	Deponigasspotensiale (i kg) ved deponi av 1 kg metallemballasje. FØR evt teknisk uttak av deponigass. Metallemballasje inngår ikkje i SFT-modellen (frå Håkon Skullerud på e-post til Hanne Lerche Raadal, 7.mai 2008), så bruker Ecoinvent-data istaden (i form av prosess-data). Basisverdi her blir difor: 0.
Plast-emballasje	Deponi	Behandling	Deponigass-potensial	0	kg CH4/kg avfall	Depg_plast_kg	Deponigasspotensiale (i kg) ved deponi av 1 kg plast. FØR evt teknisk uttak av deponigass. Plast inngår ikkje i SFT-modellen (frå Håkon Skullerud på e-post til Hanne Lerche Raadal, 7.mai 2008), så bruker Ecoinvent-data istaden (i form av prosess-data). Basisverdi her blir difor: 0.
Glass-emballasje	Deponi	Behandling	Deponigass-potensial	0	kg CH4/kg avfall	Depg_gemb_kg	Deponigasspotensiale (i kg) ved deponi av 1 kg glassemballasje. FØR evt teknisk uttak av deponigass. Glassemballasje inngår ikkje i SFT-modellen (frå Håkon Skullerud på e-post til Hanne Lerche Raadal, 7.mai 2008), så bruker Ecoinvent-data istaden (i form av prosess-data). Basisverdi her blir difor: 0.
Våt-organisk	Deponi	Behandling	Deponigass-potensial	0,049999981	kg CH4/kg avfall	Depg_vatorg_kg	Deponigasspotensiale (i kg) ved deponi av 1 kg våtorganisk avfall. FØR evt teknisk uttak av deponigass. Det er tatt hensyn til naturleg oksidasjon til CO2. Basisverdi: 0,049999981 kg CH4 per kilo våtorganisk avfall. Referanse: SFT/SSB sin deponimodell for metanutslepp. Oversendt frå Håkon Skullerud på e-post til Hanne Lerche Raadal, 7.mai 2008.
Treavfall	Deponi	Behandling	Deponigass-potensial	0,1212	Kg CH4/kg avfall	Depg_tre_kg	Deponigasspotensialet (i kg) ved deponi av 1 kg tre. FØR evt teknisk uttak av deponigass. Det er tatt hensyn til naturleg oksidasjon til CO2. Basisverdi: 0,1212 kg CH4 per kilo treverk. Referanse: SFT/SSB sin deponimodell for metanutslepp. Oversendt frå Håkon Skullerud på e-post til Hanne Lerche Raadal, 7.mai 2008.
Alle	Deponi	Behandling	Brennverdi deponigass (CH4)	50,2	MJ/kg CH4	Depg_Hn_per_kg	Brennverdi (MJ/kg) for deponigass (metan/CH4). Basisverdi: 50,2 MJ/kg metan. Referanse: SSB (des 2006): Naturressuser og miljø 2006 (ww.ssb.no/emner/01/sa_nrm2006/hele_2006.pdf).
Alle	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til fakling	0,42	-	Depg_and_fakkel	Deponigass: andel av den oppsamla gassen som går til fakling (med biologiske CO2-utslepp). Basisverdi: 42%. Vanskeleg å finne tall på dette i Noreg, jamfør telefonsamtale med Lars Kåre grimsby, SFT (Hanne Lerche Raadal, 9/5-08). Antok først at alt gjekk til fakling. Deretter antatt på referansegruppemøte 29/5-08 hos Avfall Norge: 50% til fakling og 50% til gassmotor med elproduksjon (inkl varmeutnyttelse). Siste nytt er at 42% blir fakla (129 GWh), 38% blir brukt til elektrisitetsproduksjon (117 GWh) og 20% til varmeproduksjon (61 GWh), av totalt 307 GWh

							oppsamla metan (produserte mengder er 138 GWh fakla, 41 GWh el og 51 GWh varme). Referanse: Lars Kåre Grimsby på e-post til Hanne Lerche Raadal 5/9-08. Summen av andel til fakling, elektrisitetsproduksjon og varmeproduksjon skal bli 1.
Alle	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til elproduksjon	0,38	-	Depg_and_e	Deponigass: andel av den oppsamla gassen som seinare går til elektrisitetsproduksjon (tapa blir lagt til i eit seinare trinn i modellen). Basisverdi: 38%. Vanskeleg å finne tall på dette i Noreg, jamfør telefonsamtale med Lars Kåre grimsby, SFT (Hanne Lerche Raadal, 9/5-08). Antok først at alt gjekk til fakling. Deretter antatt på referansegruppemøte 29/5-08 hos Avfall Norge: 50% til fakling og 50% til gassmotor med elproduksjon (inkl varmeutnyttelse). Siste nytt er at 42% blir fakla (129 GWh), 38% blir brukt til elektrisitetsproduksjon (117 GWh) og 20% til varmeproduksjon (61 GWh), av totalt 307 GWh oppsamla metan (produserte mengder er 138 GWh fakla, 41 GWh el og 51 GWh varme). Referanse: Lars Kåre Grimsby på e-post til Hanne Lerche Raadal 5/9-08. Summen av andel til fakling, elektrisitetsproduksjon og varmeproduksjon skal bli 1.
Alle	Deponi	Behandling	Andel av oppsamla deponigass til varme-produksjon	0,2	-	Depg_and_v	Deponigass: andel av den oppsamla gassen som seinare går til varmeproduksjon (tapa blir lagt til i eit seinare trinn i modellen). Basisverdi: 20%. Vanskeleg å finne tall på dette i Noreg, jamfør telefonsamtale med Lars Kåre grimsby, SFT (Hanne Lerche Raadal, 9/5-08). Antok først at alt gjekk til fakling. Deretter antatt på referansegruppemøte 29/5-08 hos Avfall Norge: 50% til fakling og 50% til gassmotor med elproduksjon (inkl varmeutnyttelse). Siste nytt er at 42% blir fakla (129 GWh), 38% blir brukt til elektrisitetsproduksjon (117 GWh) og 20% til varmeproduksjon (61 GWh), av totalt 307 GWh oppsamla metan (produserte mengder er 138 GWh fakla, 41 GWh el og 51 GWh varme). Referanse: Lars Kåre Grimsby på e-post til Hanne Lerche Raadal 5/9-08. Summen av andel til fakling, elektrisitetsproduksjon og varmeproduksjon skal bli 1.
Alle	Deponi	Behandling	Energi-utnyttelses-andel (verknadsgrad * utnyttelsesgrad) ved varmeproduksjon	0,6375	-	Depg_enutn_v	Deponigass: Energiutnyttelsesandel ved bruk av uttatt deponigass til varmeproduksjon. Etter at alle tap er inkludert i forbrenningsprosessen og leveringssystemet. Bruker vanleg verknadsgrad for varmeproduksjon på 85%, rekna av brennverdien i brenslet (referanse: erfaringsdata Østfoldforskning) og utnyttelsesgrad for produsert varme på 75% (referanse: Håkon Skullerud, SFT, e-post til Hanne Lerche Raddal, 30/1-08; gjeld for produksjon av varme frå avfallsFORBRENNINGSANLEGG). Basisverdien blir da: 0,85*0,75=0,6375.
Alle	Deponi	Behandling	Energi-utnyttelses-andel (verknadsgrad * utnyttelsesgrad) ved elproduksjon	0,35	-	Depg_enutn_e	Deponigass: Energiutnyttelsesandel ved bruk av uttatt deponigass til elektrisitetsproduksjon. Etter at alle tap er inkludert i forbrennings- og elproduksjonsprosessen. Antatt verknadsgrad for elektrisitetsproduksjon på 35%, rekna av brennverdien i brenslet (referanse: Østfoldforskning) og antatt utnyttelsesgrad for produsert elektrisitet på 100% (referanse: Østfoldforskning). Basisverdien blir da: 0,35*1,00=0,35.
Alle	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved varme-produksjon	0(0,25)	-	Dg_v_and_erst_e	Deponigassoppsamling med produksjon av varme: kor stor andel av produsert varme erstattar elektrisitet? Bruker samme data som for produksjon av varme i fjernvarmeanlegg i Noreg. Basisverdi hovedalternativ (erstattar norsk fjernvarmemiks, 2006): 0.Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Basisverdi Scenario: 0,25. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2008 (telefonsamtale Heidi M. Juhler og Hanne Lerche Raadal 21/4-08).

							Summen av denne og erstatning av varme skal bli 1.
Alle	Deponi	Erstatting	Andel erstatta varme ved varme-produksjon	1(0,75)	-	Dg_v_and_erst_v	Deponigassoppsamling med produksjon av varme: kor stor andel av produsert varme erstattar varme? Bruker samme data som for produksjon av varme i fjernvarmeanlegg i Noreg. Basisverdi hovedalternativ (erstattar norsk fjernvarmemiks, 2006): 1.Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Basisverdi Scenario: 0,75. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2008 (telefonsamtale Heidi M. Juhler og Hanne Lerche Raadal 21/4-08). Summen av denne og erstatning av elektrisitet skal bli 1. **Ikkje i bruk meir etter 2/3-09. Bruker erstatning av oljeforbrenning og fjernvarmemiks istaden. Av ISM (2/3-09).**
Alle	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljefyring ved varme-produksjon	0(0,75)	-	Dg_v_and_erst_o	Deponigassoppsamling med produksjon av varme: kor stor andel av produsert varme erstattar oljeforbrennning? Basisverdi hovedalternativ (erstattar norsk fjernvarmemiks, 2006) = 0.Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Av IS; 2/3-09.
Alle	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved varme-produksjon	1(0)	-	Dg_v_and_erst_f	Deponigassoppsamling med produksjon av varme: kor stor andel av produsert varme erstattar fjernvarmemiks? Basisverdi hovedalternativ (erstattar norsk fjernvarmemiks, 2006) = 1.Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Av IS; 2/3-09.
Alle	Deponi	Erstatting	Andel erstatta el ved elproduksjon	1	-	Dg_e_and_erst_e	Deponigassoppsamling med produksjon av elektrisitet: kor stor andel av produsert elektrisitet erstattar elektrisitet? Basisverdi: 1. Referanse: antatt av Østfoldforskning.
Alle	Deponi	Erstatting	Andel erstatta varme ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_v	Deponigassoppsamling med produksjon av elektrisitet: kor stor andel av produsert elektrisitet erstattar varme? Basisverdi: 0. Referanse: antatt av Østfoldforskning. Summen av denne og erstatning av elektristet skal bli 1. **Ikkje i bruk meir etter 2/3-09. Bruker erstatning av oljeforbrenning og fjernvarmemiks istaden. Av ISM (2/3-09).**
Alle	Deponi	Erstatting	Andel erstatta oljefyring ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_o	Deponigassoppsamling med produksjon av elektrisitet: kor stor andel av produsert elektrisitet erstattar oljeforbrennning? Basisverdi: 0. Referanse: antatt av Østfoldforskning.
Alle	Deponi	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved elproduksjon	0	-	Dg_e_and_erst_f	Deponigassoppsamling med produksjon av elektrisitet: kor stor andel av produsert elektrisitet erstattar fjernvarmemiks? Basisverdi: 0. Referanse: antatt av Østfoldforskning.
Papir	Energi-utnyttelse	Behandling	Andel avispapir i papir	0,5	-	And_avisipapr_h	Andel avis av total kjeldesortert papirmengde frå hushaldning (massebasis). Basisverdi: 50%. Referanse: Toralf Torsen/Hanne sjekker: ingen veit andelen sikkert. Antatt verdi inntil vidare. Antar at det ikkje-utsorterte papiret har lik andel avispapir.
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Behandling	Andel aluminium i kildesortert metall-emballasje	0,1	-	And_alimetall_h	Andel aluminium av total kjeldesortert metallemballasje frå hushaldning (massebasis). Basisverdi: 10%. Referanse: Randi Varberg, Glass- og Metallgjenvinning, tlf. 8/5-08 med Hanne Lerche Raadal. Antar at den ikkje-utsorterte metallemballasjen har lik andel aluminium.
Papir	Material-gjenvinning	Erstatting	Andel erstatta materiale ved produksjon av resirkulert materiale	1	-	Mgjv_mutn_papir	Materialgjenvinning: materialutnyttelse ved resirkulering av papir og erstatning av jomfrueleg materiale. Dvs kor mykje jomfrueleg papir kan 1 kg resirkulert papir erstatte? Svinn ligg inne i sjølve resirkuleringsprosessen, slik at ferdig resirkulert produkt kan erstatte jomfrueleg produkt 1:1. Basisverdi: 1.
Papir	Material-gjenvinning	Behandling	Andel material-gjenvunne papir som blir behandla ved Norske Skog Skogn	0,5	-	Mgjv_papr_skogn	Materialgjenvinning av papir: andel av papiret som blir materialgjenvunne ved Norske Skog Skogn. Basisverdi: 50%. Referanse: Data frå Norsk Industri, framskaffa av Hanne Lerche Raadal, september 2008. Skogn bruker 180.000 tonn returpapir av totalt 399.000 tonn. Resten går til eksport. Summen av denne og andelen som går til

							eksport skal bli 1.
Papir	Material-gjenvinning	Behandling	Andel material-gjenvunne papir som blir eksportert og behandla utanlands	0,5	-	Mgjv_papr_europ	Materialgjenvinning av papir: andel av papiret som blir eksportert og materialgjenvunne utanlands, dvs sannsynlegvis i europa. Basisverdi: 50%. Referanse: Data frå Norsk Industri, framskaffa av Hanne Lerche Raadal, september 2008. Skogn bruker 180.000 tonn returpapir av totalt 399.000 tonn. Resten går til eksport. Summen av denne og andelen som går til Norske Skog Skogn skal bli 1.
Papp	Material-gjenvinning	Erstatting	Andel erstatta materiale ved produksjon av resirkulert materiale	1	-	Mgjv_mutn_papp	Materialgjenvinning: materialutnyttelse ved resirkulering av papp og erstatning av jomfrueleg materiale. Dvs kor mykje jomfrueleg papp kan 1 kg resirkulert papp erstatte? Svinn ligg inne i sjølve resirkuleringsprosessen, slik at ferdig resirkulert produkt kan erstatte jomfrueleg produkt 1:1. Basisverdi: 1.
Papp	Material-gjenvinning	Behandling	Andel av material-gjenvunne papp som blir behandla ved Glomma Papp	0,1	-	Mgjv_papp_GP	Materialgjenvinning av papp: andel av pappen som blir materialgjenvunne ved Glomma Papp. Basisverdi: 10% (25.000 tonn av 167.000 tonn innanlands, i tillegg til 79.000 tonn til eksport, totalt 246.000 tonn). Referanse: Data frå Norsk Industri/Norsk Resy, framskaffa av Hanne Lerche Raadal, september 2008. Summen av denne, andelen til Peterson Linerboard Ranheim, Peterson Linerboard Moss og eksport/europa skal bli 1.
Papp	Material-gjenvinning	Behandling	Andel av material-gjenvunne papp som blir behandla ved Peterson Linerboard Ranheim	0,33	-	Mgjv_papp_PLR	Materialgjenvinning av papp: andel av pappen som blir materialgjenvunne ved Peterson Linerboard Ranheim. Basisverdi: 33% (80.000 tonn av 167.000 tonn innanlands, i tillegg til 79.000 tonn til eksport, totalt 246.000 tonn). Referanse: Data frå Norsk Industri/Norsk Resy, framskaffa av Hanne Lerche Raadal, september 2008. Summen av denne, andelen til Glomma Papp, Peterson Linerboard Moss og eksport/europa skal bli 1.
Papp	Material-gjenvinning	Behandling	Andel av material-gjenvunne papp som blir behandla ved Peterson Linerboard Moss	0,25	-	Mgjv_papp_PLM	Materialgjenvinning av papp: andel av pappen som blir materialgjenvunne ved Peterson Linerboard Moss. Basisverdi: 25% (62.000 tonn av 167.000 tonn innanlands, i tillegg til 79.000 tonn til eksport, totalt 246.000 tonn). Referanse: Data frå Norsk Industri/Norsk Resy, framskaffa av Hanne Lerche Raadal, september 2008. Summen av denne, andelen til Glomma Papp, Peterson Linerboard Ranheim og eksport/europa skal bli 1.
Papp	Material-gjenvinning	Behandling	Andel av material-gjenvunne papp som blir eksportert og behandla utanlands	0,32	-	Mgjv_papp_europ	Materialgjenvinning av papp: andel av pappen som blir eksportert og materialgjenvunne utanlands, dvs sannsynlegvis i europa. Basisverdi: 32%. Referanse: Data frå Norsk Industri/Norsk Resy, framskaffa av Hanne Lerche Raadal, september 2008. Summen av denne, andelen til Glomma Papp, Peterson Linerboard Ranheim og Peterson Linerboard Moss skal bli 1.
Metall-emballasje	Material-gjenvinning	Erstatting	Andel erstatta materiale ved produksjon av resirkulert materiale	1	-	Mgjv_mutn_memb	Materialgjenvinning: materialutnyttelse ved resirkulering av metallemballasje og erstatning av jomfrueleg materiale. Dvs kor mykje jomfrueleg metallemballasje kan 1 kg resirkulert metallemballasje erstatte? Svinn ligg inne i sjølve resirkuleringsprosessen, slik at ferdig resirkulert produkt kan erstatte jomfrueleg produkt 1:1. Basisverdi: 1.
Plast-emballasje	Material-gjenvinning	Erstatting	Andel erstatta materiale ved produksjon av resirkulert materiale	1	-	Mgjv_mutn_plast	Materialgjenvinning: materialutnyttelse ved resirkulering av plast og erstatning av jomfrueleg materiale. Dvs kor mykje jomfrueleg plast kan 1 kg resirkulert plast erstatte? Svinn ligg inne i sjølve resirkuleringsprosessen, slik at ferdig resirkulert produkt kan erstatte jomfrueleg produkt 1:1. Basisverdi: 1.
Glass-emballasje	Material-gjenvinning	Erstatting	Andel erstatta materiale ved produksjon av resirkulert materiale	1	-	Mgjv_mutn_gemb	Materialgjenvinning: materialutnyttelse ved resirkulering av glassemballasje og erstatning av jomfrueleg materiale. Dvs kor mykje jomfrueleg glassemballasje kan 1 kg resirkulert glassemballasje erstatte? Antar at alt svinn ligg inne i sjølve resirkuleringsprosessen, slik at ferdig resirkulert produkt kan erstatte jomfrueleg produkt 1:1. Basisverdi: 1.
Våt-organisk	Biologis	Behandlin	Biogass-	0,127	Nm3/	Bg_biogass_Nm3	Biologisk behandling (biogassanlegg):

	k behandling, biogass-produksjon	g	utbytte		kg avfall		Biogassutbytte = Kor mykje biogass blir produsert frå 1 kg våtorganisk avfall (etter at sikterest er tatt ut)? Basisverdi: 0,127 m3 biogass per kilo avfall, med 65% metaninnhald (2,963 MJ/kg). Referanse: E-post frå Janne Buhaug (Lindum), 23/1-09, med sammenstilling av litteraturdata utført av Anna Johansson (Lindum) og Tore Methlie Hagen (NORSAS). Samanstilling av biogassutbytte frå våtorganisk avfallssubstrat fra 20 ulike kjelder (snittverdi). Excelfil: Nøkkeltall potensial gass og varme fra SNAB/Biogassutbytte.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Biogass-potensial	2,963	MJ/kg avfall	Bg_biogass_MJ	Biologisk behandling (biogassanlegg): Biogasspotensialet = Energiinnhaldet i biogassen som blir produsert frå 1 kg våtorganisk avfall (etter at sikterest er tatt ut). Basisverdi: 2,963 MJ/kg avfall (basert på utrekning frå 0,127 Nm3/kg med 65% metan). Referanse for biogassutbyttet: E-post frå Janne Buhaug (Lindum), 23/1-09, med sammenstilling av litteraturdata utført av Anna Johansson (Lindum) og Tore Methlie Hagen (NORSAS). Samanstilling av biogassutbytte frå våtorganisk avfallssubstrat fra 20 ulike kjelder (snittverdi). Utrekning i excelfil: Nøkkeltall potensial gass og varme fra SNAB/Biogassutbytte.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Energi-utnyttelses-andel (verknadsgrad * utnyttelsesgrad) ved varme-produksjon	0,6375	-	Bg_enutn_v	Biologisk behandling (biogassanlegg): Energiutnyttelsesandel ved bruk av biogass til varmeproduksjon. Etter at alle tap er inkludert i forbrenningsprosessen og leveringssystemet. Bruker vanleg verknadsgrad for varmeproduksjon på 85%, rekna av brennverdien i brenslet (referanse: erfaringsdata Østfoldforskning) og utnyttelsesgrad for produsert varme på 75% (referanse: skal representere et gjennomsnittleg energiutnyttelsescase. Basisverdien blir da: 0,85*0,75=0,6375).
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Energi-utnyttelses-andel (verknadsgrad * utnyttelsesgrad) ved elproduksjon	0,35	-	Bg_enutn_e	Biologisk behandling (biogassanlegg): Energiutnyttelsesandel ved bruk av biogass til elektrisitetsproduksjon. Etter at alle tap er inkludert i forbrennings- og elproduksjonsprosessen. Antatt verknadsgrad for elektrisitetsproduksjon på 35%, rekna av brennverdien i brenslet (referanse: Østfoldforskning) og antatt utnyttelsesgrad for produsert elektrisitet på 100% (referanse: Østfoldforskning). Basisverdien blir da: 0,35*1,00=0,35.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Energi-utnyttelses-grad ved oppgradering av biogass til drivstoff	0,98	-	Bg_enutn_d	Biologisk behandling (biogassanlegg): Energiutnyttelsesgrad ved oppgradering av biogass til drivstoff. Etter at alle tap er inkludert i oppgraderingsprosessen. Basisverdi: 0,98. Referanse: Østfoldforskning-prosjekt SNAB, våren 2007 + vurdering av HLR 28/5-08. Excelfil: Nøkkeltall prosesser fra SNAB/Oppgradering. Data frå: Rapport SGC 142, 2003: Utvardering av uppgraderingstekniker for biogas, s 64, tabell 17 kemisorption. Bruker metanforlust på 2% CH4 av mengde CH4 i rågassen, data fra Gøteborg Energi + vurdering av HLR 28/5-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel erstatta el ved varme-produksjon	0	-	Bg_v_and_erst_e	Biologisk behandling (biogassanlegg) med produksjon av varme: kor stor andel av produsert varme erstattar elektrisitet? Bruker IKKJE samme data som for produksjon av varme i fjernvarmeanlegg (erstattar der 25% el og 75% varme), men lager 'reint case'. Basisverdi: 0% erstattar elektrisitet.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel erstatta varme ved varme-produksjon	1	-	Bg_v_and_erst_v	Biologisk behandling (biogassanlegg) med produksjon av varme: kor stor andel av produsert varme erstattar varme? Bruker IKKJE samme data som for produksjon av varme i fjernvarmeanlegg erstattar der 25% el og 75% varme), men lager 'reint case'. Basisverdi: 100% erstattar varme. **Ikkje i bruk lenger etter 2/3-09**. Bruker 'erstatta olje' og 'erstatta fjernvarme' istaden. Av ISM
Våt-organisk	Biologisk behandling,	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved	0	-	Bg_v_and_erst_o	Biologisk behandling (biogassanlegg) med produksjon av varme: kor stor andel av produsert varme erstattar oljeforbrenning? Basisverdi: 0% erstattar oljeforbrenning. Av ISM, 2/3-09.

	biogass-produksjon		varme-produksjon				
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved varme-produksjon	1	-	Bg_v_and_erst_f	Biologisk behandling (biogassanlegg) med produksjon av varme: kor stor andel av produsert varme erstattar fjernvarme? Basisverdi: 100% erstattar fjernvarmemiks. Av ISM, 2/3-09.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel erstatta el ved elproduksjon	1	-	Bg_e_and_erst_e	Biologisk behandling (biogassanlegg) med produksjon av elektrisitet: kor stor andel av produsert elektrisitet erstattar elektrisitet? Basisverdi: 1. Referanse: antatt av Østfoldforskning.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel erstatta varme ved elproduksjon	0	-	Bg_e_and_erst_v	Biologisk behandling (biogassanlegg) med produksjon av elektrisitet: kor stor andel av produsert elektrisitet erstattar varme? Basisverdi: 0. Referanse: antatt av Østfoldforskning. Summen av denne og erstatning av elektristet skal bli 1. **Ikkje i bruk lenger etter 2/3-09.** Bruker 'erstatta olje' og 'erstatta fjernvarme' istaden. Av ISM
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved elproduksjon	0	-	Bg_e_and_erst_o	Biologisk behandling (biogassanlegg) med produksjon av elektrisitet: kor stor andel av produsert elektrisitet erstattar oljeforbrenning? Basisverdi: 0% erstattar oljeforbrenning. Av ISM, 2/3-09.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved elproduksjon	0	-	Bg_e_and_erst_f	Biologisk behandling (biogassanlegg) med produksjon av elektrisitet: kor stor andel av produsert elektrisitet erstattar fjernvarmemiks? Basisverdi: 0% erstattar fjernvarmemiks. Av ISM, 2/3-09.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel erstatta diesel ved drivstoff-produksjon	0,871	MJ diesel /MJ biogass	Bg_d_and_erst_d	Biologisk behandling (biogassanlegg) med produksjon av drivstoff: kor stor andel av produsert rein metan (ferdig oppgradert) erstattar drivstoff/diesel? Altså: Kor mange MJ diesel kan 1 MJ oppgradert metan erstatte? På grunn av forskjellen i verknadsgrad i gassmotor (16,9%) og dieselmotor (19,4%) kan 1 MJ biogass erstatte berre 16,9/19,4=0,871 MJ diesel. Basisverdi: 0,871. Referanse: Østfoldforskning-rapport OR 29.03.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Mengde sikterest	0,1	kg/kg avfall	Bg_sikterest	Biologisk behandling (biogassanlegg): Kor mykje sikterest blir tatt ut før ein står att med våtorganisk avfall som skal prosesserast? Basisverdi: 0,1 kg dross ('final waste flow', dvs at behandling av denne ikkje blir inkludert). Referanse: Erik Norgaard, Norsk Jordforbedring/Solum, e-post 9/5-08 til Hanne Lerche Raadal. Antar at denne er lik enten avfallet skal komposterast eller gå til biogassanlegg.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Behandling	Produsert mengde flytande biorest	2,376	kg/kg avfall	Bg_r_prod	Biologisk behandling (biogassanlegg, biorest utan avvatning): kor mykje biorest blir laga per kilo våtorganisk avfall? Basisverdi: 2,376 kg uavvatna biorest per kg våtorganisk avfall (brutto, med sikterest).Omrekna av Østfoldforskning frå 8 m3/tonn matavfalls-TS utan sikterest. Referanse: møte med Bioforsk 2/9-08 (Anne Bøen, Tormod Briseid og ARne Grønlund).
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Karboninnhald i flytande biorest	0,025	kg/kg biorest	Bg_r_C_andel	Biologisk behandling (biogassanlegg, biorest utan avvatning): Kor mykje karbon inneheld bioresten? Basisverdi: 0,025 kg C per kilo biorest. Referanse: Møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produks	Erstatting	Utnyttbar andel karbon i flytande biorest ved bruk som erstatning	1	-	Bg_r_Cut_erst_t	Biologisk behandling (biogassanlegg, biorest utan avvatning): Kor stor andel av karbonet i bioresten er utnyttbart dersom bioresten skal erstatte torv? Basisverdi: 100% (alt karbon i bioresten kan i prinsippet erstatte karbon i torv). Referanse: Møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne

	jon		for torv				Grønlund på Bioforsk 2/9-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Utnyttbar andel karbon i flytande biorest ved bruk som gjødsel (karbonlagring)	0,2	-	Bg_r_Cut_erst_g	Biologisk behandling (biogassanlegg, biorest utan avvatning): Kor stor andel av karbonet i bioresten er utnyttbart dersom bioresten skal erstatte gjødsel, dvs kor stor er karbonlagringa? Basisverdi: 20% (berre 20% blir lagra permanent). Referanse: Møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Nitrogen-innhald i flytende biorest	0,0025	kg/kg biorest	Bg_r_N_andel	Biologisk behandling (biogassanlegg, biorest utan avvatning): Kor mykje nitrogen inneheld bioresten? Basisverdi: 0,0025 kg N per kilo biorest. Referanse: Møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Utnyttbar andel nitrogen i flytande biorest ved bruk som gjødsel	0,5	-	Bg_r_Nut_erst_g	Biologisk behandling (biogassanlegg, biorest utan avvatning): Kor stor andel av nitrogenet i bioresten er utnyttbart dersom bioresten skal erstatte gjødsel? Basisverdi: 50%. Referanse: Møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel flytande biorest som erstattar torv	0	-	Bg_r_and_erst_t	Biologisk behandling (biogassanlegg, biorest utan avvatning): Kor mykje av produsert biorest erstattar torv? Basisverdi: 0%. Referanse: Antatt pga svenske forhold i etterkant av møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08. Summen av dette og andelen som erstattar torv treng ikkje bli 100% dersom ikkje all bioresten blir faktisk utnytta.
Våt-organisk	Biologisk behandling, biogass-produksjon	Erstatting	Andel flytande biorest som erstattar gjødsel	1	-	Bg_r_and_erst_g	Biologisk behandling (biogassanlegg, biorest utan avvatning): Kor mykje av produsert biorest erstattar gjødsel/jordforbetring? Basisverdi: 100%. Referanse: Antatt pga svenske forhold i etterkant av møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08. Summen av dette og andelen som erstattar torv treng ikkje bli 100% dersom ikkje all bioresten blir faktisk utnytta.
Våt-organisk	Biologisk behandling, kom-posterin g	Behandlin g	Mengde sikterest	0,1	kg/kg avfall	Komp_sikterest	Biologisk behandling (kompostering): Kor mykje sikterest blir tatt ut før ein står att våtorganisk avfall som skal komposterast? Basisverdi: 0,1 kg dross ('final waste flow', dvs at behandling av denne ikkje blir inkludert). Referanse: Erik Norgaard, Norsk Jordforbedring/Solum, e-post 9/5-08 til Hanne Lerche Raadal.
Våt-organisk	Biologisk behandling, kom-posterin g	Behandlin g	Mengde tilført struktur-materiale	0,5	kg/kg avfall	Komp_struktmat	Biologisk behandling (kompostering): Kor mykje strukturmateriale trengs per kg våtorganisk avfall inn (brutto, dvs før sikterest er tatt ut)? Basisverdi: 0,5 kg strukturmateriale (hageavfall osv) per kg våtorganisk avfall inn i komposteringsprosessen. Referanse: Erik Norgaard, Norsk Jordforbedring/Solum, e-post 9/5-08 til Hanne Lerche Raadal.
Våt-organisk	Biologisk behandling, kom-posterin g	Behandlin g	Produsert mengde kompost	0,1485	kg/kg avfall	Komp_komp_prod	Biologisk behandling (kompostering): kor mykje kompost blir laga per kilo våtorganisk avfall? Basisverdi: 0,1485 kg kompost per kg våtorganisk avfall (brutto, med sikterest). Referanse: Arne Grønlund, Bioforsk Jord og Miljø, presentasjon på Bioseminar Avfall Norge 27/9-07 med korrigeringar/presiseringar på telefon med HLR 28/5-08: Det blir laga 0,1485 kg kompost per kg matavfall med sikterest. Stadfesta på møte med Bioforsk 2/9-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling, kom-posterin g	Erstatting	Karboninnhald i kompost	0,4	kg/kg kompost	Komp_C_andel	Biologisk behandling (kompostering): Kor mykje karbon inneheld komposten? Basisverdi: 0,4 kg C per kilo kompost. Referanse: Møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling, kom-posterin	Erstatting	Utnyttbar andel karbon i kompost ved bruk som erstatning for torv	1	-	Komp_Cut_erst_t	Biologisk behandling (kompostering): Kor stor andel av karbonet i komposten er utnyttbart dersom komposten skal erstatte torv? Basisverdi: 100% (alt karbon i komposten kan erstatte karbon i torv). Referanse: Møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08.

	g						
Våt-organisk	Biologisk behandling, kom-posteringg	Erstatting	Utnyttbar andel karbon i kompost ved bruk som gjødsel (karbonlagring)	0,2	-	Komp_Cut_erst_g	Biologisk behandling (kompostering): Kor stor andel av karbonet i komposten er utnyttbart dersom komposten skal erstatte gjødsel, dvs kor stor er karbonlagringa? Basisverdi: 20% (berre 20% blir lagra permanent). Referanse: Møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling, kom-posteringg	Erstatting	Nitrogen-innhald i kompost	0,01	kg/kg kompost	Komp_N_andel	Biologisk behandling (kompostering): Kor mykje nitrogen inneheld komposten? Basisverdi: 0,01 kg nyttbar N per kilo kompost. Referanse: Møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling, kom-posteringg	Erstatting	Utnyttbar andel nitrogen i kompost ved bruk som gjødsel	1	-	Komp_Nut_erst_g	Biologisk behandling (kompostering): Kor stor andel av nitrogenet i komposten er utnyttbart dersom komposten skal erstatte gjødsel? Basisverdi: 100% (nitrogenet er allerede oppgitt i form av UTNYTTBART nitrogen, difor 100% her). Referanse: Møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08.
Våt-organisk	Biologisk behandling, kom-posteringg	Erstatting	Andel kompost som erstattar torv	0,3	-	Komp_and_erst_t	Biologisk behandling (kompostering): Kor mykje av produsert kompost erstattar torv? Basisverdi: 30%. Referanse: Jordforsk-rapport nr 72-02 av Lystad, McKinnon og Henriksen og merknader på e-post av Anne Børen/Trond Knapp Haraldsen (3/9-08) i etterkant av møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08. Summen av dette og andelen som erstattar gjødsel blir IKKJE 100% fordi ikkje all komposten blir faktisk utnytta.
Våt-organisk	Biologisk behandling, kom-posteringg	Erstatting	Andel kompost som erstattar gjødsel	0,6	-	Komp_and_erst_g	Biologisk behandling (kompostering): Kor mykje av produsert kompost erstattar gjødsel/jordforbetring? Basisverdi: 60%. Referanse: Jordforsk-rapport nr 72-02 av Lystad, McKinnon og Henriksen og merknader på e-post av Anne Børen/Trond Knapp Haraldsen (3/9-08) i etterkant av møte med Anne Bøen, Tormod Briseid og Arne Grønlund på Bioforsk 2/9-08. Summen av dette og andelen som erstattar gjødsel blir IKKJE 100% fordi ikkje all komposten blir faktisk utnytta.
Papir	Energi-utnyttelse	Behandling	Brennverdi	15	MJ/kg	Hn_papir	Brennverdi (MJ/kg) for papir. Referanse: SFT 96:16, s.32. Basisverdi: 15.
Papp	Energi-utnyttelse	Behandling	Brennverdi	15	MJ/kg	Hn_papp	Brennverdi (MJ/kg) for papp. Referanse: SFT 96:16, s.32. Basisverdi: 15.
Metall-emballasje	Energi-utnyttelse	Behandling	Brennverdi	0,48	MJ/kg	Hn_metemb	Brennverdi (MJ/kg) for metallemballasje. Referanse: SFT 96:16 (for 'metaller'), s.I. Basisverdi: 0,48.
Plast-emballasje	Energi-utnyttelse	Behandling	Brennverdi	32,2	MJ/kg	Hn_plast	Brennverdi (MJ/kg) for plast (miks.....). Referanse: SFT 96:16, s.I. Basisverdi: 32,2.
Glass-emballasje	Energi-utnyttelse	Behandling	Brennverdi	0,2	MJ/kg	Hn_glaemb	Brennverdi (MJ/kg) for glassemballasje. Referanse: SFT 96:16, s.I. Basisverdi: 0,2.
Våt-organisk	Energi-utnyttelse	Behandling	Brennverdi	2,3	MJ/kg	Hn_vatorg	Brennverdi (MJ/kg) for våtorganisk avfall. Referanse: SFT 96:16. Basisverdi: 2,3 (for 'matavfall'), s.32.
Treavfall	Energiutnyttelse	Behandling	Brennverdi	14,4	MJ/kg	Hn_tre	Brennverdi for treverk. Basisverdi 14,4 basert på antatt 20% fukt. 4 kWh/kg. Referanse:Viten fra skog og landskap 01/08, trevirke - brennverdier og energitetthet, Belbo, H og Gjølsø, S.
Alle	Energi-utnyttelse	Behandling	Energi-utnyttelses-andel (verknadsgrad * utnyttelsesgrad) ved utnyttelse i Norge	0,6375	-	En_enutn_N	Energiutnyttelsesandel ved Energiutnyttelse av avfall i Noreg (basert på at all forbrenning av avfall blir levert som varme). Etter at alle tap er inkludert. Bruker vanleg verknadsgrad for varmeproduksjon på 85%, rekna av brennverdien i brenslet (referanse: erfaringsdata Østfoldforskning) og utnyttelsesgrad for produsert varme på 75% (referanse: Håkon Skullerud, SFT, e-post til Hanne Lerche Raddal, 30/1-08; gjeld for produksjon av varme frå avfallsFORBRENNINGSANLEGG). Basisverdien blir da: 0,85*0,75=0,6375. NB! Denne verdien må justerast dersom noko av energien blir levert som

							elektrisitet (gir større tap og mindre Energiutnyttelsesandel).
Alle	Energi-utnyttelse	Erstatting	Andel erstatta el ved utnyttelse i Norge	0(0,25)	-	En_and_erst_e_N	Energiutnyttelse: andel erstatta elektrisitet (av alt det som blir erstatta, både ved el og varmeproduksjon og kombinasjon av dette, og etter tap og fyre for kråka), ved Energiutnyttelse i Noreg. Bruker samme data som for produksjon av varme i fjernvarmeanlegg. Basisverdi hovedalternativ (erstatter norsk fjernvarmemiks, 2006):0. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Basisverdi Scenario: 0,25. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2008 (telefonsamtale Heidi M. Juhler og Hanne Lerche Raadal 21/4-08). NB! Denne verdien må justerast dersom noko av energien blir levert som elektrisitet (andel erstatta elektrisitet må da aukast).
Alle	Energi-utnyttelse	Erstatting	Andel erstatta varme ved utnyttelse i Norge	0(0)	-	En_and_erst_v_N	Energiutnytting: andel erstatta varme (av alt det som blir erstatta, både ved el og varmeproduksjon og kombinasjon av dette, og etter tap og fyre for kråka), ved energiutnytting i Noreg. Bruker samme data som for produksjon av varme i fjernvarmeanlegg i Noreg. Basisverdi hovedalternativ (erstattar norsk fjernvarmemiks, 2006):1. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Basisverdi Scenario: 0,75. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2008 (telefonsamtale Heidi M. Juhler og Hanne Lerche Raadal 21/4-08). Summen av denne og erstatning av elektristet skal bli 1. NB! Denne verdien må justerast dersom noko av energien blir levert som elektrisitet (andel erstatta varme må da minkast). **Nytt etter OR 02.09: Kutter ut 'erstatning av varme' og lagar nye parametrar der energikjelda er synleg, dvs innfører 'erstatning av olje' og 'erstatning av fjernvarme' istaden. Av ISM, 2/3-09.**
Alle	Energi-utnyttelse	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved utnyttelse i Norge	0(0,75)	-	En_and_erst_o_N	Energiutnytting: andel erstatta oljefyring (av alt det som blir erstatta, både ved el og varmeproduksjon og kombinasjon av dette, og etter tap og fyre for kråka), ved energiutnytting i Noreg. Basisverdi hovedalternativ (erstattar norsk fjernvarmemiks, 2006) = 0. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Summen av denne og erstatning av fjernvarme og elektrisitet skal bli 1.
Alle	Energi-utnyttelse	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved utnyttelse i Norge	1(0)	-	En_and_erst_f_N	Energiutnytting: andel erstatta fjernvarme (av alt det som blir erstatta, både ved el og varmeproduksjon og kombinasjon av dette, og etter tap og fyre for kråka), ved energiutnytting i Noreg. Basisverdi hovedalternativ (erstattar norsk fjernvarmemiks, 2006) = 1. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Summen av denne og erstatning av oljefyring og elektrisitet skal bli 1.
Alle	Energi-utnyttelse	Erstatting	Andel erstatta el ved utnyttelse i utlandet	0(0,25)	-	En_and_erst_e_X	Energiutnyttelse: andel erstatta elektrisitet (av alt det som blir erstatta, både ved el og varmeproduksjon og kombinasjon av dette, og etter tap og fyre for kråka), ved Energiutnyttelse i utlandet (eksport). Bruker samme data som for produksjon av varme i fjernvarmeanlegg i Noreg. Basisverdi hovedalternativ (erstatter norsk fjernvarmemiks, 2006):0. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Basisverdi Scenario: 0,25. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2008 (telefonsamtale Heidi M. Juhler og Hanne Lerche Raadal 21/4-08).. NB! Denne verdien må justerast dersom noko av energien blir levert som elektrisitet (andel erstatta elektrisitet må da aukast).
Alle	Energi-utnyttelse	Erstatting	Andel erstatta varme ved utnyttelse i	0(0)	-	En_and_erst_v_X	Energiutnytting: andel erstatta varme (av alt det som blir erstatta, både ved el og varmeproduksjon og kombinasjon av dette, og etter tap og fyre for kråka), ved energiutnytting i

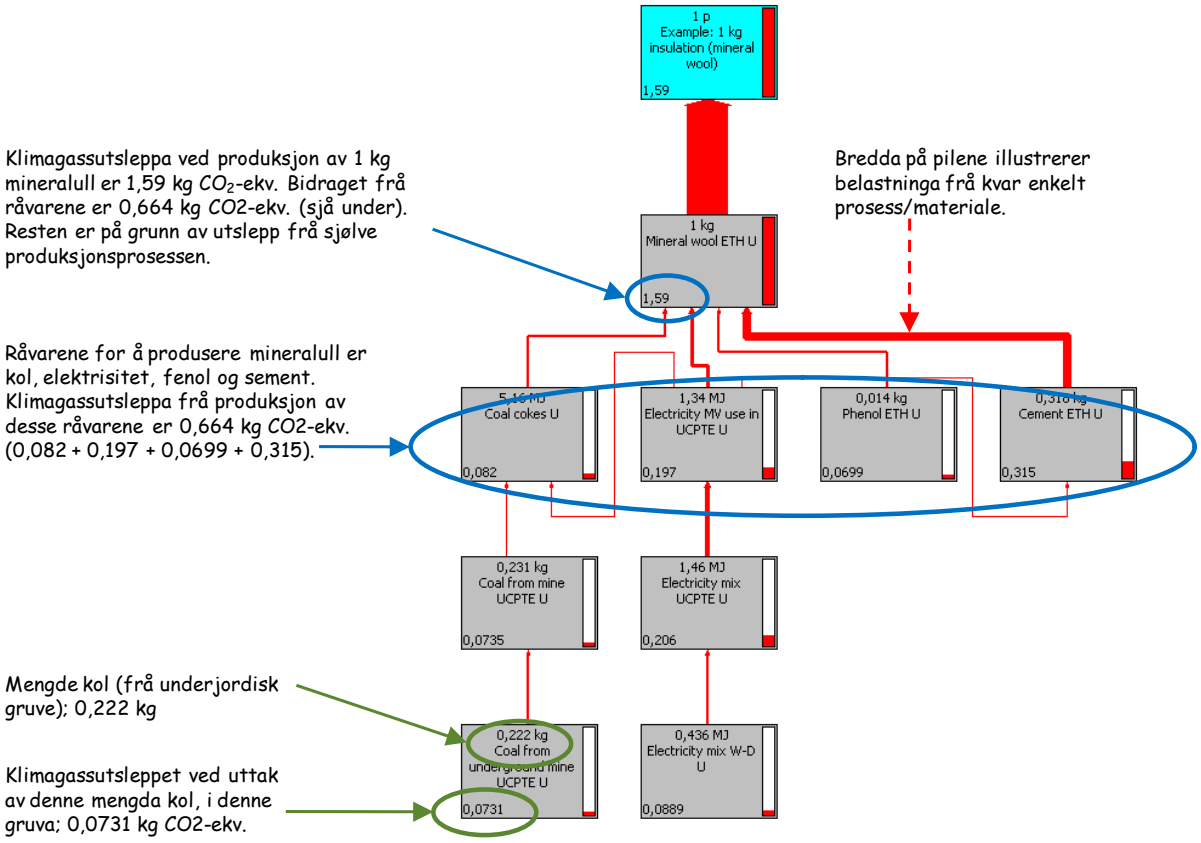
			utlandet				utlandet (eksport). Bruker samme data som for produksjon av varme i fjernvarmeanlegg i Noreg. Basisverdi hovedalternativ (erstattar norsk fjernvarmemiks, 2006):1. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Basisverdi Scenario: 0,75. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2008 (telefonsamtale Heidi M. Juhler og Hanne Lerche Raadal 21/4-08). Summen av denne og erstatning av elektristet skal bli 1. NB! Denne verdien må justerast dersom noko av energien blir levert som elektrisitet (andel erstatta varme må da minkast). **Nytt etter OR 02.09: Kutter ut 'erstatning av varme' og lagar nye parametrar der energikjelda er synleg, dvs innfører 'erstatning av olje' og 'erstatning av fjernvarme' istaden. Av ISM, 2/3-09.**
Alle	Energi-utnyttelse	Erstatting	Andel erstatta oljeforbrenning ved utnyttelse i utlandet	0(0,75)	-	En_and_erst_o_X	Energiutnytting: andel erstatta oljefyring (av alt det som blir erstatta, både ved el og varmeproduksjon og kombinasjon av dette, og etter tap og fyre for kråka), ved energiutnytting i utlander (eksport). Basisverdi hovedalternativ (erstattar norsk fjernvarmemiks, 2006) = 0. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Summen av denne og erstatning av fjernvarme og elektrisitet skal bli 1.
Alle	Energi-utnyttelse	Erstatting	Andel erstatta fjernvarme ved utnyttelse i utlandet	1(0)	-	En_and_erst_v_X	Energiutnytting: andel erstatta fjernvarme (av alt det som blir erstatta, både ved el og varmeproduksjon og kombinasjon av dette, og etter tap og fyre for kråka), ved energiutnytting i utlandet (eksport). Basisverdi hovedalternativ (erstattar norsk fjernvarmemiks, 2006) = 1. Referanse: Norsk Fjernvarme, 2009. Summen av denne og erstatning av oljefyring og elektrisitet skal bli 1.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel papp/papir i 1 kg restavfall	0,171	kg	And_papir_rest	Andel papp/papir i 1kg restavfall. Basisverdien er beregnet på grunnlag av beregnet gjennomsnittlig innhold irestavfall, vist i Vedlegg 5.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel våtorganisk i 1 kg restavfall	0,393	kg	And_vatorg _rest	Andel våtorganisk i 1kg restavfall. Basisverdien er beregnet på grunnlag av beregnet gjennomsnittlig innhold irestavfall, vist i Vedlegg 5.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel plast i 1 kg restavfall	0,148	kg	And_plast_rest	Andel plast i 1kg restavfall. Basisverdien er beregnet på grunnlag av beregnet gjennomsnittlig innhold irestavfall, vist i Vedlegg 5.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel glass i 1 kg restavfall	0,025	kg	And_glass_rest	Andel glass i 1kg restavfall. Basisverdien er beregnet på grunnlag av beregnet gjennomsnittlig innhold irestavfall, vist i Vedlegg 5.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel metall i 1 kg restavfall	0,039	kg	And_metall_rest	Andel metall i 1kg restavfall. Basisverdien er beregnet på grunnlag av beregnet gjennomsnittlig innhold irestavfall, vist i Vedlegg 5.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel tekstiler i 1 kg restavfall	0,046	kg	And_tekst_rest	Andel tekstiler i 1kg restavfall. Basisverdien er beregnet på grunnlag av beregnet gjennomsnittlig innhold irestavfall, vist i Vedlegg 5.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel 'annet' i 1 kg restavfall	0,178	kg	And_annet_rest	Andel annet i 1kg restavfall. Basisverdien er beregnet på grunnlag av beregnet gjennomsnittlig innhold irestavfall, vist i Vedlegg 5.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel treavfall i annet-kategori i restavfall	17	%	Rest_annet_tre	Modellen benytter faste verdier og basisverdier fra modell for treavfall, se kapittel 0, systembeskrivelse av treavfall.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel *bleier, bind og lignende* i annet-kategori i restavfall	54	%	Rest_annet_blei	Bleier, bind og lignende. Utslippsdata fra SFT 96:16 med oppdateringer av Østfoldforskning, nov 2000.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel *øvrig uorganisk* i annet-kategori i	8	%	Rest_annet_uorg	Antatt samme egenskaper som glassemballasje. Modellen benytter faste verdier og basisverdier fra modell for glassemballasje, se kapittel 5, systembeskrivelse av glassemballasje.

			restavfall				
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel *finfraksjon <10mm* i annet-kategori i restavfall	1	%	Rest_annet_fin	Antatt samme egenskaper som våtorganisk avfall. Modellen benytter faste verdier og basisverdier fra modell for våtorganisk avfall se kapittel 10, systembeskrivelse av våtorganisk avfall.
Restavfall	Deponi/ Energiutnytting	Behandling/Erstatning	Andel *annet* i annet-kategori i restavfall	20	%	Rest_annetannet	Antar 50 % plast og 50 % våtorganisk (Modellen benytter faste verdier og basisverdier fra modell for plast og våtorganisk, se kapittel 9 og kapittel 10). Dette representerer en blanding av worst case for deponi og energiutnyttelse. OBS! Må ikke forveksles med annet-kategori i restavfall.

VEDLEGG 2:

HVORDAN LESE INFORMASJONEN I EN LCA-NETTVERK-FIGUR?

Ei forklaring på det mykje brukte 'LCA-nettverket' er vist i figuren under. Denne figuren er ein illustrasjon og har ingenting med denne avfallsatudien å gjere.



Korleis lese informasjonen i ein LCA-nettverk-figur? Figuren viser klimabelastninga for 1 kg mineralull (ETH-ESU 96 database, 2007).

VEDLEGG 3:

LCA – WHAT, WHY AND HOW?

Forfatter: Cecilia Askham Nyland, Østfoldforskning

What is a Life Cycle Assessment (LCA) ?

"A process that evaluates the environmental burdens associated with a product system or activity." This is done by identifying and describing the energy and material uses and releases into the environment. An LCA includes the entire life cycle of the product, from raw material extraction, through materials processing, use and disposal at the end of the product's life (from "cradle to grave"). All transportation steps involved are also considered. LCA assesses the environmental impacts of the system in the areas of ecological systems, human health and resource depletion. It does not address economic or social effects.

Why Life Cycle Assessments?

Life cycle assessments give a more holistic approach to environmental aspects of products. They can help the producer understand much more about what environmental problems are associated with a product. The producer can also see where in the product life cycle the main environmental burdens arise. This is very useful information when deciding where to target resources for environmental improvements, so that the resources will be used most effectively.

There are many more uses for LCA, including analysing the results of future changes in production, or raw materials suppliers etc. A short summary of the main applications is given below:

Knowledge development

- What are the most important environmental problems and where in the life cycle do these arise?
- What happens to our environmental profile if we make changes in our production process?

Decision support

- Where are the most effective areas for us to target resources (personnel, technology, education) to improve our performance?
- What sort of product/marketing profile do we want?
- Which materials and suppliers should we use?

Information exchange/ communication

- Information for employees (internal stakeholders), education as well as key environmental data (EPIs) and environmental product information (EPDs).
- Communication of the effects of a company's environmental improvement efforts to authorities, neighbours, finiancial institutions and external stakeholders (EPIs)

The phases of an LCA

According to the ISO 14040 standard, life cycle assessments shall include:

1. Goal and scope
2. Inventory analysis
3. Impact assessment
4. Interpretation of results

Goal and Scope

The *goal* of an LCA study should state the intended application, the reasons for carrying out the study and the intended audience, i.e. to whom the results of the study are intended to be communicated.

When defining the *scope* of an LCA study, the following items should be considered, clearly described and justified:

- The functions of the product system, or, in the case of comparative studies, the systems
- The functional unit
- The product system to be studied
- The product system boundaries
- Allocation procedures
- The types of impacts and the methodology of impact assessment and subsequent interpretation to be used
- Data requirements
- Assumptions
- Limitations
- The initial data quality requirements
- The type of critical review, if any
- The type and format of the report required for the study

Functional Unit

The functional unit represents a product's performance according to a specific user's requirements. This unit should reflect the product's function and life span. Here is an example of a functional unit for cement and concrete:

1 km road, maintained and used over a 50 year lifetime

It is important that 'used' is included, as it is nescessary to include other important aspects in the life cycle of the road. These are things like lighting, noise muffling, road markings etc.

In an LCA, all mass and energy flows are normalised according to the functional unit. Therefore all results are usually presented for the functional unit chosen.

System Boundaries

System boundaries must be defined, so that we can collect the right inventory data. When one sets system boundaries one defines to what level of detail the product system will be studied and which releases to the environment will be evaluated. It is important that decisions to omit life cycle stages, processes or data are clearly stated and justified.

Available inventory data can also set limitations to data gathering (for example when only industry average data is available rather than site specific). Again these limitations must be clearly stated and taken into consideration when conclusions are drawn from the LCA study.

In order to help define system boundaries a product tree (or a product network) is drawn. This product tree should include all life cycle stages and unit processes involved, including transportation. The functional unit is the basis for which the product tree is drawn.

When defining the system boundaries one must be practical, otherwise the level of detail can be enormous. A common approach is to define cut-off criteria, for example that all components that contribute less than 1% of the total mass flow for the product system are not included.

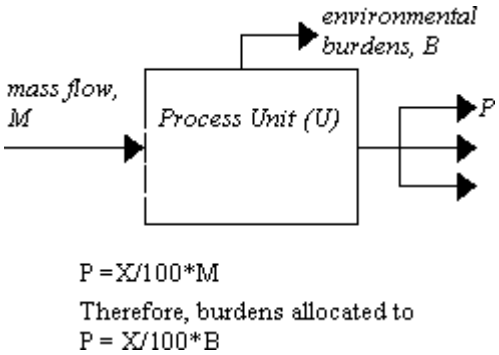
Other important system boundaries that should be clearly stated are geographical boundaries (e.g. is the study of a local, national, or international nature) and time (e.g. what is the reference year for which the data is collected). The intended application of the study, the assumptions made, cut-off criteria, data and cost constraints and the intended audience all affect the system boundaries. This makes it important that these aspects are documented clearly.

Allocation procedures

Allocation is the partitioning of the input or output flows of a unit process to the product system under study. Allocation is needed when a unit process in a product's life cycle has more than one product or raw material, which is part of another life cycle. This means that it is not correct to allocate all environmental burdens from the unit process to just one of the products.

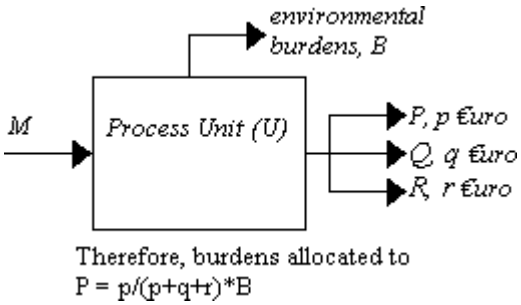
There are several possible methods that can be used for allocation. The two methods that are most commonly used are mass allocation and economic allocation, but others such as volume and energy-based allocations can be used where appropriate.

Mass allocation



Mass allocation is based on the mass flows through the unit process and is illustrated in the diagram above. The percentage (X) of a given flow (M), contributing to a given product (P), through a given unit (U) has been calculated. This same percentage (X) is then used as the percentage of the environmental burdens (B) arising from the unit which are allocated to the product (P). Thus, if a product uses 37% of the mass flow, it's also assigned 37% of the environmental burdens.

Economic allocation



Economic allocation is based on the sales price of the products produced and is illustrated in the diagram above. Products P, Q and R are produced from the unit process (U). Their sales prices are p, q and r respectively. Product P is therefore allocated the fraction p/(p+q+r) of the environmental burdens (B) arising from the

process unit. Thus, if the sales price of product Q is 40% of the total sales price, it's assigned 40% of the environmental burdens.

Assumptions

It is important for the interpretation and use of the results from an LCA that all assumptions are clearly documented. The assumptions and system boundaries used affect the applicability of the results.

The assumptions used can be tested to see whether changing these assumptions within reasonable intervals can change the conclusions of the study. This is known as a sensitivity analysis and enables the LCA practitioner to gain an understanding of the robustness of the conclusions from the particular study.

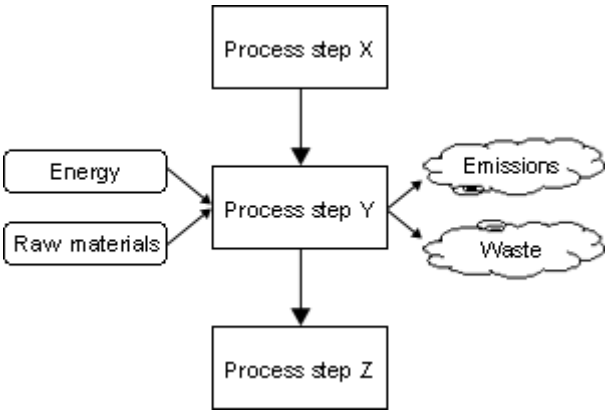
Limitations

There are also only a certain number of environmental burdens examined in an LCA study. This means that although LCA is described as a holistic approach it is also limited to the particular environmental burdens described in the scope definition for the study.

LCA assesses the environmental impacts of the system in the areas of ecological systems, human health and resource depletion. It does not address economic, or social effects.

Inventory Analysis

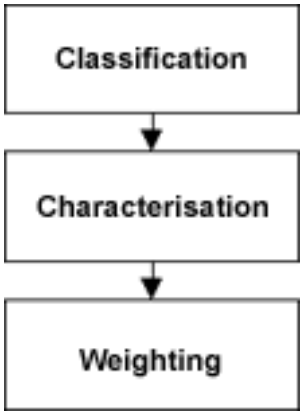
Inventory analysis is the step where all material and energy flows in and out of the product life cycle are quantified. It involves data collection and calculation procedures to quantify the relevant inputs and outputs of a product system. Thus inventory analysis aims to quantify all energy and raw material requirements, emissions to air, discharges to water, solid waste and other releases for each process step of a product system.



All inputs and outputs to the product system are related to a functional unit, which is the basis for the calculations performed. For example we don't make an inventory of what emissions and resource use are associated with a tonne of concrete, but for the amount of concrete required for the maintenance and use of a 1 km stretch of road over a 50 year lifetime.

When the inventory analysis is complete you have the life cycle inventory (LCI) data.

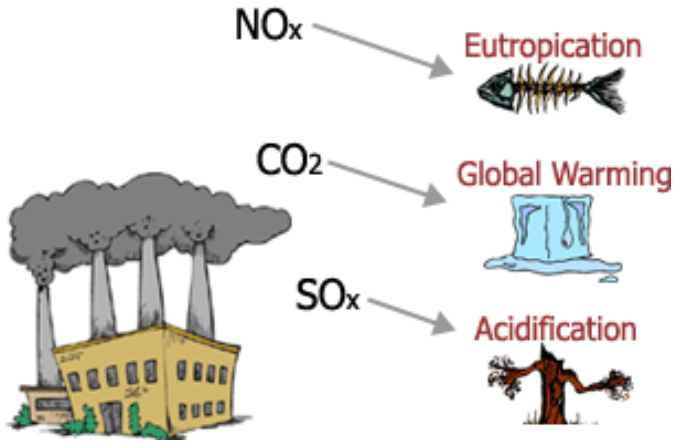
Impact Assessment



Different environmental problems occur as a result of the fact that we extract and process raw materials to produce different products. Different emissions contribute to different environmental problems (environmental impacts) in different ways.

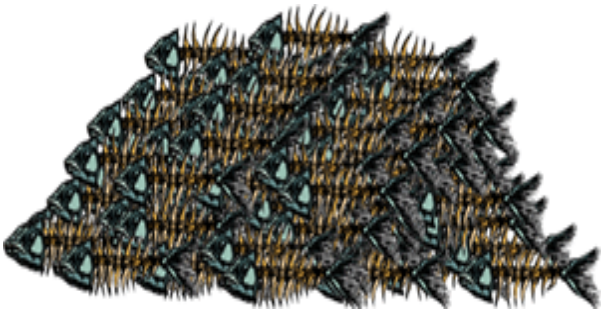
The impact assessment part of an LCA is where the potential impacts of a life cycle are assessed. The results of the inventory analysis (LCI) are used as the basis for this. The impact assessment is formally described as including the three phases shown in the figure to the left.

Classification - "Which emissions contribute to which impact categories?"



In the classification step, the different emissions and energy demands are assigned to different impact categories based on the expected kind of impacts on the environment. The main purpose of the activity is to describe which potential environmental effects the inputs and outputs may cause.

Characterisation - "How much do they contribute?"



In the characterisation step, the potential contributions from the different inputs and outputs are connected to the different impact categories, and the contributions to the same impact category are added up. Different emissions contribute differently to a given impact category, e.g. methane (CH_4) contributes 21 times more to global warming potential than carbon dioxide (CO_2).

Weighting - " Which impacts are most important?"

The weighting phase is an optional phase (ISO 14043, 1999) where the results for each impact category are weighted into an overall quantitative statement of the potential environmental impact for the product system.

Interpretation

In this phase of an LCA one analyses results, reaches conclusions, explains limitations and makes recommendations. It is important that one considers carefully the goal and scope of the study during this phase. Interpretation of the results of an LCA must be done according to the Goal and Scope of the study in order to be of value in decision-making.

A good example of this is if data gaps in the inventory phase are shown to be important for the outcome of the study, one recommendation would be to repeat the LCA calculations and fill in the most important data gaps.

VEDLEGG 4:

MILJØPÅVIRKNINGSKATEGORIER OG POTENSIELLE EFFEKTER

I tabellen under er det vist eksempel på utslipp og potensielle helse- og miljøeffekter for hvear påvirkningskategori i en vanlig LCA.

Påvirkningskategori	**Eksempel på utslipp**	**Potensielle effekter**
Drivhuseffekt (Global warming potential = GWP)	CO_2, N_2O, CH_4, CF_4, C_2F_6	Auka temperatur i lavere del av atmosfæren, klimaendringer, auka havnivå osv.
Forsuring (Acidification)	SO_2, HCl, NO_x, NH_3	Fiskedød, skader på skog, materialer og bygninger. Utlekking av tungmetall med effekter på dyr, vegetasjon og helse.
Overgjødsling (Eutrophication potential)	NH_3, COD, NOx, PO_4^{3-} (fosfat)	Lokale gjødslingseffekter og auka algevekst. Redusert biologisk aktivitet.
Fotokjemisk oksidantdanning (Photochemical ozone creation potential = POCP)	Fotokjemiske oksidantar som VOC, CO, NO_x og CH_4	Irritasjon av cellemembraner, med påfølgende effekter på lungefunksjonen for dyr og menneske. Vegetasjonsskader.
Ozonnedbryting (Ozone depletion potential = ODP)	CFC-ar og HCFC-ar (som tetraklormetan og 1,1,1-trikloretan)	Endringer i DNA, hudkreft, endra plantevekst.
Human- og økotoksisitet (Human toxicity and eco-toxicity)	Tungmetall, aromatar (som bensen, toluen og fenol), halogenerte aromatar (dioksin) og PAH.	Toksiske effekter for menneske og økosystem.
Ressursforbruk (Resource depletion potential)	Arealforbruk, energiforbruk (cumulative energy demand = CED) og materialforbruk.	Ingen direkte økologiske effekter, men kan vise forbruk av begrensa ressurser og gir en indikasjon på ressurseffektivitet.
Avfall (Waste)	Farleg avfall, radioaktivt avfall osv.	Ingen direkte økologiske effekter, men gir en indikasjon på ressurseffektivitet.

VEDLEGG 5:

MODELL FOR BEREGNING AV SAMMENSETNING AV RESTAVFALL BASERT PÅ KILDESORTERINGSORDNINGER

I forbindelse med Fase 2 av Klimaregnskap for Avfallshåndtering har Østfoldforskning undersøkt 'gjennomsnittlig sammensetning av restavfall fra husholdninger i Norge', samt utviklet en modell for innhold i 1 kg restavfall fra husholdninger basert på en kommunes hente- og bringeordninger. Dette er gjort ved å studere avfallsstatistikk for Norge og plukkanalyser foretatt i ulike kommuner.

Modellen skal benyttes for å finne den gjennomsnittlige fordelingen av avfallstyper i 1 kg restavfall i en kommune basert på kommunens hente- og bringeordninger. Denne skal danne grunnlag for å beregne miljøbelastninger for behandling av 1 kg restavfall. Årlig miljøbelastning fra et avfallsselskap kan dermed beregnes ut ifra antall kg behandlet avfall.

Med utgangspunkt i studerte plukkanalyser (REN, 2005; Hjellnes Consult, 2009; Hjellnes Cowi, 2007; Asplan Viak, 2008; RKR, 2007) er estimerte sorteringsgrader presentert i Tabell 57 som grunnlag for modell for beregning av sammensetning i restavfall. Der det ikke tilbys hente- eller bringeordning for en fraksjon, blir sorteringsgraden for denne 0 %. Det antas at det ikke tilbys bringeordninger for bioavfall, da hageavfall som vanligvis ikke kastes i restavfall holdes utenfor kategorien.

Tabell 57 Sorteringsgrader som inngår i modellen

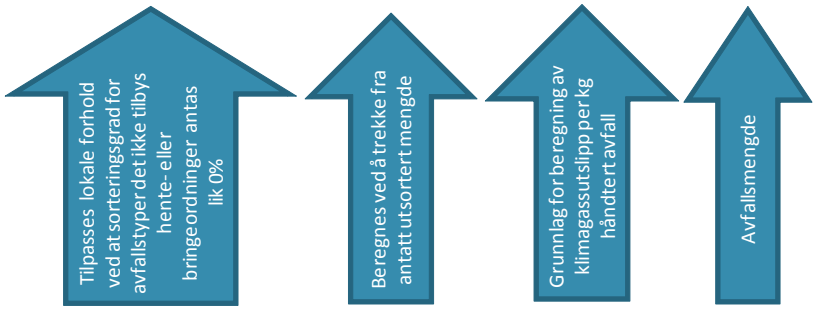
	Sorteringsgrad	
Avfallstype	**Bringeordning**	**Henteordning**
Papp/papir	4 %	81 %
Bioavfall inkl finfraksjon <10mm	0 %	75 %
Plast	11 %	44 %
Glass	67 %	
Metall	61 %	
Tekstiler	22 %	
Annet	24 %	

Tabell 58 viser hvordan sammensetning av restavfallet i en kommune kan beregnes i modellen ut ifra sine bringe- og henteordninger. Der det ikke tilbys hente- eller bringeordninger for en avfallsfraksjon, settes sorteringsgraden til 0 %. Verdiene i kolonnen til

høyre, Beregnet fraksjon i restavfallet kan dermed beregnes ved å trekke fra sortert mengde fra oppstått avfall for hver fraksjon.

Tabell 58 Modell for beregning av sammensetning i restavfall for kommuner med ulike hente- og bringeordninger

	Oppstått avfall [kg/ innbygger/år]	Sorteringsgrad		Beregnet fraksjon i restavfall [kg/innbygger/år]	Gjennomsnittlig fordeling i 1 kg restavfall %	Mengde avfall
		Bringeordning	Henteordning			
Papp/papir	99,78	4 %	81 %	....	....	
Bioavfall inkl finfraksjon <10mm	107,54	0 %	75 %	....	....	
Plast	30,82	11 %	44 %	....	....	
Glass	14,22	67 %		....	....	
Metall	18,97	61 %		....	....	
Tekstiler	10,99	22 %		....	....	
Annet	44,40	24 %		....	....	
SUM	326,72			....	....	....



Bringe- og henteordninger og de antatte sorteringsgradene danner i modellen grunnlaget for beregning av innholdet i restavfallet i hvert tilfelle.

Det understrekes at modellen også er tilpasset at kommuner som har foretatt plukkanalyser og kjenner innholdet i restavfallet kan bruke dette som grunnlag for beregning av klimagassutslipp.

Bakgrunn for modell

Fraksjoner i restavfall

Veileder for plukkanalyser (NRF, 2005) definerer tre ulike nivåer av avfallsfraksjoner, som vist nedenfor.

Tabell 59 Avfallsfraksjoner definert i veileder for plukkanalyser

Nivå 3	Nivå 2	Nivå 1

25 fraksjoner	17 fraksjoner	9 fraksjoner
Drikkekartong	Emballasje av papp/papir/kartong	Papp/papir
Bølgepapp		
Annen emballasje av papir/kartong		
Lesestoff	Annet papp/papir	
Annet papir/kartong		
Matavfall	Biologisk nedbrytbart kjøkkenavfall, inkl andel av finfraksjon <10mm	Bioavfall inkl andel av finfraksjon <10mm
Tørkepapir og lignende (tilgriset)		
Andel finfraksjon <10mm		
Hageavfall	Hageavfall som er biologisk nedbrytbart	
Emballasje av folie/mykplast	Emballasje av plast (består av minimum 50 vekt% plast)	Plast
Emballasje av hard plast		
Skumplast/isopor		
Annen plast	Annen plast	
Emballasje av glass	Emballasje av glass	Glass
Annet glass	Annet glass	
Emballasje metall	Emballasje av metall (består av minimum 50 vekt% metall)	Metall
Annet metall	Annet metall	
Tekstiler	Tekstiler	Tekstiler
Farlig avfall	Farlig avfall	Farlig avfall
Elektrisk og elektronisk avfall	Elektrisk og elektronisk avfall	Elektrisk og elektronisk avfall
Tre	Tre	Annet
Bleier, bind og lignende	Bleier, bind og lignende	

Øvrig uorganisk	Øvrig finfraksjon inkludert andel finfraksjon <10mm med mer	
Andel finfraksjon <10mm med mer		
Annet	Annet	

Modellen benytter fraksjonene i Nivå 1 for definering av innhold i restavfall. Mengden farlig avfall og EE-avfall som havner i restavfallsdunken er svært liten i de studerte plukkanalyser. Denne typen avfall anses derfor for å være neglisjerbar i restavfall fra husholdninger, og holdes utenfor analysene.

Gjennomsnittlig innhold i restavfall i Norge

I følge SSB var den totale avfallsmengden fra husholdninger i 2006 2,05 millioner tonn. Tabellen under viser statistikk over oppstått avfall (SSB, 2008c) og kildesortert avfall (SSB, 2008d) fra husholdninger, utregnet sorteringsgrad og fordeling av avfallstyper i restavfall, samt prosentandel husholdninger som har henteordning for de ulike fraksjonene (SSB, 2008e). Farlig avfall, EE-avfall, tre og hageavfall er ekskludert fra tabellen. Avfall oppstått fra husholdninger fra SSB inkluderer vrakede personbilder. Andelen metall er derfor justert til å være i samsvar med de studerte plukkanalyser. (REN, 2005; Hjellnes Consult, 2009; Hjellnes Cowi, 2007; Asplan Viak, 2008; RKR, 2007)

Tabell 60 Avfallstatistikk for Norge i 2006 og beregnede fraksjoner i restavfall

Avfall fra norske husholdninger (SSB)	Oppstått avfall [1000 tonn]	Oppstått avfall [kg/ innbygger/år]	Utsortert avfall [1000 tonn]	Kildesortert avfall [kg/innbygger /år]	Prosentandel beregnet sorteringsgrad	Beregnet fraksjon i restavfall [kg/innbygger/ år]	Gjennomsnittlig fordeling i 1 kg restavfall i 2006	Prosentandel innbyggere med henteordning
Papp/papir	463	99,8	313	67,5	68 %	**32,3**	**0,17**	89 %
Bioavfall inkl finfraksjon <10mm	499	107,5	155	33,4	31 %	**74,1**	**0,39**	53 %
Plast	143	30,8	13	2,8	9 %	**28,0**	**0,15**	33 %
Glass	66	14,2	44	9,5	67 %	**4,7**	**0,03**	5 %
Metall	88	19,0	54	11,6	61 %	**7,3**	**0,04**	5 %
Tekstiler	51	11,0	11	2,4	22 %	**8,6**	**0,05**	2 %
Annet	206	44,4	50	10,8	24 %	**33,6**	**0,18**	4 %
SUM	1516	326,7	640	137,9	42 %	**188,8**	**1,00**	

Sorteringsgradene oppgitt i Tabell 60 representerer et gjennomsnitt av kildesortering i hele Norge, inkludert de kommuner som ikke har noen henteordninger for de ulike fraksjonene. I kommuner med henteordning for papp/papir, bioavfall/våtorganisk og plast, vil prosentandel utsortert avfall fra hver fraksjon bli høyere.

Det gjennomsnittlige innholdet i restavfallet i Norge er dermed som vist under. Denne restavfallssammensetningen vil danne grunnlag for å beregne netto årlig klimagassutslipp for behandling av restavfall i Norge.

Tabell 61 Gjennomsnittlig innhold i restavfall i Norge

Avfall fra norske husholdninger (SSB)	Beregnet fraksjon i restavfall [kg/innbygger/ år]	Gjennomsnittlig fordeling i 1 kg restavfall i 2006
Papp/papir	32,3	0,17
Bioavfall inkl finfraksjon <10mm	74,1	0,39
Plast	28,0	0,15
Glass	4,7	0,03
Metall	7,3	0,04
Tekstiler	8,6	0,05
Annet	33,6	0,18
SUM	188,8	1,00

Sorteringsgrader fra SSB og plukkanalyser

I følge SSB har 96 % av alle husholdninger henteordning for minst en fraksjon. Sorteringsgradene i modellen er foreslått ut ifra sorteringsgrader oppgitt i de studerte plukkanalyser.

Tabell 62 viser sorteringsgrader beregnet ut ifra SSBs avfallsregnskap for husholdninger i 2006 fra Tabell 60. Disse omfatter også husholdninger som ikke tilbys bringe- eller henteordning og er svært lave sammenlignet med resultater fra studerte plukkanalyser.

Tabell 62 Sorteringsgrader i Norge, SSB

	Oppstått avfall [kg/ innbygger/år]	Gjennomsnittlig sorteringsgrad i Norge	Prosentandel innbyggere med henteordning
Papp/papir	99,8	68 %	89 %
Bioavfall inkl finfraksjon <10mm	107,5	31 %	53 %
Plast	30,8	9 %	33 %

Tabell 63 viser sorteringsgrader oppgitt i de studerte plukkanalysene. Disse sorteringsgradene er betydelig høyere enn de oppgitt av SSB. Det er antatt at disse er mer realistiske i denne sammenheng, og det er valgt å ta utgangspunkt i disse i modellen.

Tabell 63 Sorteringsgrader fra plukkanalyser og Grønt Punkt Norge

	IVAR						Agder	GPN	
	Sortert avfall [kg/innb/ år]	Total sorterings grad	Bringeordning		Henteordning		Sorterings-grad	Sortert avfall [kg/ innb/år]	Sorteringsgrad
			[kg/ innb/ år]	Sorterings-grad	[kg/ innb/år]	Sorterings-grad			
Papp/papir	77,0	85 %	3,7	4 %	73,0	81 %	81 %		
Bioavfall	98,0	76 %	0,0	0 %	98,0	75 %	73 %		
Plast	4,6[1]	19 %[1]	2,6[1]	11 %[1]	11,0	44 %	60 %[2]	7[3]	46 %[3]

[1] Innsamlingsgraden for plast totalt i IVAR-regionen var i 2006 19 %. De fire kommunene med henteordning for plast hadde 44 % sorteringsgrad, mens de andre med bringeordning hadde 11 %. For papp/papir og bioavfall har alle kommunene i IVAR-regionen henteordning.

[2] Sorteringsgraden for plast er bare fra Arendal

[3] Grønt Punkt Norge oppgir kun data for plastemballasje, som kun utgjør en liten del av plast som oppstår i restavfallet. For plastemballasje oppgir Grønt Punkt et totalt potensiale på ca 15 kg/innb (derav 46,1 % innsamlingsgrad) for henteordning plastemballasje. Disse tallene må derfor ikke sammenlignes direkte med tallene fra plukkanalysene.

Østfoldforskning
SUSTAINABLE INNOVATION

Gamle Beddingvei 2B
N-1671 Kråkerøy
Telephone: +47 69 35 11 00
Fax: +47 69 34 24 94
firmapost@ostfoldforskning.no
www.ostfoldforskning.no

Rapporter kan bestilles ved henvendelse,
samt lastes ned fra vår hjemmeside: www.ostfoldforskning.no

ØSTFOLDFORSKNING AS UTFØRER ANVENDT
FORSKNING INNENFOR OMRÅDENE **FOREBYGGENDE MILJØVERN**
OG **VIRKSOMHETS- OG NÆRINGSUTVIKLING**