

Intern rapport nr. 2310

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 2:

**Bruk av bildekk i støyvoller -
Livsløpsvurdering**



Februar 2003

Teknologiavdelingen

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 2:

Bruk av bildekk i støyvoller – Livsløpsvurdering



Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra Gjenbruksprosjektet 2002-2005 (etatsprosjekt). *Delprosjekt 2 "Miljøpåvirkning"* (DP2) og *delprosjekt 5 "Lette fyllinger og isolasjon"* (DP5), som denne rapporten hører til, har som målsetting å komme frem til hensiktsmessige metoder til å vurdere miljøpåvirkning ved anvendelse av gjenbruksmaterialer i vegbygging (DP2), og å fastlegge materialegenskaper og foreslå retningslinjer for gjenbruksmaterialer og alternative materialer til lette fyllinger og isolasjon (DP5).

I rapporten presenteres en livsløpsvurdering for støyvoller med kjerne av brukte bildekk. Dette er utført som en prosjektoppgave ved NTNU av stud. techn. Karin Synnøve Østby under faglig bistand fra NTNU og fra Vegdirektoratet. Målsettingen for prosjektoppgaven var å utvikle en generell livsløpsanalyse med hovedvekt på gjenbruk av materialer og bruk av alternative materialer.

Prosjektoppgaven består innledningsvis av en generell beskrivelse av støyvoller og et utbyggingsprosjekt hvor støyvoller skulle brukes (E6, Østfold). Deretter omtales returordninger for bildekk og aktører innenfor denne bransjen i Norge. Videre omfatter prosjektoppgaven en kort litteraturundersøkelse og sammenfatning av metodikk for livsløpsanalyse (livssyklusanalyse, LCA). LCA skal her forstås som en metodikk for å undersøke miljøaspekt og potensielle miljøpåvirkninger fra et produkt, en prosess eller en aktivitet gjennom hele dens livsløp, dvs. "fra vugge til grav". Undersøkelsen gjøres ved å identifisere og kvantifisere energi og materialbruk, samt utslipp til omgivelsene. Analysene er utført med dataprogram SimaPro.

Prosjektoppgavens hoveddel består av livsløpsvurdering for en støyvoll. Den funksjonelle enheten for analysen er: "Produksjon, vedlikehold og avhending av 10 meter støyvoll på bløt, leirig grunn og med støykrav på maks. 55 dB utendørs og 30 dB innendørs. Levetid 50 år." Analysen gjennomføres ved at to støyvoller med ulike kjerne sammenlignes. Den ene vollen har brukte bildekk (dekk-klipp) i kjernen, den andre er en tradisjonell voll med steinmaterialer. Det er også gjort analyse på alternativt scenario hvor bildekkene brukes til energigjenvinning (forbrenning). Tekniske og økonomiske betraktninger er gjort.

Veiledere for prosjektoppgaven har vært Andreas Brekke, stipendiat BI Sandvika; Roald Aabøe, Vegdirektoratet, og Gordana Petkovic, Vegdirektoratet.

Emneord: Vegbygging, alternative materialer, livsløpsanalyse, livssyklusanalyse, LCA, bildekk, returdekk, støyvoller, støydemping

Kontor: Veg- og trafikkfaglig senter
Saksbehandler: Roald Aabøe, Gordana Petkovic
Dato: Februar 2003

Forord

Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt er ett av fem etatsprosjekter i perioden 2002 - 2005. Prosjektet ble startet på Vegteknisk avdeling i Vegdirektoratet. Fra og med 2003 tilhører prosjektet Teknologiavdelingen, Veg- og trafikkfaglig senter i Trondheim. I tillegg til fagpersoner i Statens vegvesen, består både Prosjektrådet og arbeidsgrupper av ressurspersoner fra BA-næringen, forskningsmiljøer og administrative instanser.

Prosjektets overordnede mål er å *tilrettelegge* for gjenbruk. Dette skal gjøres ved å:

- øke kunnskapen om materialenes tekniske og miljømessige egenskaper
- implementere kunnskap underveis ved utførelser i Vegvesenets regi
- vurdere muligheter for ressursvennlig prosjektering
- studere økonomiske sider ved anvendelsen av resirkulerte materialer
- gjennomgå relevant regelverk, revidere eller supplere Vegvesenets håndbøker og veiledninger

Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt består av åtte delprosjekter:

- DP 1 Avfallshåndtering
- DP 2 Miljøpåvirkning
- DP 3 Gjenbruk av betong
- DP 4 Gjenbruk av asfalt
- DP 5 Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer
- DP 6 Gjenbruksvegen
- DP 7 Prosjektering, økonomi og administrative forhold
- DP 8 Nye ideer, materialer og tiltak

Gjenbruksprosjektet ledes av Gordana Petkovic, Vegdirektoratet.

Denne rapporten hører til to delprosjekter i Gjenbruksprosjektet. **Delprosjekt 2 "Miljøpåvirkning"** (DP2) har som målsetting å komme frem til hensiktsmessige metoder til å vurdere miljøpåvirkning ved anvendelse av gjenbruksmaterialer i vegbygging. **Delprosjekt 5 "Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer"** (DP 5), har som målsetning å fastlegge materialegenskaper og foreslå retningslinjer for gjenbruksmaterialer og alternative materialer til lette fyllinger og isolasjon. Se vedlegg 1 for mer informasjon om delprosjektene. Arbeidet som rapporteres her hadde som hensikt å prøve ut muligheter for bruk av LCA for vurdering av miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer. Ved å bruke støyvollen av bildekk (E6 Østfold) som praktisk eksempel, gir rapporten en innsikt i miljøeffekter ved bruk av bildekk som byggemateriale.

DP 2 ledes av Gordana Petkovic, Vegdirektoratet. DP 5 ledes av Roald Aabøe, Vegdirektoratet. Denne rapporten er utarbeidet av stud. techn. Karin Synnøve Østby, NTNU.

Forfatterens forord

Denne rapporten er en prosjektoppgave for stud.techn. Karin Synnøve Østby ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, høsten 2002.

I niende semester skal det ved NTNU gjennomføres og leveres et prosjektarbeid tilsvarende 7,5 vekttall. Denne rapporten skal svare for 3,75 vekttall, mens de resterende 3,75 vekttallene er emnemoduler med avsluttende eksamen.

Oppgavens innhold tar for seg metodikken bak livsløpsanalyser og det gjennomføres en analyse av en støyvoll med to alternative kjerner.

Veileder og kontaktperson fra NTNU har vært Per Jostein Hovde som har bidratt med litteratur og annen veiledning.

Kontaktpersoner ved Statens vegvesen har vært Gordana Petkovic og Roald Aabøe. Jeg vil rette en stor takk til dem for å ha vist så stor interesse, og gitt meg nyttig og lærerik veiledning.

Jeg vil også rette en stor takk til Kjell Høiland ved RagnSells som alltid har vært behjelpelig på telefonen eller per mail. Andreas Brekke, stipendiat ved BI Sandvika, har bidratt med både praktisk hjelp og faglig veiledning. Uten hans velvilje og hjelpsomhet hadde arbeidet med oppgaven blitt mye tyngre.

Oslo, 21. november 2002

Karin Synnøve Østby



NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR BYGG, ANLEGG OG TRANSPORT

Oppgavens tittel: <i>Bruk av bildekk i støyvoller. Livsløpsvurdering.</i>	Dato: 20.11.2002		
	Antall sider (inkl. bilag): 70		
	Hoved- oppgave	<u>Prosjekt- oppgave</u>	X
Navn: Stud.techn. Karin Synnøve Østby, Institutt for bygg, anlegg og transport.			
Faglærer: <i>Professor Per Jostein Hovde, Institutt for bygg, anlegg og transport.</i>			
Eksterne faglige kontakter/veiledere: <i>Gordana Petkovic fra Statens vegvesen og professor Ivar Horvli</i>			

<p>Ekstrakt:</p> <p>Denne prosjektoppgaven er en del av utdanningen ved NTNU. Den vektet 3,75 vektall, og er lagt inn i studieplanen for 9. semester. Rapporten inneholder en livsløpsvurdering av støyvoll der det er analysert to voller med ulike kjerne. Denne ene kjernen inneholder oppklippede bildekk mens den andre er konstruert med tradisjonelle materialer.</p> <p>Rapporten er skrevet i samarbeid med Statens vegvesen i forbindelse med "Gjenbruksprosjektet", et etatsprosjekt som ble startet i 2002 med formål å legge til rette forholdene for bruk av resirkulerte materialer i veibygging.</p> <p>Det er under prosjektarbeidet funnet litteratur om livsløpsanalyser og dekk som konstruksjonsmaterialer. Det er også laget en oversikt over hvordan en livsløpsanalyse skal gjennomføres.</p> <p>Hoveddelen av rapporten er en livsløpsvurdering med følgende funksjonell enhet: Produksjon, vedlikehold og avhending av 10 meter støyvoll på bløt, leirig grunn og med støykrav 55dB utendørs og 30dB innendørs. Levetid i 50 år.</p> <p>Vurderingen er gjort ved hjelp av analyser gjort i dataprogrammet SimaPro.</p> <p>Til slutt er det gjort noen økonomiske og tekniske betraktninger av støyvoll med dekk-klipp i kjernen.</p> <p>Hovedelementer man har kommet frem til er at valg av allokering- og vektingsmetode er avgjørende for vurderingen om hvilken støyvoll som fører til minst miljøpåkjenninger.</p> <p>De økonomiske betraktningene viser at støyvoll med dekk-klipp i kjernen er det mest økonomiske alternativet. De tekniske betraktningene gir at ved bruk av dekk-klipp i kjernen må støyvollen ligge over grunnvannsnivå for å hindre utlekking av stoffer som kan påvirke miljøet negativt.</p>

Stikkord:

1. Litteratur om emnet
2. LCA-metodikk
3. LCA for støyvoll
4. Økonomiske og tekniske betraktninger.

Karin Synnøve Østby
(sign.)

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	9
2	Innledning og bakgrunn	11
2.1	<i>Formål med oppgaven</i>	11
2.2	<i>Begrensninger i oppgavens behandling av temaet</i>	11
2.3	<i>Beskrivelse av oppgavens oppbygning</i>	11
2.4	<i>Innføring i støyvollprosjektet</i>	12
2.4.1	Støyvoller.....	12
2.4.2	Bildekk.....	12
2.4.3	Prosjektet E 6 – Støyvoll Rygge	13
2.5	<i>Definisjoner</i>	14
3	Litteratursøk	16
3.1	<i>Litteraturgjennomgang</i>	16
3.1.1	”Livscykelanalys av väg. En modellstudie för inventering.” av Håkan Stripple [7]	16
3.1.2	”Life cycle assessment of road construction” av Ulla-Maija Mroueh med flere. Finnra Reports 71/2000 [6].....	16
3.1.3	”Miljø- og kostnadmessig sammenligning av gjenbruk og konvensjonell dekkelegging” av Christian Becker [3]	17
3.1.4	”Laboratorieprovning av gummiklipps miljøgeotekniske egenskaper” av Bo Westerberg og Josef Mácsik [1]	18
3.1.5	”Däckklipp som konstruksjonsmaterial” av Hans Huhmarkangans og Fredrik Lindell [2]. 19	19
4	LCA- metodikken	21
4.1	<i>Definisjon</i>	21
4.2	<i>Fastsettelse av hensikt og omfang</i>	22
4.2.1	Formål med studien	22
4.2.2	Funksjonell enhet.....	23
4.2.3	Systemgrenser	23
4.2.4	Krav til datakvalitet	24
4.2.5	Planlegging og organisering - bruk av ekstern granskning.....	25
4.3	<i>Kartlegging</i>	25
4.3.1	Datainnsamling	25
4.3.2	Justering av systemgrensene	26
4.3.3	Beregningsprosedyre	27
4.3.4	Datakvalitet.....	27
4.3.5	Allokering	28
4.4	<i>Effektvurdering</i>	29
4.4.1	Klassifisering	29
4.4.2	Karakterisering.....	30
4.4.3	Vekting	30
4.5	<i>Tolkning</i>	30
5	Livssyklusanalyse for støyvoll	31
5.1	<i>Fastsettelse av hensikt og omfang</i>	31
5.1.1	Hensikt og omfang av studien.....	31
5.1.2	Funksjonell enhet.....	32
5.1.3	Systemgrenser.....	32

5.2	<i>Livsløpsregnskap</i>	35
5.2.1	Datakvalitet	35
5.2.2	Datainnsamling/ kartlegging	35
5.2.3	Allokering	37
5.2.4	Beregningsprosedyre	38
5.3	<i>Livsløpsvurdering</i>	38
5.3.1	Klassifisering	38
5.3.2	Karakterisering	39
5.3.3	Normalisering	40
5.3.4	Vekting og sammenligning av støyvollene	43
5.3.5	Alternativt scenario	48
6	Konklusjoner og vurderinger fra analysen	52
6.1	<i>Konklusjoner fra livsløpsanalysen</i>	52
6.1.1	Eco-indikator 99 (H):	52
6.1.2	CML-metoden:	52
6.1.3	EPS-modellen:	53
6.2	<i>Økonomiske betraktninger</i>	53
6.3	<i>Tekniske betraktninger</i>	54
6.4	<i>Sammendrag av konklusjonene:</i>	54
6.5	<i>Vurdering om hvordan LCA kan brukes i veisektoren</i>	55
	Referanseliste	56
	Bilag 1	58
	<i>Støyvoll med steinkjerne (steinvoll)</i>	58
	Normalisering av steinvollen	58
	Indikator	60
	Bilag 2	62
	<i>Støyvoll med dekk-kjerne (37,5% bidrag fra dekkproduksjon)</i>	62
	Normalisering av dekkvoll	62
	Indikator	64
	<i>Støyvoll med dekk-kjerne (0% bidrag fra dekkproduksjon)</i>	65
	Normalisering	65
	Indikator	66
	<i>Alternativt scenario - Sammenligning av steinvoll med energigjenvinning og dekkvoll</i>	66
	Bilag 3	69
	<i>Sammenligning av støyvollene</i>	69
	<i>Alternativt scenario- Sammenligning av steinvoll med energigjenvinning og dekkvoll</i>	70
	Vedlegg 1	72
	<i>Litteraturoversikt</i>	72
	Vedlegg 2	74
	<i>Beregninger</i>	74

Figurliste

Figur 1; Oppsamling av dekk-klipp i Moss.	13
Figur 2; Fasene i en livsløpsanalyse.....	22
Figur 3; Geografisk avgrensing.	24
Figur 4 ; Kartlegging av alle inn- og utgående strømmer i et produktsystem.	26
Figur 6; 50/50% regelen ved allokering.....	28
Figur 7; Miljøpåvirkningene som angriper mennesker og natur.....	29
Figur 8; Produkttre av støyvoll med kjerne av steinmaterialer.	31
Figur 9; Produkttre av støyvoll med kjerne av oppkutta bildekk.....	32
Figur 10; Livsløpet til en voll med steinkjerne.....	36
Figur 11, Livsløpet til voll med dekk-kjerne (se billag 4).....	37
Figur 12; Karakterisering av bidrag for støyvoll med stein i kjernen.	39
Figur 13; Karakterisering av bidrag for voll med dekk-kjerne.	40
Figur 14; Normalisering av støyvoll med steinkjerne- hele livsløpet.	41
Figur 15; Normalisering av støyvoll med dekk-kjerne og 37,5% bidrag fra dekkproduksjon - hele livsløpet.....	42
Figur 16; Normalisering av støyvoll med dekk-kjerne og 0% bidrag fra dekkproduksjon – hele livsløpet.....	42
Figur 17; EPS-modell: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 37,5% bidrag fra dekkproduksjon.....	44
Figur 18; EPS-modell: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 0% bidrag fra dekkproduksjon.....	45
Figur 19; CML-metoden: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 37,5% bidrag fra dekkproduksjon.....	46
Figur 20; CML-metoden: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 0% bidrag fra dekkproduksjon.....	46
Figur 21; Eco-metoden: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 37,5% bidrag fra dekkproduksjon.....	47
Figur 22; Eco-metoden: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 0% bidrag fra dekkproduksjon.....	48
Figur 23; Produkttre til steinvoll med energigjenvinning fra dekk.	49
Figur 24; Normalisering av steinvoll med energigjenvinning og voll med dekk-klipp.....	50
Figur 25; Vekting av steinvoll med energigjenvinning og voll med dekk-klipp.....	50
Figur 26; Steinvoll med energigjenvinning og voll med dekk-klipp.....	51
 Figurliste for bilag	
Figur 27; Normalisering av steinvoll.....	58
Figur 28; Normalisering av avhending av steinvoll.	59
Figur 29; Normalisering av livsløpet til en støyvoll med steinkjerne.	59
Figur 30; Utslipp som skjer i forbindelse med livsløpet til en støyvoll med steinkjerne.	60
Figur 31; Utslipp i forbindelse med produksjon av støyvoll med steinkjerne.....	61
Figur 32; Normalisering av produksjonen av dekkvoll.....	62
Figur 33; Normalisering av produksjon av oppklipp (37,5%)	63
Figur 34; Normalisering - Avhending av dekkvollen.....	63
Figur 35; Normalisering av livsløpet til dekkvollen.....	64
Figur 36; Utslipp fra livsløpet til støyvoll med dekk-kjerne.	65
Figur 37; Normalisering av dekkvoll med 0% bidrag fra dekkproduksjon.....	65
Figur 38; Utslipp fra produksjon av støyvoll med 0% bidrag fra dekkproduksjon.....	66
Figur 39; Normalisering av støyvoll med stein og energigjenvinning.	67
Figur 40; Utslipp fra livsløp til steinvoll med energigjenvinning.	68
Figur 41; EPS-modellen .Sammenligning av steinvoll og dekkvoll (0% bidrag).	69
Figur 42, EPS-modellen. Sammenligning av avhending av steinvoll og dekkvoll (0% bidrag)....	70
Figur 43; Vekting av steinvoll med energigjenvinning og dekkvoll.	70
Figur 44; Normalisering av livsløp til steinvoll pluss energigjenvinning og voll med dekk-kjerne.	71

1 Sammenheng

Denne prosjektoppgaven tar for seg en livsløpsvurdering av støyvoller og metodikken bak dette. De tekniske og økonomiske aspektene rundt dette blir også vurdert. Rapporten er delt inn i fem deler.

Del 1 er en *innledning* som tar for seg målet og bakgrunnen for prosjektoppgaven. Oppgaven tar for seg en støyvoll langs E6 i Østfold, der kjernen i støyvollen skal være av bildekk. Del 1 gir en kort innføring i støyvoller generelt, litt om dekkreturen i Norge og hvilke aktører som finnes innenfor dekkproduksjon. Til slutt er det en kort innføring i E6-prosjektet.

Del 2 tar for seg et *litteratursøk*, hvor fem rapporter blir valgt ut og gitt et sammendrag av. Tre rapporter omhandler livsløpsanalyser gjort i veisektoren i henholdsvis Norge, Sverige og Finland. De to neste rapportene tar for seg dekk-klipp som konstruksjonsmateriale og miljøaspektene ved bruk av disse.

I del 3 er det en rask gjennomgang av *metodikken bak livssyklusanalysen (LCA)*. Livsløpsanalyse, LCA, er en metode for å undersøke miljøaspektene og de potensielle miljøpåvirkningene gjennom et produkt, prosess eller en aktivitets livsløp, det vil si fra vugge til grav. Undersøkelsen gjøres ved å identifisere og kvantifisere energi og materialbruk, samt utslippene til omgivelsene.

Del 4 tar for seg selve *livssyklusanalysen av støyvollen*. Den funksjonelle enheten for analysen er: "Produksjon, vedlikehold og avhending av 10 meter støyvoll på bløt, leirig grunn og med støykrav 55dB utendørs og 30dB innendørs. Levetid i 50 år." Analysen gjennomføres ved at to støyvoller med ulike kjerne sammenlignes. Den ene vollen har dekk-klipp i kjernen, mens den andre er en tradisjonell voll med steinmaterialer. Det er også gjort en analyse på et alternativt scenario som sammenligner dekkvoll med bidrag fra dekkproduksjon med steinvoll pluss energigjenvinning fra dekk. Dette scenarioet er tatt med ettersom dekkene går til forbrenning dersom de ikke blir brukt i støyvollen. Datainnsamling er gjort ved bruk av internett, litteratur og ressurspersoner. Analysen er utført ved bruk av dataprogrammet SimaPro. Alle analysene er vektet på tre ulike måter ved bruk av Eco-indikator 99 (H), EPS-metoden og CML-metoden.

Del 5 tar for seg *resultatene fra analysen og tekniske og økonomiske betraktninger*. Resultatene fra analysen varierer ut i fra hvordan fordeling av miljøpåkjenninger fra dekkproduksjonen er blitt utført og hvilken vektingsmetode som er lagt til grunn. For vektingsmetodene EPS og Eco-indikator vil steinvollen ha minst effekt på miljøet uansett hvor stort eller lite bidrag man velger at dekkproduksjonen skal ha. Men ved 0% bidrag fra dekkproduksjonen er forskjellen i miljøpåkjenninger for de to vollene så liten, at da kan andre forutsetninger settes til grunn for hvilken voll som foretrekkes. Ved å legge de økonomiske betraktningene til grunn, bør dekkvollen velges.

Den siste vektingsmetoden, CML-metoden, vektlegger kun utslippene fra dekk-klippen mens de ligger i vollen. Miljøpåkjenninger de påfører miljøet er mindre enn en gjennomsnittlig europeer påfører miljøet årlig. Dersom man også her legger de økonomiske betraktningene til grunn, vil dekkvollen bli foretrukket som støyvoll.

De økonomiske betraktningene som ble gjort, viser at dekkvollen er et rimelig alternativ til tradisjonelle vollmaterialer. Selv om man skulle ha betalt for dekkene ville det ha vært en kostnadsbesparelse å bruke denne løsningen.

De tekniske betraktningene viser at dersom man skal bygge støyvoll med dekk i kjernen, bør denne ligge over grunnvannsnivå for å hindre vanngjennomstrømning og avrenning av eventuelle giftige stoffer. Dekk-klipp egner seg godt til bruk i støyvoller og andre konstruksjoner som et alternativ til andre lette masser.

I Norden er det laget en veiviser for allokering som sier at ved gjenbruk, skal man tilegne all miljøpåkjenning til det primære produktet, altså bruke ”cut-off”-allokeringsmetoden. Denne bestemmelsen fører til at støyvoll med dekk-klipp i kjernen bør foretrekkes med grunnlag i livsløpsanalysen. I tillegg legger man i denne livsløpsanalysen de økonomiske betraktningene til grunn når miljøbelastningene er små eller når de to alternative vollene ikke har noen særlig forskjell i miljøpåkjenning. Dette bidrar med å styrke valget av støyvoll med dekk-klipp i kjernen.

2 Innledning og bakgrunn

2.1 Formål med oppgaven

Prosjektoppgaven skal ta for seg følgende forhold:

- Innhenting av informasjon om livsløpsvurderinger generelt og om bruk av slike vurderinger på henholdsvis støyvoller og bildekk
- Oversikt over LCA-metodikken.
- Gjennomføring av livsløpsvurdering for to alternative støyvoller, hvorav den ene inneholder gjenvunne bildekk.
- Vurdering og diskusjon av resultatene fra livsløpsvurderingen, og anbefalinger angående bruk av bildekk i støyvoller. Her bør en få frem hvilke forutsetninger og betingelser som er viktige, for at bruken av bildekk i en slik konstruksjon skal være hensiktsmessig.

2.2 Begrensninger i oppgavens behandling av temaet

Prosjektoppgavens tidsvarighet har vært begrenset. Dette har ført til at det er gjort noen begrensninger i oppgavens omfang.

Litteratursøket ble tidlig i prosessen bestemt at ikke skulle vektlegges så tungt. Dette har ført til at noe viktig litteratur er blitt forbigått. Eksempelvis har det i ettertid vist seg at det er gjort et forsøk på å bygge en støyvoll med hele dekk i kjernen her i Norge. Dette ble gjort i 1993, men på grunn av krav fra SFT (Statens forurensingstilsyn), ble det stopp i forsøket. Disse opplysningene ble først innhentet de siste dagene før prosjektet skulle leveres inn, så kilden har ikke blitt fulgt opp. I kapittel 3 i rapporten er LCA-metoden beskrevet. Dette er ment som en kort oversikt over de forskjellige prosessene, detaljer er altså forbigått. I selve livssyklusanalysen av støyvollene er det gjort mange begrensninger og antagelser, og disse er beskrevet i den delen av rapporten.

Det har tatt lang tid å lære hvordan databaseprogrammet SimaPro skal brukes. Veiledning i dataprogrammet har foregått i to korte møter og via mail. Dette har ført til mye prøving og feiling, og dermed mye tidsbruk. Det er ikke blitt gjort noen vurderinger om hvilken av de tre vektingsmetodene som er bruk som er mest egnet til en slik analyse. De økonomiske betraktningene som er gjort på slutten av rapporten er meget forenklet.

2.3 Beskrivelse av oppgavens oppbygning

Rapporten er delt opp i fem kapitler. I kapittel 1, innledning, blir det kort fortalt om målet med rapporten, generelt om støyvoller og bildekk og støyvollprosjektet i Moss.

Kapittel 2 er et litteraturstudie som tar for seg fem rapporter. To av disse beskriver dekk som konstruksjonsmateriale og tar for seg tekniske og miljømessige egenskaper. De tre siste rapportene omhandler livsløpsanalyser som er utført for veisektoren i Norge, Sverige og Finland.

I kapittel 3 redegjøres det for teorien bak livsløpsanalyser. Her blir de ulike prosessene i analysen gjennomgått. Kapittel 4 er selve analysen, der man ser på livsløpet til en støyvoll. Her sammenlignes to alternative støyvoller, der den ene vollen har en kjerne med steinmaterialer og den andre har en kjerne av oppklipte bildekk.

Til slutt, i del 5, blir det gjort en konklusjon av resultatene fra livsløpsanalysen. Det blir også gjort økonomiske og tekniske betraktninger for støyvoll med dekk-klipp i kjernen.

2.4 Innføring i støyvollprosjektet

2.4.1 Støyvoller

Støy er et stadig voksende samfunnsproblem, der veitrafikken bidrar med en dominerende part. For å unngå at mennesker blir rammet av for mye trafikkstøy iverksettes det som regel støydempende tiltak. Disse tiltakene kan bestå av bygging av skjermer, beplantning eller støyvoller. Sistnevnte, støyvoller, vil i bli analysert gjennom livssyklusanalysen i del 4.

Støyvoller har en god dempende effekt, og en 2-3 m høy voll i flatt terreng kan redusere støy-nivået med 8-12 dB. Å bygge en støyvollvoll er arealkrevende, men kan ofte være den beste løsningen ut i fra at man får brukt masser som allikevel må bort fra området i forbindelse med veibygging. Det er viktig at vollen beplantes slik at den inngår som et naturlig element i om-givelsene og mange synes voller er estetisk med sitt naturlige utseende. Der det er plass anbefales det ofte å bygge en slik konstruksjon. Vedlikeholdskostnadene er mindre for en støyvoll enn for en skjerm da det kun er beplantningen som trenger vedlikehold.

2.4.2 Bildekk

Dette delkapittelet beskriver hvordan innsamling og bruk av bildekk foregår per i dag og litt om hvilke aktører som er på det norske markedet. Egenskapene til materialet og hvordan bruken av kasserte bildekk foregår i andre land er beskrevet i del 2.

I 1994 ble ”Forskrift om deponering, innsamling og gjenvinning av kasserte dekk” vedtatt. Bransjen tok seg av dette gjennom å opprette materialselskapet Norsk Dekkretur AS. De har gjennom avtale med Miljødepartementet, forpliktet seg til å organisere et opplegg for og ta hånd om kasserte dekk. Ordningen er finansiert gjennom gebyr som legges på alle dekk som importeres og selges i Norge.

På årsbasis samles det inn mer enn 3 millioner dekk i Norge. Dette utgjør ca 30-32 000 tonn. Innsamlingen styres av lokale transportører og bringes til to av landet behandlingssteder, som er Kjøpsvik i Nordland og Skjerkøya i Bamle, Telemark.

De fleste dekkene kvernes til forskjellige formater avhengig av bruksområder. I figur 1 kan man se hvordan dekk-klipp ser ut.

Frem til i dag har hovedbruken av kasserte bildekk blitt brukt til energigjenvinning i sement-industrien. Noe er blitt brukt som konstruksjonsmateriale i forskjellige anleggsvirksomhet, men dette er ikke så utbredt i Norge ennå.

Det finnes mange produsenter av bildekk på det norske markedet. De fire største er:

- Continental, produksjon i Hannover, Tyskland.
- Michelin, produksjon i England, Spania og Frankrike.
- Nokian, produksjon i Finland.
- Goodyear, produksjon i blant annet Frankrike, Tyskland og England.

Markedsandelen til disse aktørene har vært meget vanskelig å få tak i ettersom man ser på dette som sensitivt materiale. Gjennom samtale med Michelin Norge [31] kom det frem at Continental var den største produsenten i Norge men tall fra disse eller fra Michelin, var ikke mulig å få. Goodyear har oppgitt at de har 10 % i Norge, mens Nokian har oppgitt at de har 20% markedsandel i Norden.

2.4.3 Prosjektet E 6 – Støyvoll Rygge

I forbindelse med Østfoldpakka¹, som ble vedtatt i 1997, skal E6 bygges til firefelts motorvei gjennom Østfold. For å unngå støyproblemer for eksisterende bebyggelse i området, vil man bygge støyskjerming i form av støyvoller.

Over store deler av strekningen må utbyggingen ta hensyn til at det er registrert bløte og sensitive leirmasser. Oppbygning av en tradisjonell støyvoll vil medføre stabilitetsproblemer for vollen, samt vil kunne medføre setningsproblemer for voll og tilstøtende E6. Det er i forbindelse med fundamenteringen av støyvollene blitt vurdert bruk av lette masser i kjernen av vollen og grunnforsterkning både bak og mot vollen.

Støyvullen som denne prosjektoppgaven tar for seg, skal bygges ved Huggenes. Vollen er ca 450 meter lang og det er bestemt at man skal benytte oppkuttete bildekk som lette fyllmasser. Stabilitetsvurderinger utført for en støyvoll med en høyde på 5-6 meter og kjerne av oppkuttete bildekk, viser tilstrekkelig sikkerhet mot brudd og setningsproblemer.

Prosjektet er blitt godkjent av fylkesmannen i Østfold med krav om at dekk-klipp, altså vollens kjerne, skal pakkes inn og ikke ha noen vanngjennomgang. Det er også krav til oppfølging av avrenningsvannet for å kontrollere om det finnes miljøfarlige stoffer i det.

Dette prosjektet er et forsøksprosjekt med Statens vegvesen som initiativtakere. De vil i den første vollen som bygges, lage en strekning der kjernen ikke pakkes inn i membran. Dette vil sannsynlig vis gi vanngjennomstrømming. Ved en slik gjennomføring får man kontrollert hvor mye vann som renner igjennom vollen og hvilke miljøfarlige stoffer som kan forekomme i avrenningsvannet.



Figur 1; Oppsamling av dekk-klipp i Moss.

¹ ”Østfoldpakka”: Samarbeid mellom fylkespolitikere, bedrifter og nærlingslivsorganisasjoner i Østfold for å få bedret veinettet. ”Dugnaden” de startet i 1997 fikk navnet Østfoldpakken [33].

2.5 Definisjoner

Allokering

Fordele inngangsfaktorer (input) til eller utgangsfaktorer (output) fra en enhetsprosess til produktsystem som undersøkes.

Avfall

Enhver avhendet utgangsfaktor fra produktsystemet.

Bildekkvoll

For å forenkel støyvoll med dekk-klipp i kjernen, blir dette kalt bildekkvoll i oppgaven.

Enhetsprosess

Minste del av et produktsystem som det samles data for når en livsløpsanalyse utføres. Ofte omtalt som prosess.

Funksjonell enhet

Kvantifisert presentasjon for et produktsystem til bruk som en referanseenheter i en livsløpsvurdering.

Gummiklipp

Oppklippede dekk (bildekk el lastebildekk). Også beskrevet som *dekk-klipp*.

Inngangsfaktor (input)

Materiale eller energi som går inn i en enhetsprosess (materialer kan omfatte råmaterialer og produkter).

Livsløp

Stadier i et produktsystem som følger etter hverandre og er sammenkjedet fra anskaffelse av råmaterialer eller fremskaffelse av naturressurser til den endelige avhending.

Livsløpsanalyse, LCA

Sammenstilling og evaluering av inngangsfaktorer, utgangsfaktorer og de potensielle miljøpåvirkningene til et produktsystem gjennom dets livsløp.

Livsløpseffektvurdering

Fase i livsløpsanalysen i den hensikt å forstå og evaluere størrelsen og betydningen av et produktsystems potensielle miljøpåvirkninger.

Livsløpsregnskap

Fase i livsløpsanalysen som omfatter sammenstillingen og kvantifiseringen av inngangsfaktorer og utgangsfaktorer, for et bestemt produktsystem gjennom dets livsløp.

Livsløpstolkning

Fase i livsløpsanalysen hvor resultatene fra enten regnskapet eller effektvurderingen, eller begge kombineres i henhold til den fastsatte hensikt og omfang for å komme frem til konklusjoner og anbefalinger.

PAH

Polyaromatiske hydrokarboner

Produktsystem

Samling av enhetsprosesser som er forbundet materielt eller energimessig og som utfører en eller flere bestemte funksjoner.

SimaPro er et databaseverktøy for å analysere de miljømessige belastningene fra et produkt gjennom hele dets livsløp

Steinvoll

For å forenkle støyvoll med steinmaterialene pukk i kjernen, blir dette kalt steinvoll i oppgaven.

Systemgrense

Grenseflate mellom et produktsystem og miljøet eller andre produktsystemer.

Utgangsfaktorer

Materiale eller energi som forlater en enhetsprosess (materialer kan omfatte råmaterialer, halvfabrikata, produkter, utslipp og avfall).

3 Litteratursøk

3.1 Litteraturgjennomgang.

I de følgende avsnittene blir det presentert fem aktuelle rapporter. Tre av disse er livssyklus-analyser og to omhandler bildekk. De tre livssyklusanalysen er gjennomført for veisektoren i Norge, Sverige og Finland. Disse er valgt for å se på hvilken kunnskap man har dratt tidligere ved å gjennomføre slike analyser.

De to rapportene som tar for seg bildekk som materiale, tar for seg konstruksjons- og miljøgeotekniske egenskapene til dekk-klipp. Grunnen til at disse er utvalg, er for å øke kunnskapene om dekk-klipp, og for å se om det overhode egner seg til bruk i støyvoller.

3.1.1 "Livscykelanalys av väg. En modellstudie för inventering." av Håkan Stripple [7]

Denne rapporten er skrevet på oppdrag for det svenske Vägverket, og analyserer hele livssyklusen til en vei. Studien tar for seg råvareuttak, produksjon av byggematerialer, byggeprosess, drift, vedlikehold og avhending. Rapporten har ikke tatt for seg trafikken på veien under dens levetid i stor grad, bare med en røff tilnærming slik at man kunne se hvordan energiforbruket ville være pga. trafikken.

Analysen har tatt for seg tre ulike dekketyper; varmblandet asfalt, kaldblandet asfalt og dekke av betong. I forbindelse med lastebiltransporten er det også vurdert to ulike typer motoralternativer; en lavemisjons dieselmotor og en konvensjonell dieselmotor.

Funksjonell enhet for analysen er "1 km veistrekning og levetid på 40 år."

Rapporten tar for seg en studie av et veisystem der livsløpsvurderinger er satt i fokus. Studien kartlegger utslipp og miljøbelastninger for delprosessene som inngår gjennom hele livsløpet. Resultatene av denne kartleggingen fører til en sammenligning av de tre ulike dekketyper. Metodikken som er brukt i denne analysen er basert på den standarden som SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) har utviklet.

Resultatene fra analysen viser at den totale energibruken til byggingen, drift og vedlikehold er minst for asfaltalternativene. Mesteparten av dette skyldes drift av veien, og ut av dette er mesteparten elektrisk energi til belysning og trafikklys.

Når det gjelder miljøskadelige utslipp er det alternativene med asfaltdekke som kommer best ut. Analysen tar for seg utslipp som NO_x, SO₂ og CO₂. For disse er det materialfremstillingen og byggingen av veien som bidrar med størst utslipp.

Studien viser også at energibruken til produksjon, bygging, drift og vedlikehold bare utgjør 10-12 % av energibruken sett i forhold til trafikken over en tidsperiode på 40 år.

3.1.2 "Life cycle assessment of road construction" av Ulla-Maija Mroueh med flere. Finnra Reports 71/2000 [6]

Denne rapporten tar for seg livsløpsanalyse av veikonstruksjoner. Det blir sammenlignet flere typer konstruksjoner og materialvalg. Målet for rapporten er å få en klar og funksjonell prosedyre for en livsløpsanalyse for veikonstruksjoner, og for å sammenligne alternative løsninger.

Den funksjonelle enheten for denne analysen er: 1 km lang veistrekning med en gitt oppbygning og levetid 50 år. Etter endt levetid regnet man med at veien fortsatt ville bli liggende.

Datakvaliteten til analysen er noe redusert. Det har vært vanskelig å få all nødvendig informasjon, og det er blitt gjort mange antagelser og mye bruk av erfaringstall.

Analysen tar for seg alle arbeidsfasene i bygging av vei, samt de materialene som er vanlig å bruke innenfor et slikt byggeprosjekt. Analysen tar for seg bruk av naturressurser og andre ressurser, energi og bensinforbruk, utslipp av tungmetaller til naturen, utslipp av NOx og CO₂.

Resultatet av analysen viser at det er produksjon og transport av materialer brukt i vei-konstruksjonen som bidrar til de største utslippene til naturen, mens produksjon av bitumen og sement, knusing av materialer og transport av materialer er det mest energikrevende for en slik konstruksjon

3.1.3 "Miljø- og kostnadmessig sammenligning av gjenbruk og konvensjonell dekkelegging" av Christian Becker [3]

Denne rapporten er en hovedoppgave fra 1998 ved Institutt for Veg- og jernbanebygging ved NTNU. Hovedoppgaven er delt inn i fire deler.

Del 1.

Del 1 tar for seg historien og tradisjonene for livsløpsanalyser. Det er i denne delen gitt en grundig beskrivelse av LCA-metodikken og det er gjort en beskrivelse av dataverktøyet SimaPro som blir brukt seinere i oppgaven.

Del 2.

Her er det ved hjelp av LCA-metodikken gjort en miljømessig sammenligning av gjenbruk (gjenbruksasfalt) og konvensjonell dekkelegging (MA 16) av asfalt.

Funksjonell enhet for oppgaven er: Produksjon og legging av asfalt til 1 km veg, med veibredde på 5 meter, over en periode på 40 år. Levetiden for de ulike asfalttypene vil påvirke antall dekkelegginger. Når det gjelder energiforbruket har analysen kun tatt for seg produksjon og utlegging. Trafikk, drift og vedlikehold er ikke tatt med.

Resultatene fra analysen viser at energiforbruket forbundet med produksjon og legging av gjenbruksasfalt er lavere enn for MA 16. Av de miljøbelastningene som oppstår ved produksjon og legging, er det forsuring av jord og vann som gir de største konsekvensene for begge materialtypene, der MA 16 hadde noe høyere verdier. Årsaken til at det er forsuringen som er den mest dominerende miljøpåvirkningen, er forskjellig for asfalttypene. For gjenbruksasfalt er det transport som bidrar til høy forsureningsgrad mens for MA16 er det produksjon i trommelblanderet.

Ut i fra vektingsmetoden Eco-indikator 95 kommer man frem til at miljøbelastningen fra produksjon og legging av MA16 er 1,5 ganger så stor som for produksjon og legging av gjenbruksasfalt.

Del 3.

For å sammenligne kostnadene for de to dekkealternativene, er det gjort en kostnadsanalyse. Resultatene her viser at det er klart billigere å legge gjenbruksasfalt kontra konvensjonelt dekke. Hyppigheten av dekkelegging spiller en viktig rolle. En følsomhetsanalyse bekrefter at gjenbruksasfalten er økonomisk lønnsom så lenge levetiden på gjenbruksasfalten er over 7 år.

Del 4.

Til slutt er det gjort en vurdering om LCA-metodikken egner seg til bruk i veisektoren. Konklusjonen er at en slik analyse egner seg godt til å dokumentere de kjemisk relaterte miljøkonsekvensene av veibygging, men at dette betinger at det finnes gode og dokumenterte data på hva som skjer gjennom hele veiens livsløp. Ettersom LCA-metodikken ikke tar for seg elementer som dyreliv, estetikk, naturmiljø og landskap, vil den ikke egne seg til å gjøre en helhetsvurdering av miljøkonsekvenser forbundet med veibygging. LCA er et godt hjelpemiddel.

3.1.4 "Laboratorieprovning av gummiklipps miljøgeotekniske egenskaper" av Bo Westerberg og Josef Mácsik [1]

Rapporten tar for seg de tekniske og de miljøgeotekniske egenskapene til gummiklipp. Man har gjennom laboratorietester bestemt de tekniske egenskapene som; egendeformasjon, densitet, permeabilitet og friksjonsvinkel.

De miljøtekniske egenskapene som er blitt kontrollert er; innhold og lekkbarhet av metaller, svovel og polyaromatiske hydrokarboner (PAH).

Testene er blitt utført for gummiklipp med størrelsen 50x50 mm².

Resultat fra rapporten:

1. Tekniske egenskaper

- Egendeformasjon (kompresjon): Det skjer en større egendeformasjon ved førstegangspålastning enn ved andregangspålastning. Dette tyder på at en del av deformasjonen gjenstår etter avlastning, sannsynligvis fordi gummiklippen ved førstefangsbelastning kiles ned mellom hverandre. Det er stor egendeformasjon ved belastning og den er økende ved økende belastning.
- Densitet: Verdiene variere fra 440 kg/m³ ved løs lagring til 990 kg/m³ ved veldig høy belastning. Gjennom å vibrer/riste gummiklippen oppnår man en vesentlig økning i pakningsgrad.
- Permeabilitet: Den vertikale permeabiliteten er varierende mellom 3-8 cm/s, Dette er en høy permeabilitet som innebærer en veldig god dreneringseffekt hos gummiklipp.
- Friksjonsvinkel: Man fikk ikke utført egne prøver av dette da det viste seg at apparatet ikke var brukbart til dette. Dermed forholder man seg til data man har kommet frem til fra forsøk i Finland [28] og USA [29].

Brudgrensetilstand: $c'(\text{kohesjonsintercept}) = 0$

ϕ' (friksjonsvinkel) = 25-28°

Bruksgrensetilstand: $c' = 4-8 \text{ kPa}$

$\phi' = 19-25^\circ$

2. Miljøtekniske egenskaper:

- Utlekking av PAH fra prøvene var ca 11 µg/l ved lekkning av destillert vann. Av dette var 0,03 µg/l kreftfremkallende PAH, noe som er nær, men under grensen man har satt for kreftfremkallende PAH i drikkevann i Sverige.
- Laboratorieforsøkene viste at gummiklippen hadde en høy utlekking av sink (Zn) når dekk-klippen ble utsatt for vanngjennomstrømning. Sink kan påvirke vannlevende organismer og kan forårsake uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet

3. Konklusjon og anbefalinger:

- Miljø: I veikonstruksjoner kommer materialet til å være helt eller delvis innpakket, hvilket forhindrer vanntransport og dermed utlekking. Også ved å legge materialet over grunnvannshøyde kan man forhindre utlekking.
- Teknisk: Gummiklipp egner seg godt til bruk i veikonstruksjoner. Særlig egner gummiklipp seg godt til telesikring. Friksjonsvinkelen er lavere hos gummiklipp enn hos sand, grus og pukk. Ettersom materialet har høy egendeformasjon må man ta hensyn til dette ved planlegging av prosjekter. Man bør også ta hensyn til stabilitetsproblemer ved randsoner.
- Geoteknisk: Materialet har god dreneringsevne og egner seg godt til for eksempel bunn i et askedeponi.

3.1.5 "Däckklipp som konstruktionsmaterial" av Hans Huhmarkangans og Fredrik Lindell [2].

Denne diplomoppgaven er utført av to studenter ved universitetet i Luleå i Sverige. Oppgaven tar for seg undersøkelse og identifisering av miljøgeotekniske egenskaper hos dekk-klipp, samt et litteraturstudie om materialet. Det også sett på om dekk-klipp egner seg som drenerende lag i bunnkonstruksjonen i et askedeponi.

Studentene har brukt rapporten til Westerberg og Mácsik "Laboratorieprovning av gummiklipps miljøgeotekniske egenskaper" sammen med rapporter fra Finland, USA og Canada til å fastsette de tekniske egenskapene. Siden førstnevnte rapport allerede er beskrevet vil ikke resultat bli gjentatt her.

Sammendrag av dekkgjenvinning fra noen utvalgte land.

Sverige: Regjeringen har bestemt seg for at utgåtte dekk skal gjenvinnes. Gjenvinningen er i stor grad materialgjenvinning og energigjenvinning.

USA: Allerede på 60-tallet begynte amerikanerne å gjenvinne bildekk i veianlegg ved at de blandet gummigranulat i asfaltdekk. I dag er det et krav på at minst 20 % av alle asfaltdekker skal inneholde gjenvunnet gummi fra kasserte dekk. På begynnelsen av 90-tallet startet man å benytte oppklippede bildekk som blant annet lette fyllmasser i vei, i støyvoller, overdekking av deponier, motfyll mot vegger. Det er gjort flere laboratorieforsøk med dekk som materiale og det er også gjort biologiske forsøk for å se om avrenning fra dekk kan skade for eksempel fisker og organismer i vann. Det har pågått prosjekter i over 32 år og ingen skadelige effekter er så langt rapportert. Forsøk gjort i USA viser at utlekkingen av metaller er liten og at den avtar med tid for de fleste metallene. Derimot viser det seg at jern og mangan overkrider de amerikanske krav for drikkevann og mengdene øker over tid.

Canada: Forskingen som er gjort i Canada har fokusert på miljø. Det er utført flere laboratorieforsøk for å studere dekk-klippens avrenningsegenskaper og man har konkludert med at det er lave verdier av miljøskadelige stoffer som finnes i avrenningsvann fra dekkene.

Finland: I Finland har gjenvinning av dekk pågått i en lenger periode. I 1999 gikk ingen dekk på deponi, og av det som ble levert inn av dekk gikk mesteparten til materialgjenvinning. Det finnes i Finland flere feltprosjekter, og disse blir jevnlig fulgt opp og kontrollert. Det er særlig avrenningsvannet som blir tatt kontrollert av. Finland har også flere anlegg som ikke tas kontrollert av.

Forsøk viser at innhold av jern og kobber øker over tid, mens innhold av mangan og sink minker. I et forsøk, med varighet på en måned, ble det notert at innhold av PAH økte mens forsøket pågikk.

Miljøparameteren har stått sterkt i fokus i de svenske og finske studiene. Ut i fra rapporten til Westerberg og Mácsik har man funnet at dekk inneholder kobber (Cu), sink (Zn), jern (Fe) og mangan (Mn). Alle verdiene av disse ligger under Naturvårdsverket krav for ømtålig markbruk. Dekkmaterialenes innhold av kreftfremkallende PAH (polyaromatiske hydrokarboner) og øvrig PAH er høyere enn kravene for ømtålig markbruk men lavere enn verdiene som er satt for mindre ømtålig markbruk.

Konklusjon: Ut i fra de laboratorietestene og feltforsøkene som er utført, er det ingen ting som antyder at bruk av dekk-klipp over grunnvannstand vil påvirke miljøet rundt negativt. Det er også konkludert med at dekk har gode geotekniske egenskaper og at dette materialet egner seg til bruk som drenerende lag i bunnkonstruksjonen i et aksedeponi.

4 LCA- metodikken

Kapittel 3 vil ta for seg LCA-metodikken og gi en beskrivelse av hvordan man gjør en livs-syklusanalyse. Utgangspunktet for kapitlet er oppbygningen i ISO 14040², ”Miljøstyring. Livsløpsvurderinger. Prinsipper og rammeverk”.

ISO 14000 serien inkluderer standarden 14001 ”Environmental Management Systems” og likeså en serie relatert til LCA (14040-serien)[5]. Aktivitetene knyttet til disse standardene startet i 1994 og har som mål å utvikle en komplett serie av LCA-standarder. Slik standarden foreligger i dag tar den for seg de tekniske så vel som de organisatoriske aspektene av en LCA.

4.1 Definisjon

Livs-løpsanalyse, LCA, er en metode for å undersøke miljøaspektene og de potensielle miljøpåvirkningene gjennom et produkt-, prosess- eller en aktivitets livsløp, det vil si fra vugge til grav.

Undersøkelsen gjøres ved å identifisere og kvantifisere energi og materialbruk, samt utslippene til omgivelsene. Man vurderer viktigheten av dette for så å se på mulighetene til og gjøre miljømessige forbedringer.

Analysen tar for seg utvinning av råvarer, produksjon, transport, distribusjon, bruk, gjenbruk, vedlikehold, resirkulering og avfallsbehandling. Kategorier for miljøpåvirkninger som ofte brukes er ressursbruk, menneskers helse og økologiske konsekvenser.

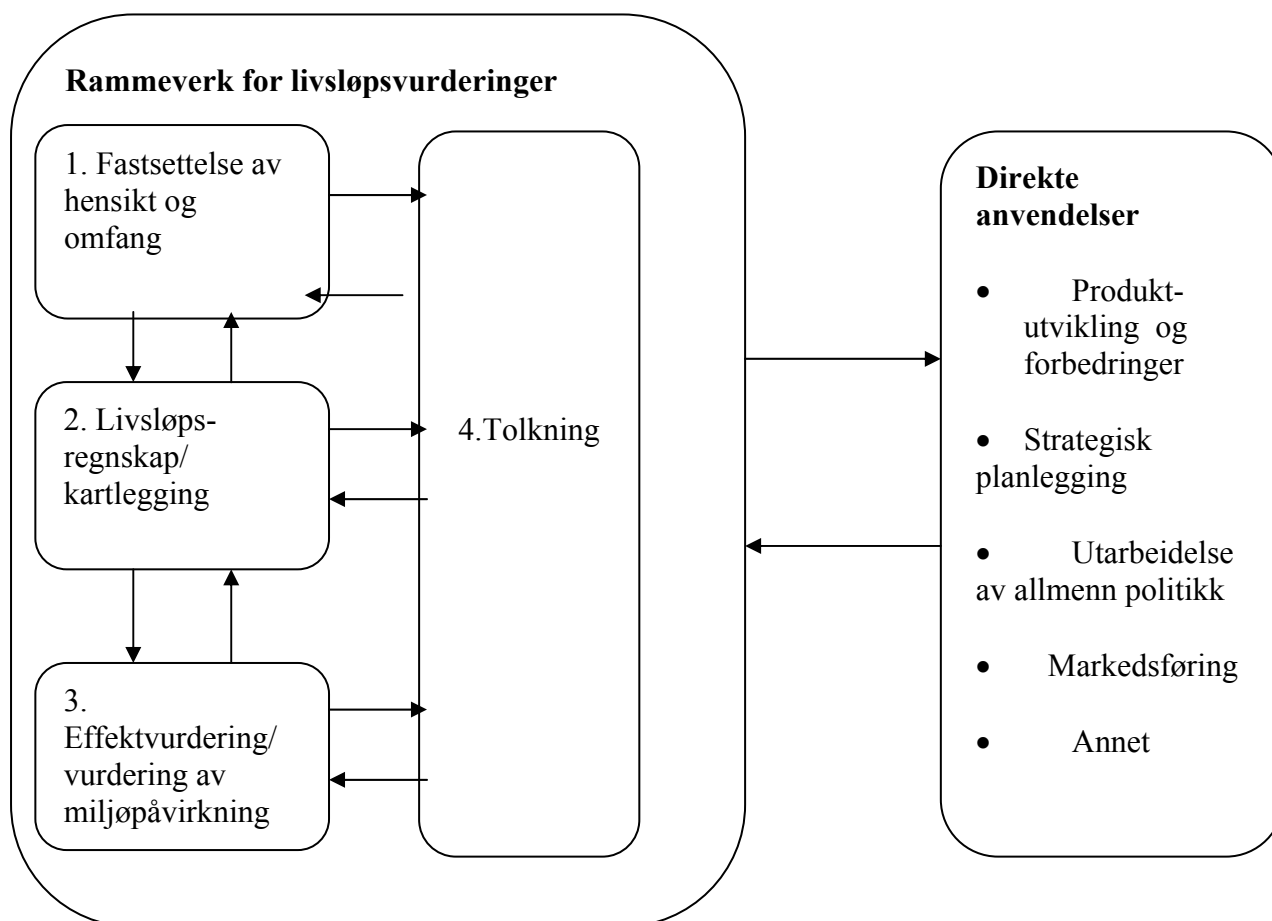
LCA-metodikken består av totalt fire trinn i henhold til ISO-standard 14040 [5]. Figur 2 viser forholdene til de ulike fasene og sier litt om hvordan en LCA kan brukes.

1. Fastsettelse av hensikt og omfang/ målformulering (Goal and Scope)
2. Livsløpsregnskap/Kartlegging (Inventory)
3. Effektvurdering/Vurdering av miljøpåvirkninger (Impact assessment)
4. Tolkning (Interpretation)

Vurderingen av miljøpåvirkningene kan i sin tur deles i tre deltrinn:

- 3.1 Klassifisering av miljø- og ressursbelastninger i påvirkningskategori (Classification)
- 3.2 Kvantifisering av miljø- og ressursbelastninger innenfor hver kategori (Characterization)
- 3.3 Vekting av ulike miljø- og ressurspåvirkninger (Valuation)

² ISO, the International Organization of Standardization, er en verdensomspennende privat organisasjon som inkluderer nasjonale enheter fra både industriland og utviklingsland. Organisasjonen standardiserer et stort utvalg av produkter og aktiviteter[30].



Figur 2; Fasene i en livsløpsanalyse

4.2 Fastsettelse av hensikt og omfang

Målformuleringen og fokusering av oppgaven er en av de viktigste delene av en livsløpsanalyse. Det er denne fasen som styrer valg av systemgrenser og metodikk.

Følgende hovedelementer inngår i målformuleringen:

- 3.2.1. Formål (hensikt og omfang) med studien.
- 3.2.2. Valg av funksjonell enhet
- 3.2.3. Systemgrenser og avgrensninger
- 3.2.4. Krav til datakvalitet
- 3.2.5. Planlegging og organisering - bruk av ekstern granskning.

4.2.1 Formål med studien

Studiens formål (goal) skal entydig angi den påtenkte anvendelsen, årsakene for å gjennomføre studien og hvem studien skal gjøres for. Man skal også i hensikten angi hva studiens resultat skal brukes til. Eksempler på hensikt med en livsløpsanalyse kan være:

- Å sammenligne to eller flere forskjellige produkt som har samme funksjon, med hensikt å informere markedet om produktene, eller regulere bruken av det.
- Å identifisere forbedringsmuligheter i produksjonsprosessen og øke kunnskapen om egne produktsystemer.
- Miljøstrategiske evalueringer.
- Beslutningsgrad for produktforbedringer og utvikling av nye produkter.

Hvor analysen skal brukes har stor betydning for valg av metodikk og framgangsmåte. Intern bruk i en bedrift eller ekstern bruk i kommunikasjon mot andre bedrifter, marked eller myndigheter er eksempler på bruk av en LCA.

Når omfanget (scope) av en LCA fastsettes, er det flere elementer som må tas hensyn til og disse må beskrives klart:

- Produktsystemets funksjoner, eller når man skal se på en miljøpåstand som angår et produkts fortrinn eller likhet i forhold til et konkurrerende produkt som tjener den samme funksjon, se da på systemenes funksjoner.
- Den funksjonelle enhet.
- Produktsystemet som skal undersøkes.
- Produktets systemgrenser.
- Prosedyrer for allokering.
- Påvirkningstyper og metoden for effektvurderinger og påfølgende tolkning som skal anvendes.
- Krav til data.
- Forutsetninger.
- Begrensninger.
- De innledende kravene til datakvalitet.
- Typen av kritisk gjennomgåelse, om noen.
- Typen og formatet for rapport som kreves fra undersøkelsen.

Noen av disse punktene vil bli beskrevet under.

4.2.2 Funksjonell enhet

Den funksjonelle enheten er et relevant og presist definert mål for den funksjonen systemet leverer. Den skal helst ikke gi rom for subjektive fortolkninger, og bør representere nytteverdier systemet skal ha. Et system kan godt ha flere mulige funksjoner, men da må den funksjonelle enheten gjenspeile den eller de funksjonene som det ble bestemt å undersøke da hensikten for undersøkelsen ble satt opp. Alle inn-og utgangsfaktorer skal relateres til den funksjonelle enheten. Ved sammenligning av to systemer, må den funksjonelle enheten være lik for begge studiene. Den funksjonelle enheten skal inneholde både kvalitativ og kvantitativ beskrivelser av systemet.

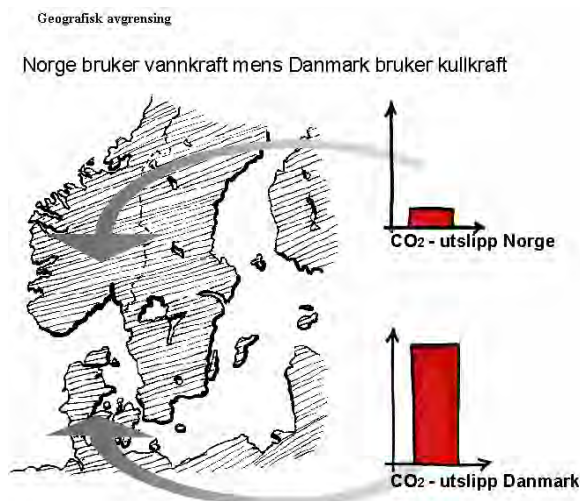
Eksempel på funksjonell enhet kan være: Produksjon, bygging og vedlikehold av 10 meter støyvoll med støykrav 55dB utendørs og 35dB innendørs. Levetid i 50 år.

4.2.3 Systemgrenser

Systemgrensene bestemmer hvilke prosesser/operasjoner og inn-og utgangsfaktorer som skal være med i analysen. Hvor man setter grensene avhenger av hensikten og omfanget med studien. Også forutsetninger, kriterier for avslutning, data- og kostnadsberegninger og den påtenkte målgruppen vil spille inn for systemgrensene. Kriteriene som brukes for å etablere systemgrensene skal fastsettes og begrunnes i omfanget av studien. Hvordan man definerer systemgrensene er en subjektiv operasjon og eksempler på avgrensinger er:

- *Avgrensing mot andre systemer*, som for eksempel mellom teknologisystemer. Livssyklusen begynner med ervervelsen av råvarer og energibærere og slutter når varme eller avfall i væske, fast eller gassform går over til vann, fast legeme eller til luft. Om man skal ta med deponier i en slik systemgrense er et spørsmål om tidsperspektiv.

- *Avgrensning mot naturlige systemer.*
Her er det ofte vanskelig å skille ut hvilke biologiske prosesser som skal inngå i et teknisk system, og hvordan dette skal modelleres. Eksempel her er melkeproduksjon, der grensene mellom ku og gress som teknisk og naturlig system kan være vanskelig å sette.
- *Avgrensning i forhold til hva som utelates fra kartlegging* som deler av livsløp, materialer som utgjør liten masseandel (cut-off criteria), infrastruktur og kapitalvare.
- *Avgrensning i tid* er viktig blant annet i forhold til krav til datakvalitet, levetid for systemer, definisjon av avfall og for varighet av miljøpåvirkninger. Nedbrytning for avfall er en svært viktig forutsetning for utslippsprofil. Dess lengre tidshorisont, dess mer omdannet blir for eksempel plastmateriale.
- *Avgrensning geografisk* er viktig dersom deler av produktet kommer fra forskjellige deler av verden. Ut i fra geografien er det også lettere å se hvordan type energi som har blitt brukt i produksjon og hvordan man behandler avfall der, se illustrasjon i figur 3. Geografien vil også ha innvirkning på transportavstander som ofte spiller en viktig rolle i en LCA-studie.



Figur 3; Geografisk avgrensning.

4.2.4 Krav til datakvalitet

Det å skaffe data er et vanskelig, tidskrevende og omfattende arbeid. Krav til datakvalitet angir i generell betydning dataegenskapene som er nødvendige for undersøkelsen. Disse kravene fastsettes slik at det er mulig å tilfredsstillende LCA-studiens hensikt og omfang.

Ettersom innhenting av data er en krevende jobb er det viktig å ha det klart for seg hvilke data man må ha for å lage en tilfredsstillende analyse. Systemgrensene spiller en viktig rolle for hvilke data man skal ha med i analysen og datakvaliteten avhenger av intensjonene til studien.

I teorien skal alle faktorer og prosesser tas med i en livsløpsanalyse men dette vil aldri være mulig å gjennomføre. Det er allikevel noen punkter som er viktig å ta med i kravene til datakvalitet, og disse er:

- Tidsrelatert, geografisk og teknologisk dekning
- Dataenes nøyaktighet, fullstendighet og hvor representative de er
- Samsvar og reproduserbarhet til metoden som benyttes for LCA
- Datakildene og hvor representative de er

4.2.5 Planlegging og organisering - bruk av ekstern granskning.

Det er viktig å være klar over at en livsløpsanalyse kan være et tidskrevende arbeid. Særlig dersom kravene til datakvalitet er strenge og produktet eller prosessen som analyseres er kompleks.

For å sikre troverdighet for analysen, kan man gjennomføre en *kritisk gjennomgåelse*³ av studien. Studiens omfang bestemmer om dette er nødvendig og i tilfelle, hvordan den skal utføres. Dersom man skal legge studien frem for allmennheten bør det ha blitt utført en kritisk gjennomgåelse. Gjennomgåelsen av analysen kan gjøres av intern eller ekstern ekspertise som er kjent med krav til en slik analyse. Personen eller personene må ha den nødvendige vitenskapelige og tekniske kunnskapen. Kommentarene fra en eventuell granskning skal inkluderes i LCA-rapporten.

4.3 Kartlegging

Kartleggingen er den mest tidskrevende delen av studien. Det er i denne fasen man gjør datainnhentingen av inngang- og utgangsfaktorene (input og output) gjennom produktets livsløp. Disse inn- og utgangsfaktorene kan omfatte bruken av ressurser og utslipp til luft, vann og jord som er forbundet med systemet. Innsamlet data setter man ofte i et flytskjema slik at man kan få en bedre visuell oversikt og lettere kan oppdage ledd i prosessen som er glemt/oversett. I kartleggingsfasen må man gi en god beskrivelse av de prosessene som skal analyseres. Deretter må man vise hvilke systemgrenser som er satt for analysen, og når dette er gjort kan man ta fatt på datainnsamlingen.

Det er viktig å samle inn all relevant data og være kritisk ovenfor kildene. Troverdige kilder øker kvaliteten på studien. Her må man gå tilbake til målformuleringen for å se hvilke krav man satte til datakvalitet og oppfylle disse.

4.3.1 Datainnsamling

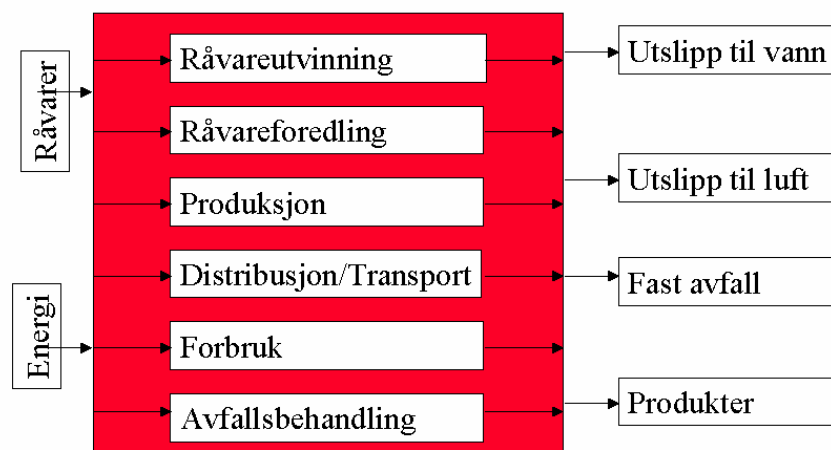
Kartleggingsfasen tar for seg datainnsamling og behandling av disse dataene. Man vil i en slik forbindelse komme med spørsmål om hvilke data som trengs og hvilke data man skal bruke. Man kan skille mellom spesifikke og gjennomsnittlige data. Det vil si henholdsvis data fra spesifikke firma, områder eller land og data fra mer generelle kilder som for eksempel handelsorganisasjoner og andre offentlige kilder. Der man kan få tak i spesifikke data bør dette benyttes. Disse gir som regel mer nøyaktige verdier, men man må samtidig være klar over at man sjelden kan bruke slike data hele veien i en LCA-studie.

Spesifikke og gjennomsnittlige data kan igjen deles inn i kvantitative og kvalitative data. De kvantitative dataene er viktig dersom man skal sammenligne prosesser eller materialer. Dataene må hentes inn for hver eneste prosess eller for hvert materiale. Det er viktig at man har samme enheten på dataene, for eksempel tonn for materialstrømmer og MJ for energistrømmer. Det vil da være enklere å sammenligne og bearbeide bidragene i neste fase av analysen.

Som nevnt er datainnsamlingen en krevende prosess, så det er viktig at man setter av god tid og at man er klar over at dette er en iterativ prosess. Jo mer data man finner, jo mer vil man finne ut at man trenger å kartlegge for å nå studiens mål og hensikt. Figur 4 viser eksempel på hvilke inn -og utgående strømmer som finnes i en produksjonsprosess for et produkt.

³ Kritisk gjennomgåelse er en teknikk for å bekrefte om en LCA-undersøkelse har tilfredstilt kravene som ISO 14040 stiller vedrørende metodikk, data og rapportering.

Kartlegging av alle inn- og utgående masse- og energistrømmer for systemet



Figur 4 ; Kartlegging av alle inn- og utgående strømmer i et produktsystem.

4.3.2 Justering av systemgrensene

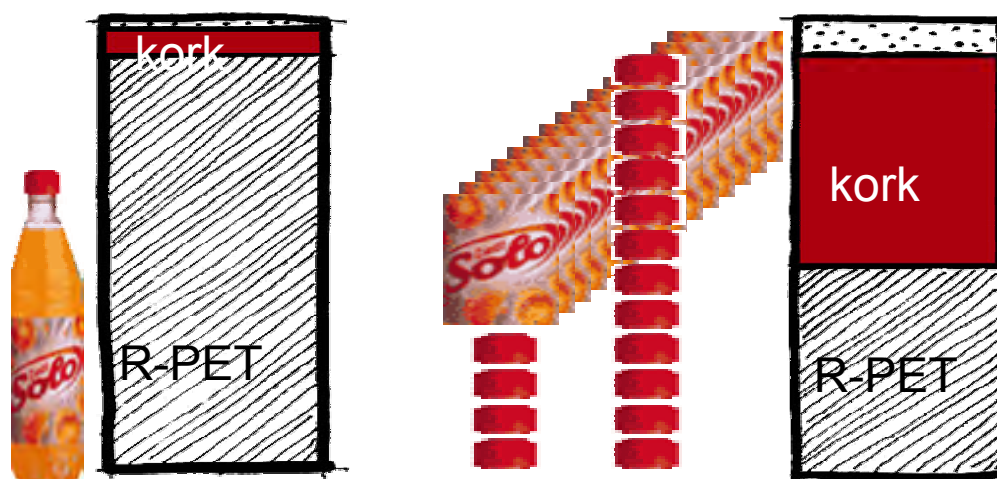
Systemgrensene fastsettes når man definerer mål og omfang, men etter hvert som man innhenter data må man kanskje endre disse grensene. Grunnen kan være at man kutter ut faser i livssyklusen til produktet eller tjenesten, eller at man ekskluderer sub-systemer.

Ved bruk av følsomhetsanalyser vil man få svar på om det å ekskludere eller inkludere nye strømmer i forbindelse med endrede systemgrenser, vil være av avgjørende betydning. Resultatet av en slik analyse skal dokumenteres og inkluderes i rapporten.

I forbindelse med nye grenser for systemet kommer man inn på ”*cut-off kriterier*”. Disse kriteriene sier noe om hva som kan utelates fra analysen. Det finnes ingen fastsatte regler for hva som kan være med og hva som kan tas ut av en analyse.

Det må begrunnes hvorfor man eventuelt utelater enkelte deler av livssyklusen. Man kan gjøre to tilnærminger for ”*cut-off*”. Den første er å definere en fast prosent for hva som inkluderes på hvert trinn i livssyklusen, for eksempel inkluderes materialer som bidrar med mer enn 2 %, resten kuttet ut. Den andre tilnærmingen er å definere en fast prosent for hva som skal være med, for eksempel 95 % av alle materialene og prosessene. Det er viktig at man ikke kutter materialet ned i for få elementer, da det kan gi utslag på resultatet av analysen.

Eksempelvis her kan nevnes en PET-flaske (PET er polyester, plast flaskene lages av) med kork. Kork har liten betydning dersom man bare ser engangsbruk av en flaske. Dersom man ser på at flasken blir brukt flere ganger (retur PET) av (returneres, vaskes og fylles på nytt med væske), vil korken ha stor betydning ettersom den er ny for hver gang flasken går til forbruker. Også etiketten (illustrert med prikker i figuren) vil gi et større bidrag for returflasker da også denne er ny for hver flaske. Se figur 5.



Figur 5: Livsløp for en PET-flaske.

4.3.3 Beregningsprosedyre

Det er i dag ingen formelle regler for beregningsprosedyren, bortsett fra hvordan man skal ta hensyn til allokering (som vil bli nærmere forklart i 3.3.5). Det finnes flere dataverktøy på markedet som letter beregningsprosedyren betraktelig, som for eksempel Excel og SimaPro.

SimaPro er et spesifikt LCA-verktøy. Det er et databaseverktøy for å analysere de miljømessige belastningene fra et produkt gjennom hele dets livsløp. Databasen har store mengder med informasjon om miljø og miljøbelastninger. Belastninger i forbindelse med materialebruk, transport, energi og annet ligger i denne databasen

Beregningene generelt utføres ved at man samler de kvalitative og kvantitative dataene inn i hver enhetsprosess som ligger innenfor systemgrensene, og til slutt samles dataene i regnskapet.

4.3.4 Datakvalitet

En LCA krever store mengder data. Manglende tilgang på data, kan føre til at analysen trekker feil konklusjoner. Ved beregningsmetodene er det et stort antall tall som behandles og en tastefeil inn i regnskapet kan føre til at analysen blir gjort på feil grunnlag.

Vurdering av datakvalitet er en viktig del ved rapportering av enhver LCA. I dag finnes det ingen generell klar metode for hvordan dette skal gjøres, men i "Nordic Guidelines on Life-cycle Assessment"[26] er følgende metode anbefalt:

- Gi informasjon om hvilke datakilder som er brukt.
- Gi en kvalitativ vurdering av datakvalitet eller estimert kvalitet.

Usikkerhet i kvaliteten av analysen ligger i:

- Manglede data eller begrensede data
- Dataene er ikke representative
- Systematiske feil ved innsamling av data
- Manglende kompetanse i dataanalyse.

4.3.5 Allokering

Allokering betyr fordeling. I denne prosessen fordeler man miljøbelastninger mellom ulike systemer/produkter som blir laget i en prosess eller man fordeler der man har en transport av flere produkter. En slik fordeling av miljøbelastninger kan gjøres på grunnlag av masse, økonomi og fysiske sammenhenger. Allokering kan være nødvendig når vi har med disse systemene å gjøre:

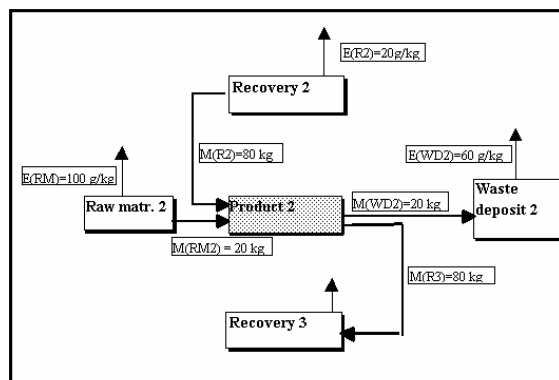
- ”Multi-output”, flere produkter produseres samtidig, og miljøbelastningene i form av råvareforbruk og utslipp skal fordeles mellom de ulike produktene.
- ”Multi-input”, flere produkter er involvert og utslippene må fordeles (allokeres) mellom de ulike produktene, for eksempel avfallsforbrenning.
- ”Open-loop-recycling”, dersom et produkt eller et materiale resirkuleres og brukes til å produsere et nytt produkt må man allokere miljøbelastningene mellom den opprinnelige produksjonen og det sekundære produktet. I følge Ekvall og Tillman [12] er kaskadenivå det mest relevante systemnivå som man bør bruke ved en ”Open-loop-recycling”. Kaskadenivå vil si at man tar med alle strømmene til et produkt, fra jomfruelig materiale til avfall. Ved å inkludere alle strømmene i prosessen vil man få et riktigere resultat på analysen. De mener det er fullt mulig å finne en god allokering metode, slik at belastningene blir fordelt riktig i prosessen.

Med base i de tre prinsippene over er det tre ulike metoder for fordeling av miljøbelastninger:

- Unngå allokering gjennom å splitte prosessene i ulike delprosesser, ut fra hvordan de ulike prosesstrinnene utnyttes.
- Unngå allokering ved å bruke systemutvidelse, dvs. å inkludere to eller flere produkter i analysen.
- Allokere på basis av input/output strømmer (økonomi, vekt, volum, energiinnhold).

Lindfors et al. [26] har foreslått at allokering skal baseres på følgende prinsipper:

- *Naturlige årsaker*: Dette prinsippet går ut på at man så langt som mulig søker de fysiske og kjemiske årsakene til miljøbelastningen, og fordeler i henhold til disse.
- *Økonomiske/ sosiale årsaker*: Man skal fordele miljøbelastningene ut i fra hva som er årsaken til at man driver en prosess (for eksempel tjene penger). Denne metoden er ofte anbefalt blant annet som følge av at ulike produkter måles i forskjellige enheter.
- *Fysikalske faktorer*: Her ser man på masse, energiinnhold, volum og lignende. Figur 6 viser et eksempel på 50/50 % allokering som ofte gjøres dersom man har en ”open-loop-recycling”. 50/50 %-metoden vil si å allokere 50% av belastningen fra utvinning/ fremstilling av råvarer til produktsystemer der denne prosessen foregår, mens de resterende 50% allokeres til det produktsystemet som ikke lar materialet gå videre til gjenbruk eller gjenvinning.



Figur 6; 50/50% regelen ved allokering

En annen metode som ofte brukes i forbindelse med ”open-loop-recycling”, er ”cut-off”-metoden. Denne metoden innebærer at miljøbelastningene fra produksjonen av råvare allokeres i sin helhet til det primære produktsystemet. Miljøbelastningene som kommer fra gjenvinningsprosessen, tilfaller neste generasjoners produktsystem. Miljøbelastninger fra avfall som ikke gjenbrukes, belastes det produktsystemet som det er produsert i.

4.4 Effektvurdering

Effektvurderingen, eller belastingsvurderingen, er det tredje trinnet i en LCA. Målet i denne fasen er å analysere og kvantifisere miljøeffektene av de miljøpåvirkningene som identifiseres i analysen. Man deler effektvurderingen inn i tre deler:

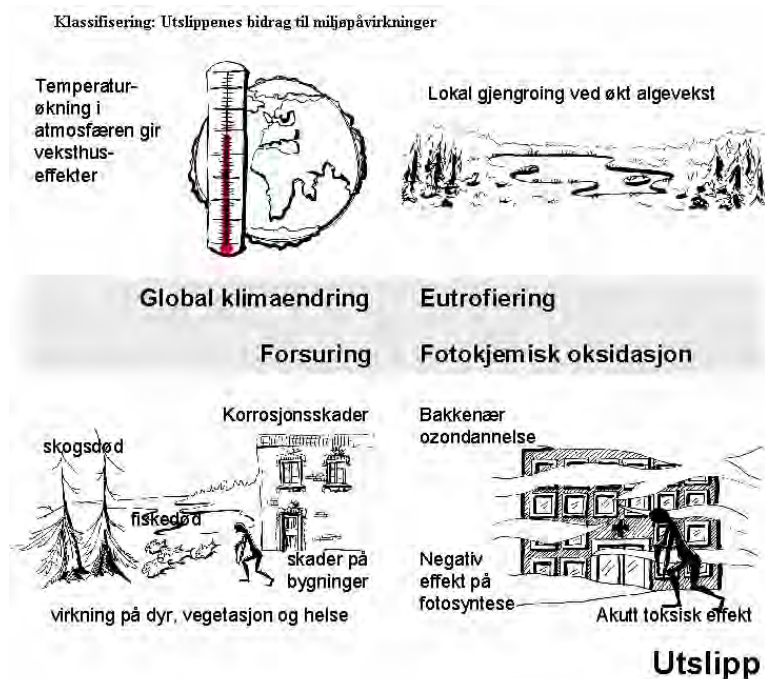
- 3.4.1. Klassifisering
- 3.4.2. Karakterisering
- 3.4.3. Vekting

4.4.1 Klassifisering

I klassifiseringen blir alle miljøpåkjenningene som produktet eller prosessen medfører, klassifisert til hvilken *type* miljøproblem de vil forårsake, en såkalt belastningskategori. Klassifiseringen baseres på vitenskapelige analyser av de relevante miljøprosessene, og det er et *kvalitativt* trinn i LCA-studien. De belastningskategoriene som ofte er brukt er:

- Ressursforbruk (materialer, vann, arealer, ikke-fornybar energi)
- Helsepåvirkninger (toksiske effekter, arbeidsmiljø, psykosomatiske effekter)
- Miljøpåvirkninger (global klimaendring, forsurening, eutrofiering, fotokjemisk oksidasjon, ozonnedbrytning, økotoksiske effekter biologisk diversitet)
- Andre påvirkninger (andre inngående/utgående strømmer)

Figur 7 illustrerer de fire belastningskategoriene som er mest vanlig å bruke ved en LCA.



Figur 7; Miljøpåvirkningene som angriper mennesker og natur.

4.4.2 Karakterisering

Karakterisering er i hovedsak et *kvantitativt* trinn som er basert på vitenskapelig analyser av de relevante miljøprosessene. I dette trinnet blir bidragene fra hver input og output anslått, og man beregner bidrag fra ulike typer miljøbelastninger til påvirkning. Altså *hvor stort* bidraget er fra ulike miljøpåkjenninger, til respektive belastningskategorier, er beskrevet over i klassifiseringen.

Noen viktige punkter ved karakteriseringen:

- Vurderer ikke faktiske effekter (målbare), kun potensielle påvirkninger.
- Forutsetter ingen bufferkapasitet i naturen, hvilket innebærer en tilnærming mot ”føre-var” prinsippet.
- Tar ikke hensyn til lokale forhold, dvs. spesielt i forhold til forskjeller i naturens tålegrense.
- Forutsetter god kunnskap om ”dose- respons” sammenhenger.
- Mangler kunnskap i dag i forhold til helhetsvurdering av toksiske egenskaper, biodiversitet og påvirkning av leveområder.

4.4.3 Vekting

Det forrige trinnet, karakterisering, gir et kvantitativt utsagn om de forskjellige belastningskategoriene, som for eksempel global oppvarming og forsuring. Sammenligning av disse kategoriene er ikke mulig og derfor er vekting et viktig verktøy. Man kan vekte miljøbelastninger ut i fra forskjellige vurderinger som for eksempel:

- Forhold til politiske mål og avstand fra disse, dette vil nødvendigvis føre til lokale og kulturelle forskjeller i vurderingen.
- Forhold til en økonomisk vurdering, betalingsvillighet for gjenopprettelse av ødelagte naturressurser.
- Forhold til naturens tilsynelatende bæreevne.
- Forbruk av ressurser.
- Helsemessige effekter.
- Økologiske effekter.

4.5 Tolkning

Det siste trinnet i en LCA er tolkningen. Her blir resultatene fra regnskapet og effektvurderingen kombinert. Det er i denne fasen man ser etter muligheten for å redusere den miljømessige belastningen fra produktet eller prosessen. Man må da gå nøye gjennom resultatene fra livsløpsregnskapet og effektvurderingen å analysere dette, for så og se hva som eventuelt kan gjøres på en mer miljøvennlig måte. Dette trinnet kalles ofte for produktforbedring ettersom man her kan trekke konklusjoner og anbefalinger om endringer.

De tre punktene som er viktig i tolkningen er:

- Finn de signifikante bidragene: de viktigste belastningene og trinnene i livsløpet.
- Forstå vurderingen – kritiske forutsetninger: hvordan vil konklusjonen forandres med andre forutsetninger (følsomhetsanalyse) og hvor mye avhenger konklusjonen av usikre data (usikkerhetsanalyse).
- Identifisere forbedringsmuligheter: forandringer i design, materialer, eller prosesser som kan redusere viktige miljøbelastninger.

Det siste trinnet, tolkningen, er det trinnet som er minst utviklet i LCA-metodikken. Det finnes ingen regler for hvordan dette skal gjøres, og det er lite beskrevet i ISO 14040-standarden.

5 Livssyklusanalyse for støyvoll

5.1 Fastsettelse av hensikt og omfang

5.1.1 Hensikt og omfang av studien

Formål med studien

Formålet med studien er å kartlegge de viktigste miljøpåkjenningene i en støyvoll, med kjerne av bildekk, gjennom dens livsløp. Dette skal gjøres ved å sammenligne to ulike konstruksjoner, der den ene støyvollen har en kjerne med oppkuttete bildekk mens den andre har en kjerne av steinmaterialer.

Studien gjøres for Vegdirektoratet i forbindelse med at man et prøveprosjekt hvor man lager en støyvoll med bildekk-kjerne langs E6 i Rygge kommune. Med denne støyvollen ønsker man å øke kunnskapen om bruk av bildekk som et konstruksjonsmateriale. Man håper også å komme frem til om det er en forsvarlig måte og bruke kasserte bildekk på.

Det er også et mål om å lære mer om LCA-metoden og se om denne metoden egner seg til bruk i Statens vegvesen.

Omfang av studien

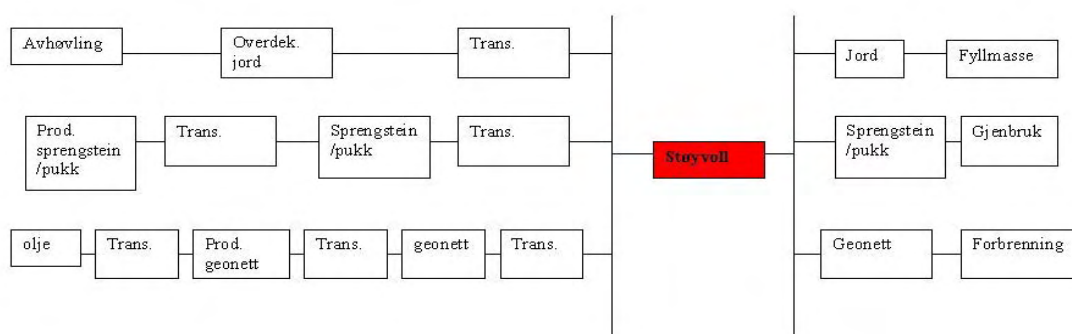
Analysen tar for seg hele livsløpet til en støyvoll, fra vugge til grav. Omfanget av studien omfatter også funksjonell enhet og systemgrenser som er forklart og angitt i 4.1.2 og 4.1.3.

Produktsystemet som skal undersøkes

Analysen tar for seg to typer støyvoller, altså to produktsystemer. Den ene vollen vil ha en kjerne av oppkuttete bildekk, mens den andre vollen vil ha en kjerne av sprengstein/pukk. Til den sistnevnte må det lages en motfylling for å hindre utglidning av støyvollen.

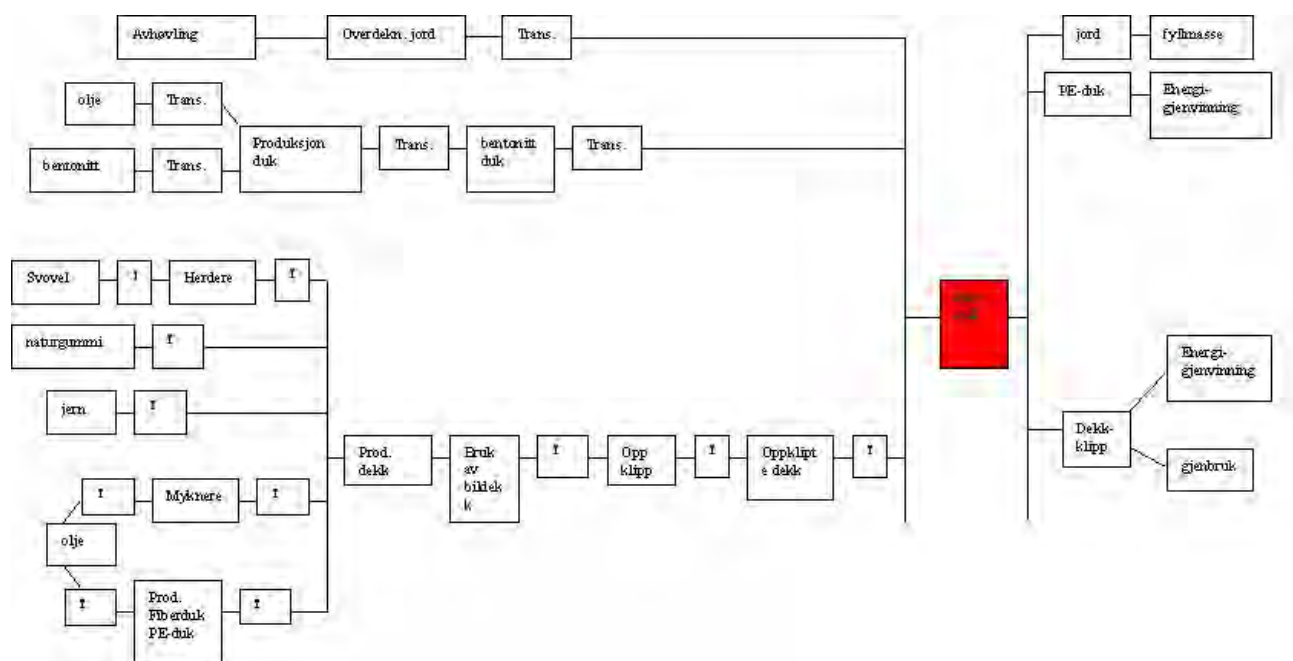
Produktsystemene:

Figur 8 viser produkttre til støyvoll med kjerne av steinmaterialer. Transporten er i figuren forkortet til trans., og produksjon er forkortet med prod.



Figur 8; Produkttre av støyvoll med kjerne av steinmaterialer.

Figur 9 viser produkttre av støyvoll med kjerne av dekk-klipp. Her er transport forkortet med T eller Trans. PE-duk er polyetylenduk.



Figur 9; Produkttre av støyvoll med kjerne av oppkutta bildekk.

5.1.2 Funksjonell enhet.

Den funksjonelle enheten for denne analysen er:

Produksjon, vedlikehold og avhending av 10 meter støyvoll på bløt, leirig grunn og med støykraft 55 dB utendørs og 30 dB innendørs. Levetid i 50 år.

Den funksjonelle enheten er lik for begge de to alternativene for støyvoll. Dette er en betingelse dersom man skal sammenligne to systemer. Alle inn- og utgangsfaktorer skal relateres til den funksjonelle enheten.

5.1.3 Systemgrenser.

Hensikten med denne oppgaven er å gjennomføre en miljømessig analyse. Det vil ikke bli foretatt noen samfunnsmessige belastninger eller gjort noen økonomiske betraktninger i selve analysen. De økonomiske aspektene vil bli sett litt på i tolkningen, del 5.

Avgrensinger:

- *Avgrensing mot andre systemer:* Grenser må bli satt mellom støyvollens livssyklus og andre sammenlignede livssykluser. Dette er gjort ved å velge produkttre-metoden. Denne inkluderer kun prosessene og transporten som er direkte involvert i produksjonen, bruken og avhendingen av støyvollen. Alle strømmene er oppstrøms (jømfruelige materialer og andre ressurser) og kun hovedstrømmen er fulgt nedstrøms. Med hovedstrømmen menes hovedfraksjonene i vollen, for eksempel dekk og bentonittduk for støyvollen med dekk-kjerne.
- *Tid:* Det er satt en levetid på vollen til 50 år. Det er vanskelig å vite nøyaktig levetid på en slik konstruksjon da det er behovet som styrer dette. Dersom trafikken, boligstrukturen eller støykraft endrer seg i løpet av 50 år, kan vollens levetid endres. Ut fra avgrensingen som blir gjort, der man ser bort i fra vedlikehold, vil ikke

levetiden til vollen spille noen viktig rolle for analysen (se punkt under). Dekk har ikke vært brukt i noen særlig stor grad som konstruksjonsmateriale tidligere. Dekk er betraktet som avfall og til en viss grad brukt til energigjenvinning. Dette vil endre seg over tid og om 50 år vil kanskje ikke dekk gå til energigjenvinning men kun brukes som konstruksjonsmateriale, slik som i Finland og USA. Dette vil ha innvirkning på avhendingen til dekkene i vollen.

- *Geografisk:* Dekk produseres over hele verden. Det har vært vanskelig å få informasjon fra importører og produsenter av bildekk om hvor bildekkene som selges i Norge er produsert. Avgrensning er satt ved at analysen kun tar for seg produksjon i Europa (se 1.4.2).
- *Vedlikehold:* Vedlikehold av støyvollene er ikke tatt med, da det i utgangspunktet vil være likt for vollene. Vollen skal beplantes og vedlikeholdet vil bestå av klipping og stell av vekster. Ettersom vedlikeholdet for begge vollene vil være tilnærmet likt, vil den belaste begge vollene med like mye miljøbelastninger. Dette fører til at vi kan utelukke prosessen.
- *Oppfølging:* Avrenningsvannet fra vollen skal samles opp dersom kjernen er av bildekk. Det forventes minimal avrenning da bruk av membran hindrer vanngjennomtrengning. Ved bruk av membran er det godt nok at veiens oppsamlingsdiker tar med seg avrenningsvannet.

Forenklinger og antagelser:

Bildekk:

- Hovedantagelsen om dekk, er at alle dekk som skal i vollen beregnes som om det var bildekk. Dette vil blant annet virke inn på energibruk.
- Ser bort i fra *bruk* av bildekk (kjøreegenskap, sikkerhet, slitasje o.l.) da dette er et annet produkt eller funksjon enn det vi tar for oss i den funksjonelle enheten. Det er brukte dekk som material som skal undersøkes i denne analysen.
- For *innsamling* av bildekk brukes innsamlingstall fra Oslo/Akershus og Østfold (tall fra 2002,[21]). Dette dekker behovet for vollen som analysen tar for seg (Huggenes).
- De fire største aktørene innenfor dekk produserer de fleste dekkene i Europa, derfor blir aktørene betraktet som *én* stor produsent. Dette fordi det ikke er mulig å få informasjon om markedsandelen til alle de ulike firmaene ettersom de ser på dette som sensitiv informasjon.
- *Import* av bildekk er forenkelt til at alle dekk importeres fra Tyskland og ankommer direkte til Oslo. Transportavstand velges til 1080 km (Hannover- Oslo) og transportmiddel er 40 tonns trailer. Årsaken til at Hannover blir brukt er at Continental, som er markedsledende i Norge, har produksjonen sin der. Oslo er ankomststed for de fleste importvarer. Det er ikke tatt med båttransport selv om det sannsynlig forekommer under denne transportetappen.
- *Uslipp fra bildekkene* når de ligger i vollen er minimale [1]. Det er ikke tatt med utslipp som forekommer ved at dekkene kommer i kontakt med vann da det ligger en bentonittmembran over vollen som hindrer vanngjennomstrømning.
- Per Detterman ved Goodyear [14] har oppgitt at det brukes 26 liter råolje til produksjonen av bildekk og 160 liter råolje ved produksjon av lastebildekk. Selv om vollen vil ha oppklipp både fra bildekk og lastebildekk, benyttes kun *energibruk til bildekkproduksjon*. Beregninger gir at produsenten trenger tilsammen 11548 GJ for å produsere 12 500 bildekk.
- *Energigjenvinning* ved forbrenning av bildekk er oppgitt til å være lik energimengde til kull[21]. Forbrenningen foregår i Norcem sine sementovner og restavfallet blir

deponert som spesialavfall. Det er antatt likt utslipp ved forbrenning av dekk som ved forbrenning av plast. Eventuelle miljøpåkjenninger fra restavfallet når det ligger på deponi er ikke tatt med.

- Eventuelle transportavstander for delmaterialene i dekkene er ikke tatt med.

Geotekstiler:

- På det tidspunktet data ble lagt inn i SimaPro, var det ikke klart hvilken forhandler man skulle benytte til innkjøp av bentonittmembran og geonett. Det er i denne analysen brukt ViaCon [15] som importører av membranen og de importerer fra Naue [16] i Tyskland.
- Det har vært vanskelig å finne tegninger og tekniske data på oppbygningen av bentonittmembranen. Ut ifra opplysninger fra Albarrie [17] er det gjort beregninger av mengde og masse.

Overdekningsjord:

- Planene som foreligger for støyvollen er at overdekningsjorden, over vollens kjerne, skal være den jorden som allerede ligger på området. Man skal skrape/høvle av 20-40 cm med jord, legge dette ved siden av vollen mens den blir bygget og deretter legges massene på plass igjen over vollen. Jordmassene trenger ingen eller svært liten behandling. Ved avhending av massene vil dette gå til gjenbruk i form av fyllmasse. I denne analysen er det valgt å se bort fra hele denne prosessen da den vil ha minimal innvirkning på vollens miljøpåvirkninger i løpet av levetiden. Prosessen er lik for begge vollene og den blir ikke med i miljøregnskapet til noen av vollene.

Jordarmering:

- Geonett, som skal brukes som jordarmering i vollen med stein, er antatt type Enkagrid [18] som produseres i Nederland.

Steinmateriale:

- I SimaPro ligger det informasjon om miljøpåvirkning ved produksjon av pukk. I den forbindelsen har det i denne analysen blitt gjort en forenkling ved at pukk blir brukt som steinmateriale i støyvollen. Dette er en grov antagelse ettersom pukk krever mer bearbeiding enn hva som er nødvendig for steinmaterialene som kan brukes i denne vollen. I en tradisjonell voll med stein ville sprengstein blitt benyttet.

5.2 Livsløpsregnskap

5.2.1 Datakvalitet.

På grunn av tidsbegrensning er det ikke blitt satt så strenge krav til datakvalitet. Formålet med studien har også delvis vært å lære seg LCA-metodikken, og derfor er ikke datakvaliteten vært vektlagt så høyt. Måten datakvaliteten er forsøkt sikret på er ved å:

- Innhente ferske data i størst mulig grad, data yngre enn 10 år er godkjent
- Benytter databasetall fra SimaPro
- Mengde- og transportdata er spesifikke
- Det geografiske området er Europa (se 4.1.3) og derfor blir tallmateriale fra Europeiske databaser benyttet i SimaPro

5.2.2 Datainnsamling/ kartlegging.

Analysen skal ta for seg to ulike støyvoller. En med kjerne med steinmaterialer og den andre med kjerne av bildekk. I den forbindelse har data om de enkelte prosessene blitt innhentet. Det har imidlertid vist seg vanskelig å innhente all ønskelig informasjon da dekkbransjen har vært tilbakeholden med informasjon og selve vollens oppbygging var ikke 100 % klar da denne oppgaven ble skrevet. Får å få et helhetlig innblikk i de ulike prosessene som er involvert i støyvollene, vil de to alternativene bli beskrevet her.

Støyvoll med kjerne av steinmaterialer.

Dette er en enkel konstruksjon. Analysen tar utgangspunkt i tegninger fra Erik Sloreby ved Statens vegvesen, Oppland. Dette var den opprinnelige planen før man valgte å bruke bildekk i støyvollen. Konstruksjonen består av en kjerne med steinmaterialer, overdekningsjord, geonett i bunn og som armering mellom voll og støttevoll og til sist en støttevoll av pukk. Figur 10, på neste side viser produkttre til denne vollen.

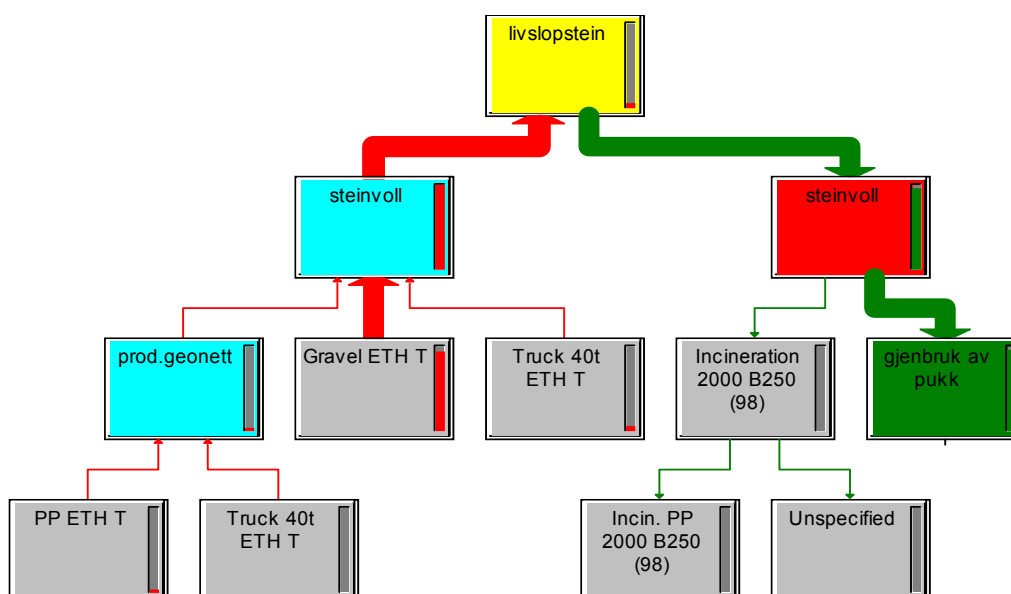
Overdekningsjorden vil bli skrapet vekk og lagt til lagring rett ved vollen. Når vollen er ferdig vil dette bli lagt tilbake. Som nevnt i 4.1.3, tas ikke overdekningsjorden med i analysen. Etter ende livstid i vollen vil jorden bli brukt som fyllmasse.

Geonett, også kalt *jordarmering*, blir brukt for å sikre stabiliteten til støyvollen. I tillegg er det armert med geonett som et grunnforsterkningstiltak.

Forenklinger er gjort ved å si at geonett kun består av polypropylen og at den eneste prosessen er transport fra produksjonssted i Nederland til Norge. Transportavstand (Almelo-Oslo) blir beregnet til 1270 km. Transport i forbindelse med lagring er ikke tatt med.

Avhending av geonett består av at man tar dette ut av vollen og brenner det med energigjenvinning.

Steinmasser er hovedmassen i denne vollen. I analysen er det brukt pukk som steinmateriale og alle prosessene som må til for å lage dette, slik som sprenging, knusing, sortering og lignende, ligger i SimaPro. Transporten som oppstår i forbindelse med steinmaterialene er transport fra pukkverket til anlegget, anslagsvis 3,5 km. Etter endt levetid vil steinmassene gå til gjenbruk som ny fyllmasse.



Figur 10; Livsløpet til en vull med steinkjerne.

Fra figur 10 kan man se at det er pukk (gravel) som har størst miljøpåvirkning, både som inngangsfaktorer og utgangsfaktorer. Incineration betyr forbrenning. Pil opp betegner forbruk av materiale eller prosess mens pil ned betegner avhending. Truck(lastebil) beskriver transportmiddel og transportavstand.

Støyvull med kjerne av bildekk

Overdekningsjorden vil heller ikke for denne vollen bli tatt med i beregninger og analysen.

Bentonittmembran er valgt som tettemembran for å hindre vanngjennomgang i dekkfyllingen. Membranen anses som den mest egnede ettersom denne vil virke "selvreparerende" dersom den får en skade. Leiren, hovedandelen av membranen, vil tette igjen sprekker dersom de oppstår. Ved bruk av denne membranen imøtekommer man dermed Fylkesmannen krav om at dekkene ikke skal være i kontakt med vann. Membranen består som nevnt hovedsakelig av leire (bentonitt) som er lagt mellom en side med polypropylenfolie (PP-folie) og en side med geotekstil (som også består av polypropylen). Som prosess er det lagt inn en tekstilprosess som antas tilnærmet den prosessen som skjer når man setter sammen de ulike komponentene av membranen.

Transportavstand for bentonittmembran er 990km, fra Lübbecke til Moss. Det er ikke tatt med transport i forbindelse med eventuelt lageropphold før ankomst til Moss. Ved endt livsløp vil bentonittmembranen gå til forbrenning.

Dekk er hovedmaterialet i denne konstruksjonen. Som tidligere nevnt i rapporten er dette materialet valgt på grunn av sin lette masse. Ved bruk av lette masser blir totalstabiliteten slik at man ikke trenger noen støtteanordninger.

Dekk er et produkt bestående av flere komponenter [21]. I denne rapporten forenkles bruken av dekk til kun å omfatte bildekk. Et bildekk veier 8 kg, og av disse er:

- 6,6 kg gummi
- 0,4 kg tekstilfibere
- 1 kg stål

Gummien i dekk er også satt sammen av flere komponenter:

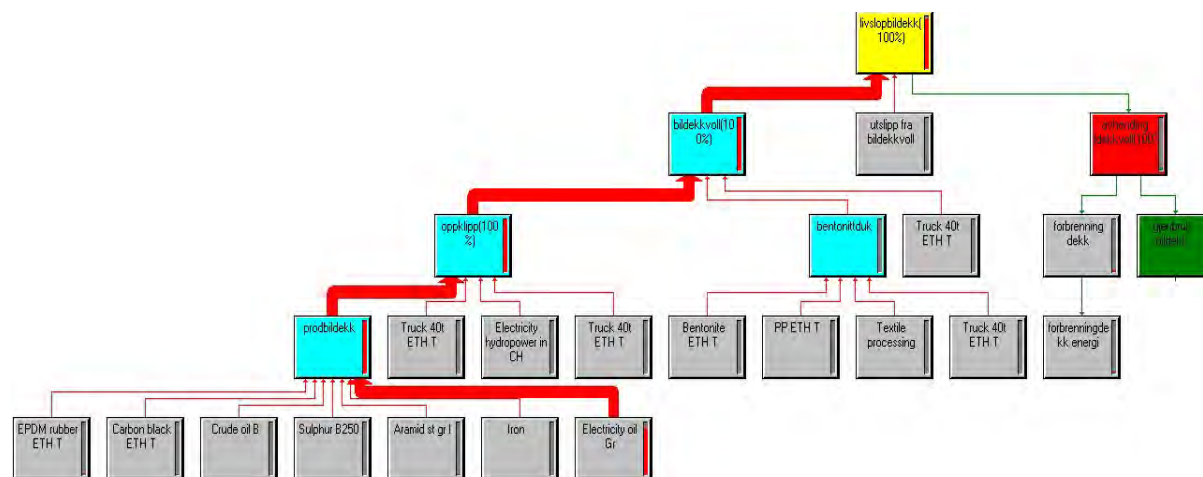
- ca 50 % naturgummi
- ca 30 % karbon
- ca 20 % olje
- ca 1 % svovel

Prosessene i forbindelse med dekk er klipping. RagnSells bruker en maskin type ELDAN 2118 som bruker 250 kW/h [21].

Transporten som er knyttet til bildekkene er import fra Tyskland, innsamling i Norge (her; Oslo) til oppklipping i Bamle og til slutt transport fra Bamle til Moss.

Etter endt liv vil dekk-klippen gå til forbrenning med energigjenvinning eller til gjenbruk i nye anlegg. Fordelingen i avhendingsscenarioet er at 30 % av dekk-klippet går til gjenvinning og 70% går til energigjenvinning.

Figur 11 viser alle materialene, prosessene og transportetappene for vollen. Dekkproduksjonen gir i dette tilfelle 100 % bidrag til vollen. Den store røde pilen viser hvilken prosess som bidrar med størst påkjenning. Figuren er gitt i et større format i billag 4.



Figur 11, Livsløpet til vollen med dekk-kjerne (se billag 4).

5.2.3 Allokering.

I denne analysen ser man på muligheten til å ha en støyvoll med oppklippede bildekk i kjernen. Denne vollen består av "Open-loop-recycling". Det vil si at et produkt eller et materiale resirkuleres og brukes til å produsere et nytt produkt. Man må da allokere miljøbelastningene mellom den opprinnelige produksjonen og det sekundære produktet.

Ofta forsøker man å allokere ved hjelp av økonomisk fordeling mellom produktene. Det vil si at produktet som er mest verdt også får den største del av miljøbelastningen. I denne analysen blir denne metoden litt komplisert da et av hovedproduktene, oppklippede dekk, ikke har noen fastsatt økonomisk verdi som konstruksjonsmateriale i Norge ennå. For vollen med dekk-kjerne er heller ikke masse-, volum- og energifordeling en lett allokering metode.

Ved å se på støyvollen med dekk-kjerne som en "open-loop-recycling" hvor man tar med produksjon av bildekk, vil man fort se at dekkproduksjonen spiller en vesentlig rolle for miljøpåkjenningene. Dekkproduksjon er en energikrevende prosess og det er blant annet dette som fører til store miljøpåkjenninger (forbruk av fossilt brensel). Dersom man ser bort i fra dekkproduksjonen vil miljøpåkjenningene bli mindre og resultatene endres deretter.

Det finnes ingen fasitsvar på hvilke allokeringemetode man skal bruke i en slik analyse som denne.

I denne oppgaven falt valget av allokeringemetode på 50/50 %-metoden. Denne er ofte anbefalt ved "open-loop-recycling" da andre allokeringemetoder ofte er vanskelig å bruke i slike tilfeller. 50/50%-metoden vil si å allokere 50% av belastningen fra utvinning og fremstilling av råvarer til produktsystemer der denne prosessen foregår, mens de resterende 50% allokeres til det produktsystemet som ikke lar materialet gå videre til gjenbruk eller gjenvinning.

I analysen for vollen med dekk-kjerne er det allokert 50 % av bidraget fra produksjon av bildekk til *bruken* av dekk. 50 % er allokert til bruk av bildekk *etter de er blitt kassert* av forbruker. Av disse 50 % er det også brukt 50/50%-allokeringsmetoden ettersom dekkene i en viss grad vil bli gjenbrukt. Dette fører til at vollen totalt får 37,5 % av bidraget fra bildekkproduksjonen.

Siden fordelingen av miljøbelastningene spiller en avgjørende rolle for resultatet, er det også kjørt en analyse med "cut-off-metoden". Denne metoden innebærer at miljøbelastningene fra produksjonen av råvare allokeres i sin helhet til det primære produktsystemet. Miljøbelastningene som kommer fra gjenvinningsprosessen, i vårt tilfelle oppkutting av bildekk og belastningene fra de andre produktene som må til for å tilfredstille den funksjonelle funksjonen, tilfaller neste generasjoners produktsystem, altså støyvollen. Miljøbelastninger fra avfall som ikke gjenbrukes, belastes det produktsystemet som det er produsert i.

5.2.4 Beregningsprosedyre.

Beregningsprosedyren skal ta for seg alle de beregningene som er blitt utført for å få resultat av analysen.. De beregningene som er blitt gjort er i forbindelse med masser, transport og energi er gjort i Excel mens resten av beregningene og selve analysen er gjort i SimaPro.

SimaPro er et databaseverktøy for å analysere de miljømessige belastningene fra et produkt gjennom hele dets livsløp. Det finnes i denne databasen store mengder med informasjon om miljø og miljøbelastninger. Belastninger i forbindelse med materialebruk, transport, energi og annet ligger i denne databasen. Grovt sagt er det man trenger for å gjennomføre analysen, en oversikt over hvilke materialer som er i bruk, hvilke prosesser som brukes, mengde energibruk og transportavstander. Man må også legge inn scenarioer for avhending av produktet (her: Støyvoll). Det er viktig å være kritisk til tallene i databasen og bruke den fornuftig. Der det ikke foreligger riktige prosesser eller materialer, kan dette legges inn.

Databasen er engelskspråklig og derfor vil analysematerialer være med engelsk tekst. De prosessene som er lagt inn i tilknytning til denne analysen, har norske navn.

5.3 Livsløpsvurdering

5.3.1 Klassifisering.

I klassifiseringen blir alle miljøpåkjenningene som de to støyvollene medfører, klassifisert til hvilken type miljøproblem de vil forårsake, en såkalt belastningskategori. De belastningskategoriene som vil bli brukt i denne analysen er angitt under, og se 3.4.1. Parentesene er de engelske navnene på belastningene:

- Ressursforbruk
- materialer (material/minerals)
 - vann (water)

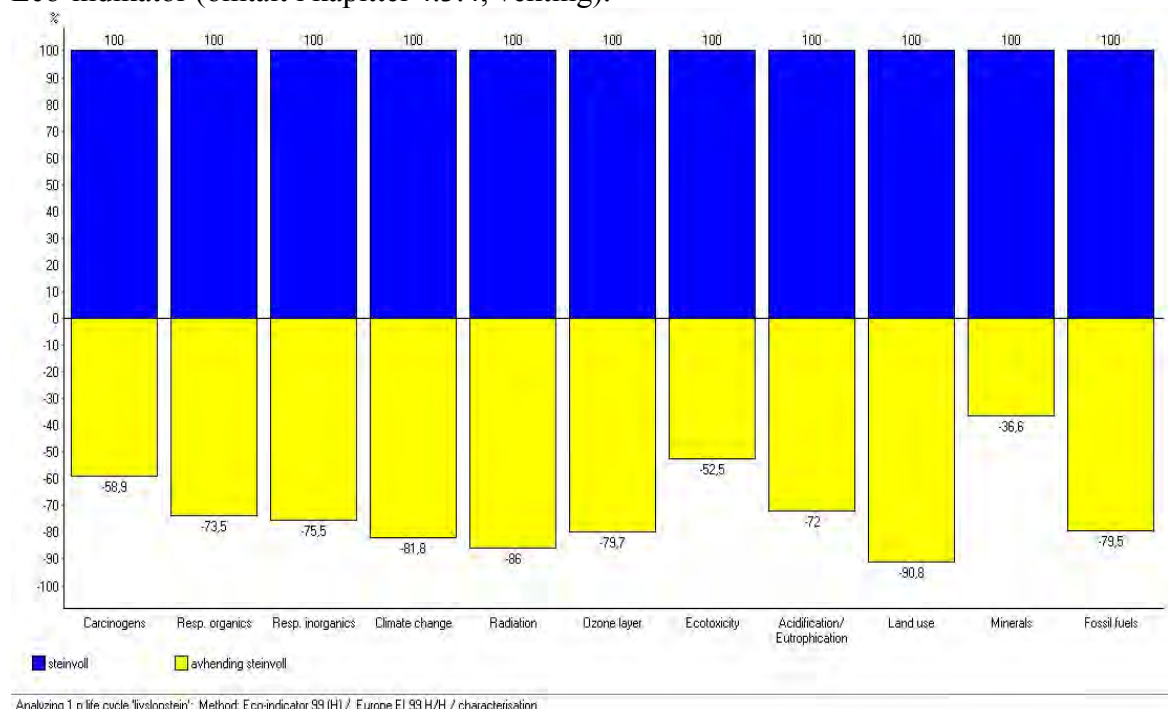
- arealer (land use)
- ikke-fornybar energi (fossil fuels)
- Helsepåvirkninger
 - toksiske effekter (toxicity)
 - kreftfremkallende stoffer (carcinogens)
 - arbeidsmiljø psykosomatiske effekter
- Miljøpåvirkninger
 - globale klimaendringer
 - forsuring (acidification)
 - eutrofiering/overgjødning (eutrophication)
 - fotokjemisk oksidasjon/ bakkenær ozon
 - ozonnedbrytning (ozone layer)
 - økotoksiske effekter biologisk diversitet

Klassifiseringen blir slått sammen med karakteriseringen i 4.3.2, ettersom man gjennom SimaPro får både oppgitt belastningskategori og kvantifisering av disse.

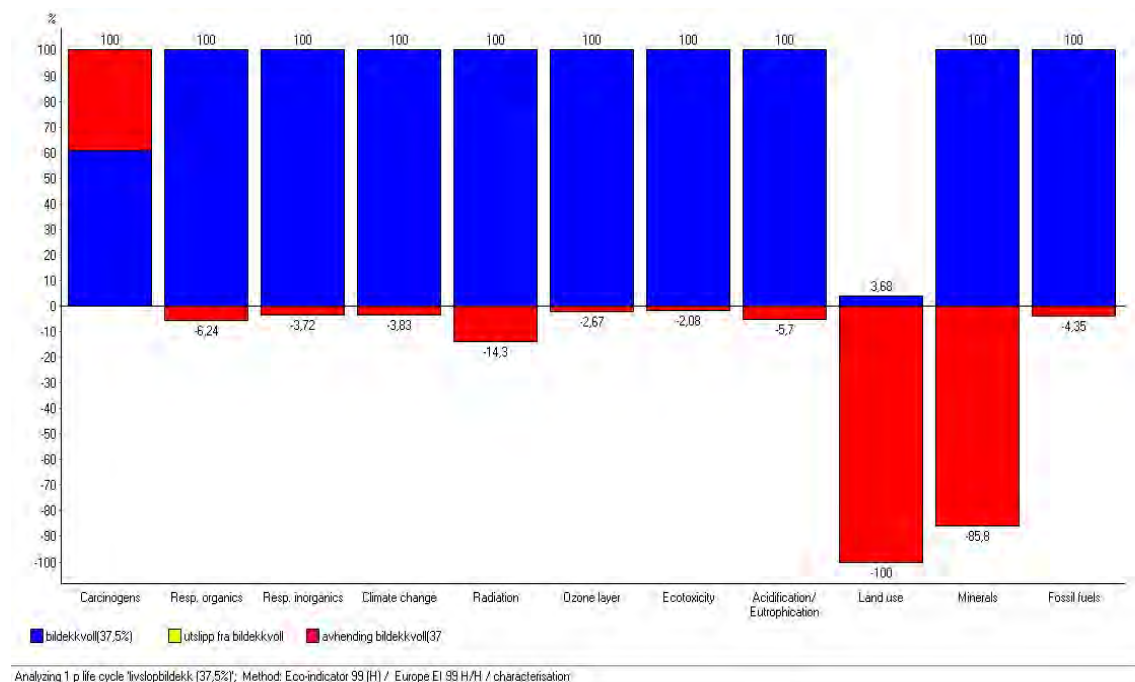
5.3.2 Karakterisering.

Karakterisering er som nevnt tidligere, et kvantitativt trinn som er basert på vitenskaplige analyser. I dette trinnet blir bidragene fra hver input og output anslått, og man beregner bidrag fra ulike typer miljøbelastninger til påvirkning. Altså *hvor stort* bidraget er fra ulike miljøpåkjenninger, til respektive belastningskategorier som er nevnt i avsnittet over, 4.3.1. Resultatene er kommet frem ved bruk av SimaPro.

Diagrammene i figur 12 og 13, tar for seg bidragene til miljøbelastningene for voll med steinkjerne og voll med dekk-kjerne. Diagrammene sier ingenting om de største totale miljøbelastningene, kun fordeling av bidrag. Metoden som er brukt i denne karakteriseringen er Eco-indikator (omtalt i kapittel 4.3.4, vekting).



Figur 12; Karakterisering av bidrag for støyvoll med stein i kjernen.

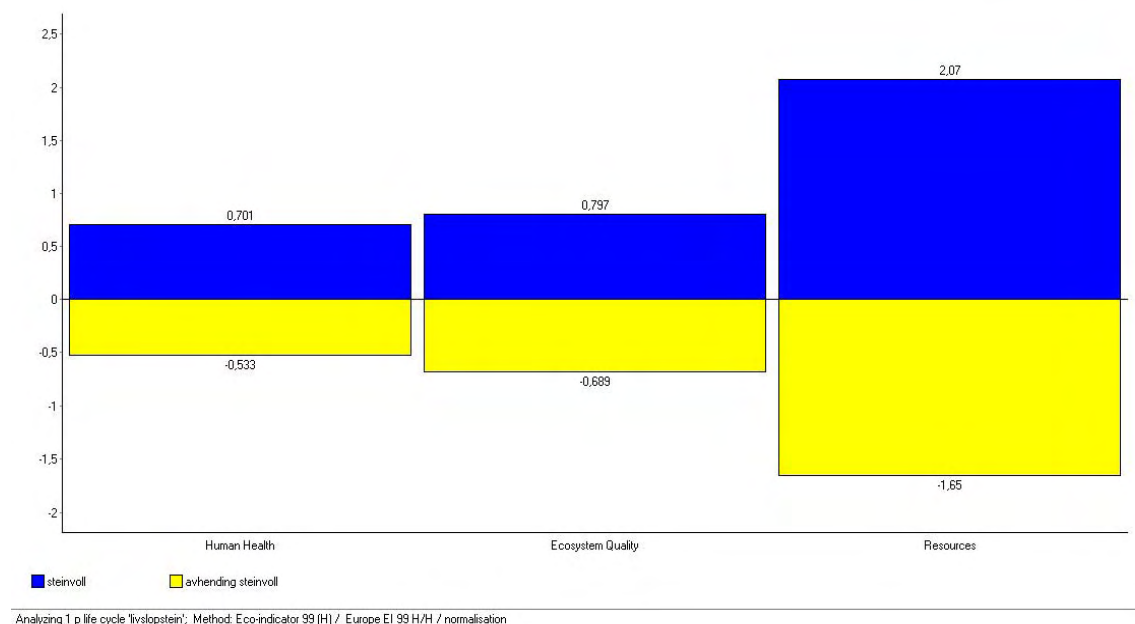


Figur 13; Karakterisering av bidrag for vull med dekk-kjerne.

Figur 13 viser karakterisering for dekk-kjerne vollen. Bidragene over 0-linjen har positiv tallverdi men har en negativ virkning på miljø. Det motsatte gjelder for søylene under 0-linjen. Eksempelvis har arealbruk (Land use), en total positiv miljøpåvirkning. Man sparer arealbruk ved avhendingen av bildekk og totalt blir dette da en positiv miljøpåvirkning. Det er verdt å merke seg at avhending av bildekk øker bidraget til kreftfremkallende stoffer (carcinogens).

5.3.3 Normalisering

Figur 12 og 13 viser ikke hvilke av effektene som er store eller hvilke som er små. For å få frem dette må man normalisere. Normaliseringen konverterer resultatene, med grunnlag i tekniske og naturvitenskaplige analyser, slik at man kan se hvilken størrelsesorden belastningen har. Verdiene blir satt ut fra hvor mye én europeer gjennomsnittlig påfører miljøet i løpet av et år. *Verdien 1 viser den årlige miljøbelastningen til en gjennomsnittlig europeer.* Verdi over 1 gir at miljøbelastningen er større enn det den gjennomsnittlige europeeren slipper ut. Normaliseringen i dette avsnittet er basert på vektingsmodellen Eco-indicator 99.



Figur 14; Normalisering av støyvoll med steinkjerne- hele livsløpet.

Kommentar til normaliseringen av støyvoll med steinkjerne:

Som man kan se av figur 14 ligger både miljøpåkjenninger som påvirker menneskelig helse (human health) og økosystem kvalitet (ecosystem quality) under normal årlig påkjenning. I begge disse kategoriene er det steinmassene (gravel) som bidrar med de største utslippene og bidragene. Bruk av steinmaterialer er også grunn til at ressursbruken er over normal bruk for en person årlig. Verdien ligger på over det dobbelte, og for steinmaterialene er det særlig forbruk av fossilt brensel som fører til høye miljøpåkjenninger. Grunnen til det høye forbruk av fossilt brensel, er den energikrevende prosessen med å knuse stein og bearbeide dette til pukk. Utslipp i forbindelse med bruk av fossilt brensel fører også til økt påkjenning.

Gjenbruk av steinmaterialene sørger for at totalpåvirkningen til vollen ikke blir så stor. Etersom pukken blir gjenbrukt i sin opprinnelige form kreves det ingen annen energi enn eventuell transport. I bilag 1 vises normalisering av prosessene og materialene som er i vollen. Her vil man lettere se hvilke prosesser/materialer som har de største miljøpåkjenningene og som bidrar mest i de ulike belastningskategoriene.

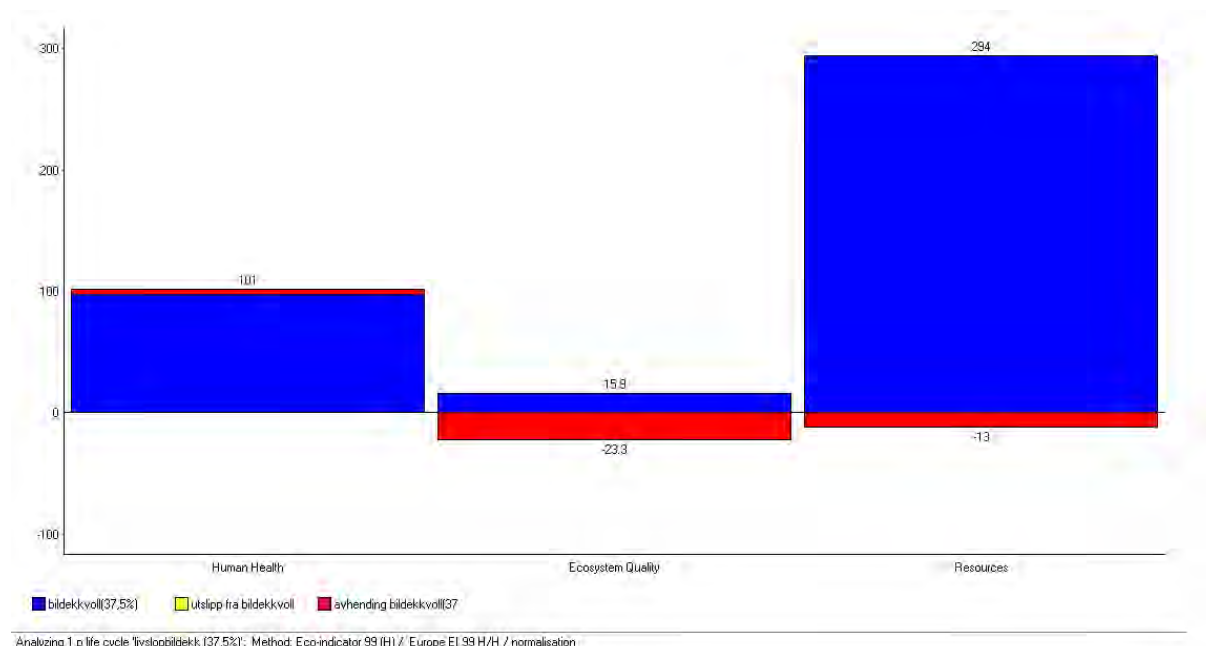
Kommentar til normalisering av støyvoll med dekk-kjerne (37,5 % bidrag fra dekkproduksjon):

Produksjon av bildekk er en meget resurskrevende prosess og bruker store mengder energi produsert av råolje. Dette fører til at påvirkningene fra fossilt brensel og de virkningene bruk av brenselet har på miljøet, har stor innvirkning på normaliseringen noe som vises tydeligere på Indikatorpresentasjonen i bilag 2. Henviser til allokeringen i 4.2.3 om hvorfor 37,5 % bidrag fra dekkproduksjonen brukes.

Figur 15 viser at ressursforbruket er 294 ganger mer enn en gjennomsnittlig europeer påvirker miljøet årlig. Og av dette er det som nevnt bruken av fossilt brensel som utgjør tyngdepunktet. Også helsepåvirkningene er store. Her bidrar vollen med 101 gang så stor påkjenning som en gjennomsnittlig europeer årlig gjør. Det er verdt å merke seg at utslippene fra dekk-klippen mens de ligger i støyvollen, er så små at de påvirker mindre enn en person normalt ville ha gjort over et år, verdi på 0,35.

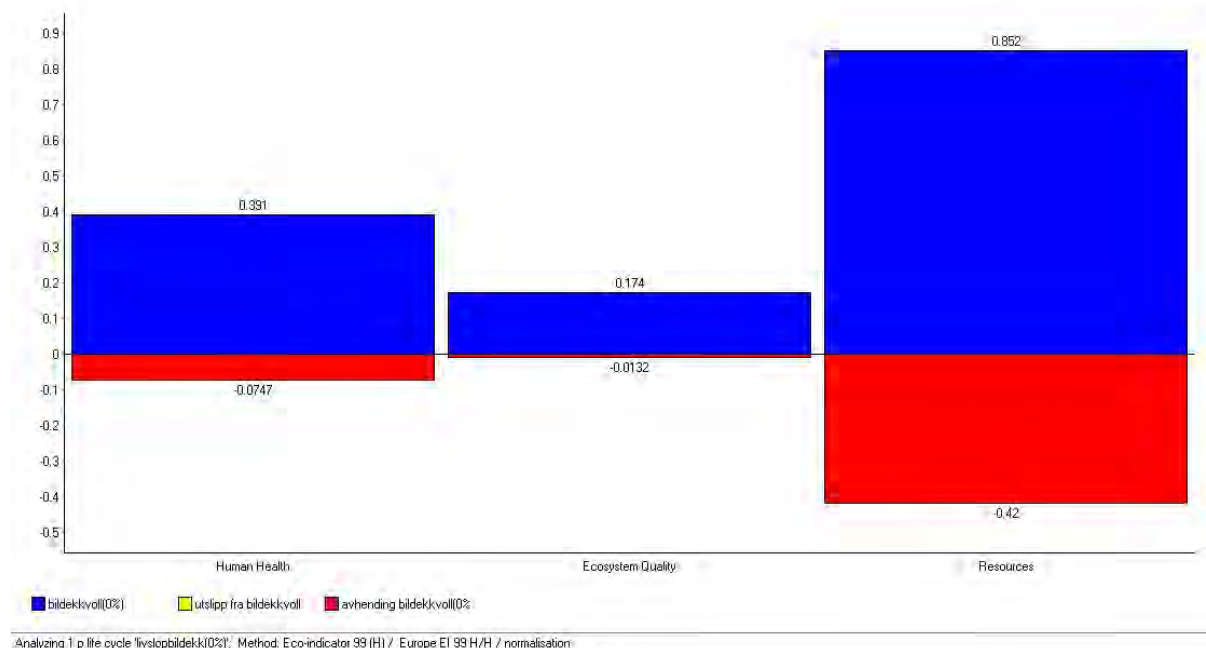
Avhendingen foregår ved at 30 % av dekk-klippen går til gjenbruk mens 70% forbrennes med energigjenvinning. Forbrenningen skjer i en sementovn hos Norcem. Avhendingen av dekk-Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt 2002 – 2005

vollen har størst betydning for kvaliteten på økosystemet ved at energigjenvinningen av dekkene som fører at man unngår å bruke en mer belastende energikilde. I bilag 2 er det gjort en normalisering av prosessene og materialene som er brukt i dekkvollen.



Figur 15; Normalisering av støyvull med dekk-kjerne og 37,5% bidrag fra dekkproduksjon - hele livsløpet.

Ettersom allokeringprosessen for støyvollen med dekk-kjernen har vist seg å være veldig avgjørende for resultatene av analysen, har denne rapporten tatt for seg to scenarier. Det ene er altså med 50/50% allokeringmetode der 37,5% av påkjenningene fra dekkproduksjonen er tatt med. Den andre er "cut-off"-metoden der dekkproduksjonens miljøpåvirkninger ikke er tatt med i det hele tatt. Figur 16 tar for seg sistnevnte. Ved å sammenligne figur 15 og 16, kan man se hvor stor rolle dekkproduksjonen spiller.



Figur 16; Normalisering av støyvull med dekk-kjerne og 0% bidrag fra dekkproduksjon – hele livsløpet.

Kommentar til normalisering av støyvoll med dekk-kjerne (0 % bidrag fra dekkproduksjon):

Man får tydelig frem at bildekkproduksjonen har en avgjørende rolle i vollens miljøpåkjenninger ved å se på analysen for vollen med 0 % bidrag fra dekkproduksjonen sammenlignet med figur 15. Da vil miljøpåkjenningene til støyvollen være under normaliseringsstandarden. Ingen av miljøbelastningene er høyere enn hva en gjennomsnittelig europeer slipper ut årlig. Den påkjenningen som bidrar til den høyeste belastningen er bruk av fossilt brensel. Transport av materialer og produksjon av polypropylen til bentonittduken er de prosessene som sørger for høy bruk av fossilt brensel, vist i bilag 2.

Ettersom dekkproduksjonen ikke tas med i denne analysen er avhendingsscenarioet endret noe. Isteden for at 30 % av dekk-klippet går til gjenbruk og 70 % går til energigjenvinning, går nå 70% til gjenbruk og 30 % til forbrenning *uten* energigjenvinning. Grunnen til endring i scenariet, er at man ikke vil tilegne dekkene energien som kan utnyttes ved forbrenning dersom man ikke tar med produksjonen. Ved å tenke at energi inn i dekk er lik energi ut av dekk, kan man se hvorfor dette avhendingsscenario er valgt. Dersom man ikke kan utnytte energien i dekkene er det naturlig å tro at en større prosentandel av dekkene vil gå til gjenvinning. Denne avhendingprosessen gir mindre utslag enn om dekkene skulle gått til energigjenvinning. Det er kun ressursbruk som blir spart i noen større grad og som bidrar positivt på miljøpåkjenningene. På menneskelig helse og økosystemets kvalitet har avhendingen liten innvirkning.

5.3.4 Vekting og sammenligning av støyvollene.

I karakteriseringen over får man kvantitative utsagn om de forskjellige belastningskategoriene. For at det skal være mulig å sammenligne disse må man vekte. Vekting er en måte å komme frem til miljøbelastninger som er verken teknisk, vitenskapelig eller objektiv. Hvordan man kommer frem til de ulike vektingsmetodene varierer fra ulike modeller.

I denne oppgaven vil tre ulike vektingsmodeller bli brukt når vollene skal sammenlignes. På grunn av prosjektoppgavens størrelse vil det ikke være mulig å analysere og drøfte hvilke av disse tre metodene som egner seg best i denne sammenhengen. De tre vektingsmetodene ligger i dataprogrammet SimaPro. Under er de tre metodene beskrevet, og det er gjort en sammenligning av støyvoll med steinmaterialer i kjernen og dekk i kjernen. Det er viktig å legge merke til hvordan oppdelingen på y-aksen er før man eventuelt sammenligner figurene.

EPS-modellen:

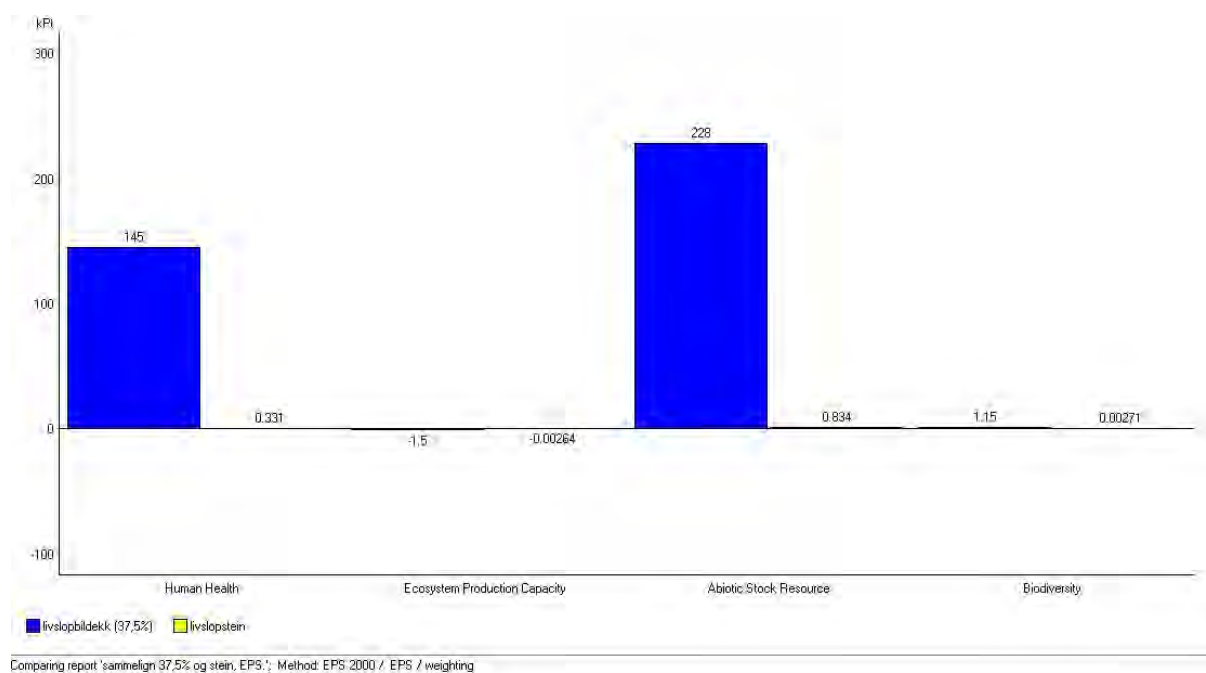
EPS (Environmental Priority Strategies in product design) er utviklet i Sverige av Industriforbundet, Volvo og Institutt for Vatten- og Luftvårdsforskning (IVL).

EPS er i hovedsak ment til å være et verktøy for utvikling av et produktsystem og er et system for komplett bedømmelse av produktets miljøpåvirkning. Modellen tar utgangspunkt i fem verneobjekter:

- Menneskelig helse
- Økosystemets produksjonsevne
- Ressurser (naturlige og menneskeskapte)
- Biologisk mangfold
- Estetiske verdier (kultur- og rekreasjonsverdier), inngår i de andre objektene i analysen.

Vektingsfaktorene i EPS er betalingsviljen til samfunnet for å unngå forandringer i de fem verneobjektene [22].

Sammenligning av støyvoll med stein og bildekk med bidrag fra dekkproduksjonen.



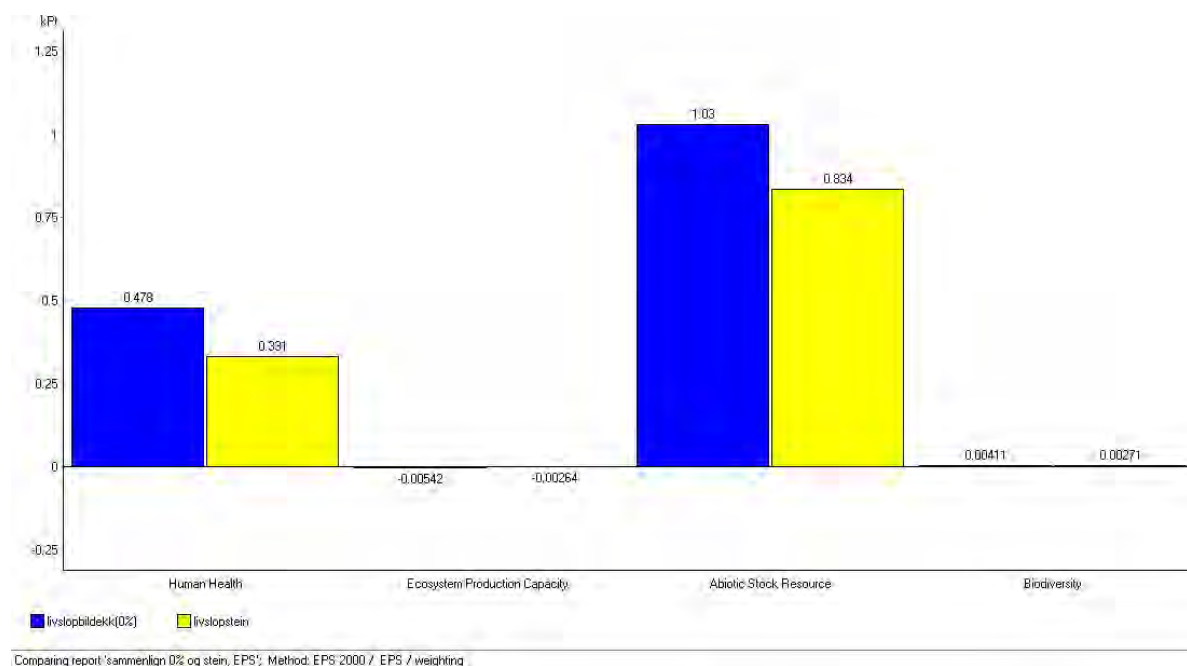
Figur 17; EPS-modell: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 37,5% bidrag fra dekkproduksjon.

Figur 17 viser at ved sammenligning av støyvoll med steinkjerne og dekk-kjerne vil dekk-kjernen få de høyeste bidragene til miljøpåvirkning mens bidragene fra steinvollen knapt er synlige. Enheten Pt betyr utslipp fra 1000 gjennomsnittlige europeere. Pt er en relativ størrelse og blir brukt slik at man kan sammenligne ulike alternativer for samme funksjonelle enhet.

Fra figur 17 ser man at vollen med dekk-kjerne har høy indikatorverdi på menneskers helse. Det er dekkproduksjonens forbruk av energi som fører til de relativt høye verdiene. Avhendingen av dekkene sørger for at verdiene reduseres noe ved at dekkene energigjenvinnes og dermed hindrer at man må bruke mer belastende energikilder. Totalt har menneskelig helse en indikatorverdi på 145. Dekkvollen har også en stor belastning på den ikke-levende mangfoldigheten (for eksempel lys, klima, temperatur og vannkjemi). Her har dekkene en indikatorverdi på 228, mest påvirket av energibruken i dekkproduksjonen. De resterende belastningskategoriene er ikke sterkt belastet. Bruk av naturlige reserver blir vektet høyt i denne modellen og derfor blir bruk av energi, fossilt brensel, vektet med høy belastning på miljø.

Sammenligning av støyvoll med stein og bildekk uten bidrag fra dekkproduksjonen.

Figur 18 viser sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 0 % bidrag fra dekkproduksjonen. Her er belastningen betraktelig mindre enn ved tilfelle i figur 17. Man kan se at det fortsatt er dekkvollen som har størst bidrag men forskjellen mellom vollen er ikke stor. Det er belastningskategoriene menneskelig helse og ikke-levende mangfold som får de største bidragene. Til forskjell fra figur 17 er det ikke energibruk i forbindelse med dekkproduksjon som gir effektbidragene. I dette tilfellet er det bruk av fossilt brensel i forbindelse med steinmateriallets utvinning som vektet med høy belastning. Men siden pukk gjenbrukes blir den totale belastningen mindre, og det er til slutt dekkvollen som blir tyngst belastet. For å vise dette tydeligere er det beskrevet med figurer i bilag 3.



Figur 18; EPS-modell: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 0% bidrag fra dekkproduksjon.

CML-metoden (Leiden-metoden):

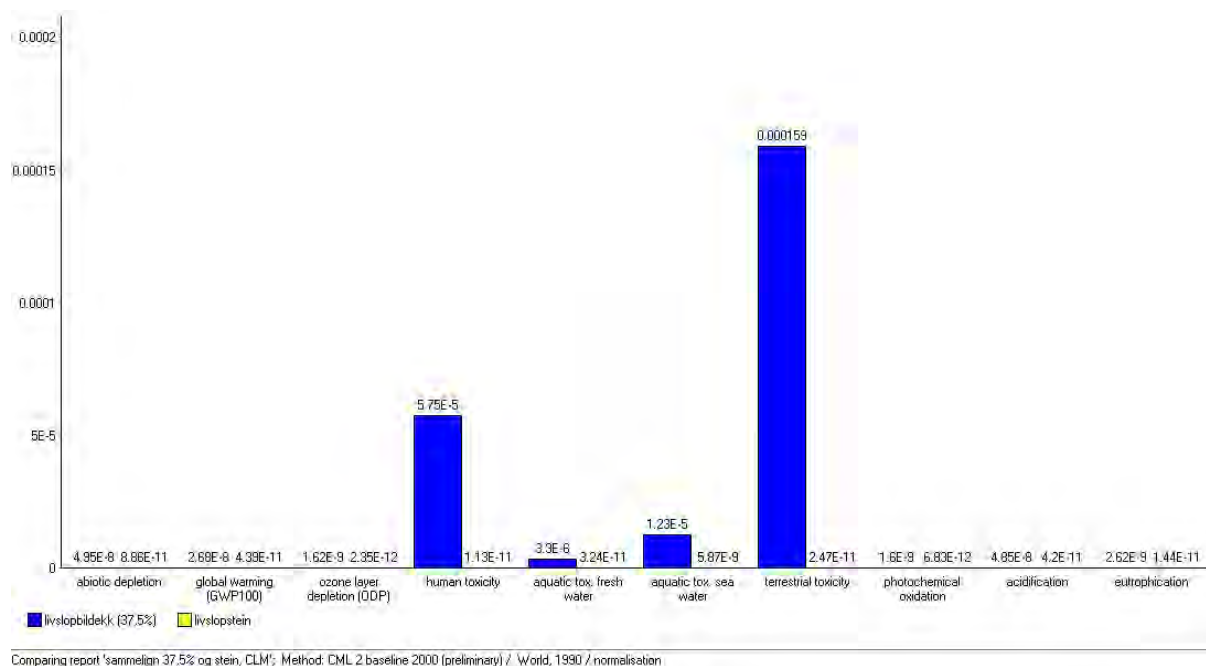
CML-metoden er utviklet av Leiden Universitet i Nederland [24]. Denne metoden definerer mange forskjellige grupper som til sammen skal representere den totale miljøbelastningen som en aktivitet/prosess påfører miljøet. Metoden skiller mellom miljøpåkjenninger fra jordbruk og fra industri. Belastningskategoriene i denne metoden er:

- Eutrofiering (overgjødning)
- Klimaendring
- Nedbryting av ozonlaget
- Utslipp til luft som virker giftig på mennesker
- Utslipp som virker giftig på marint økosystem
- Utslipp som virker giftig på terrestrisk økosystem(jordbruk og lignende)
- Dannelse av oksider, hovedsakelig ozon, i troposfæren

En svakhet med metoden er at den ikke tar hensyn til at molekyler ikke kan være flere steder på samme tid. Eksempelvis tar metoden ikke hensyn til at komponenten, for eksempel NO_x, kan gi bidrag til flere belastningskategorier.

Sammenligning av støyvoll med stein og bildekk med bidrag fra dekkproduksjonen.

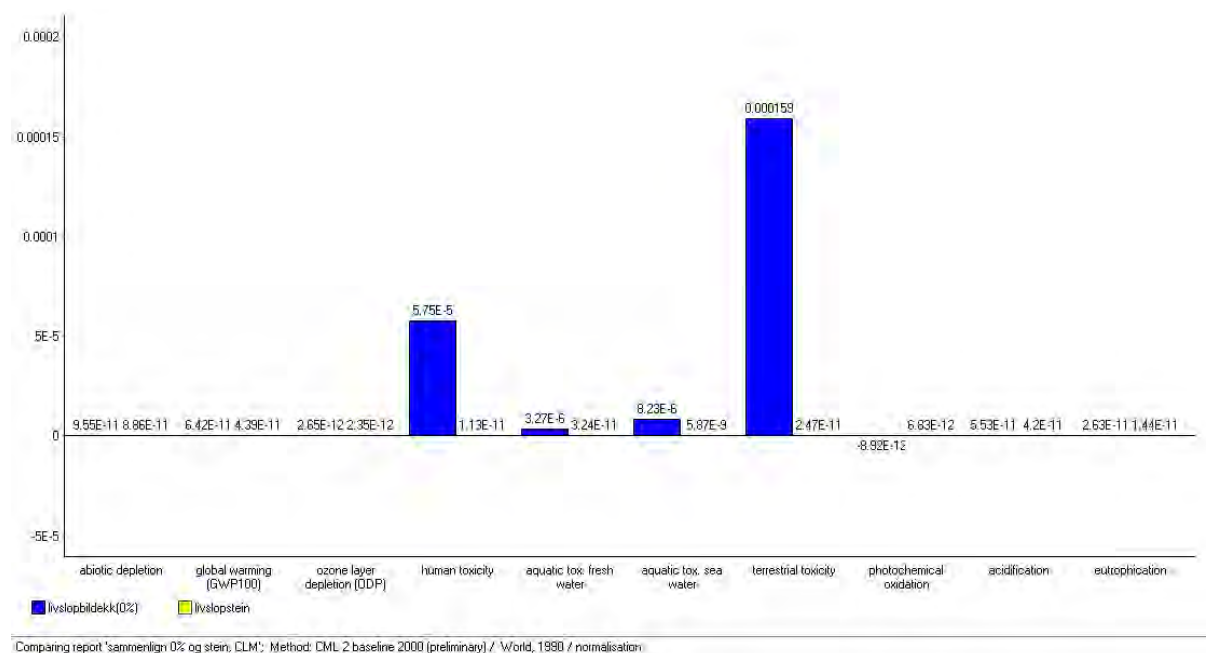
Metoden tar kun for seg karakterisering og normalisering av dataene. Det vil si at det kun er normaliseringen som gir noen informasjon om hvilke utslipp som er store og hvilke som er små i en relativ form. Ser man på normaliseringen kan man uti fra figur 19, se at alle effektene som vollen påfører miljøet, er under det en gjennomsnittelig europeer gjør årlig. Forurensning i jordsmonnet er den kategorien som får den største belastningen og dette kommer fra dekkvollen. Belastningen er på 0,0016, altså langt under normalt årlig utslipp fra en gjennomsnittsperson i Europa. Det er utslipp fra dekk-klippet i vollen som har noen særlig belastning, men alt er under langt normal utslippsmengde. Dersom man hadde sett bort fra avhending av dekkvollen ville belastningskategorien "forurensning av sjøvann" hatt den største belastningen. Denne ville også vært langt under normaliseringsens krav.



Figur 19; CML-metoden: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 37,5% bidrag fra dekkproduksjon.

Sammenligning av støyvoll med stein og bildekk uten bidrag fra dekkproduksjonen.

For denne sammenligningen er det kun utslipp fra dekk-klippen i vollen som har noen særlig bidrag til de ulike belastningskategoriene. Utslippene er langt under normalt, og man kan se bidragene til de ulike belastningskategoriene i figur 20. Også i denne analysen er det miljøbelastning på jordsmonn som er størst, deretter kommer giftpåvirkning på mennesker. Her også ville forurensning av sjøvann vært den mest belastede klassen dersom man hadde sett bort fra avhending. Det er minimal forskjell fra voll med bidrag fra dekkproduksjon og fra voll uten dekkproduksjon.



Figur 20; CML-metoden: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 0% bidrag fra dekkproduksjon.

Eco-indikator 99 (H):

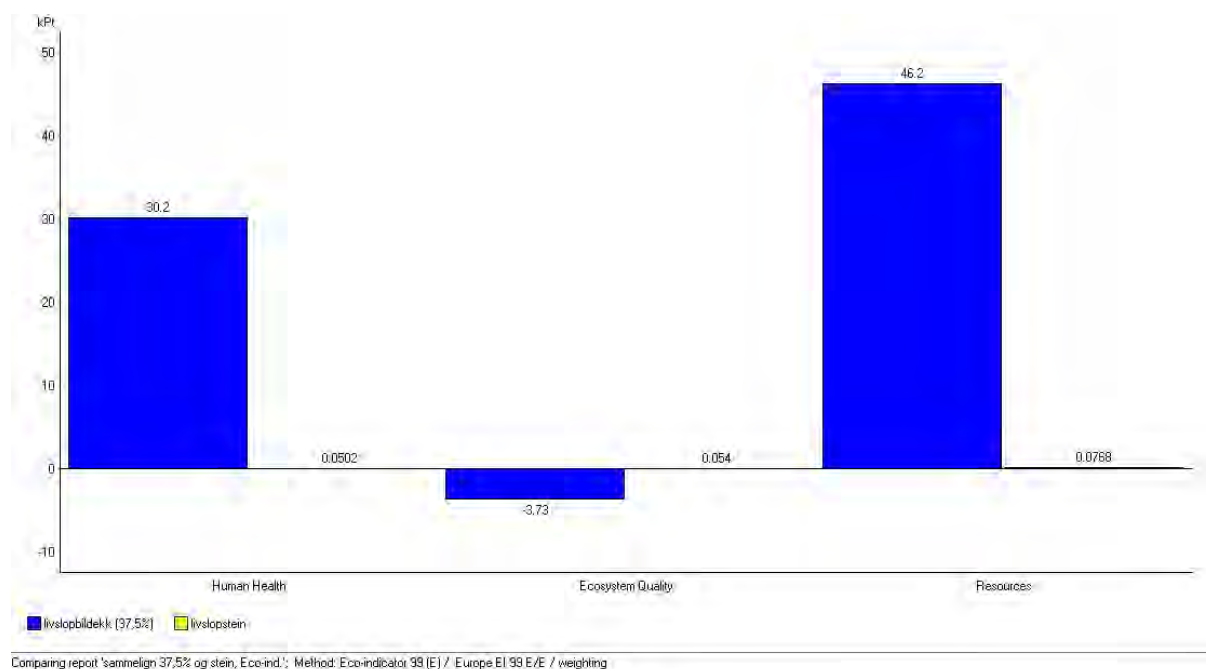
Den siste metoden er Eco-indikator 99. Denne metoden er utviklet av PRé Consultants BV i Nederland [23]. Eco-indikatoren har tre belastningskategorier:

- Menneskelig helse (human health)
- Økosystemkvalitet (ecosystem quality)
- Ressurser (resources)

PRé har brukt disse kategoriene da de mener at disse ikke er for abstrakte, de tar for seg de viktige belastningene og at det er en fordel med få kategorier. H står for hierarkisk analyse. Man legger vekt på hvilken effekt miljøpåkjenningene har både i dag og i neste generasjon.

Sammenligning av støyvoll med stein og bildekk med bidrag fra dekkproduksjonen.

Eco-indikatoren er den metoden som er blitt brukt tidligere under karakteriseringen og normaliseringen. I figur 21 er det dekkvollen som har størst effekt på belastningskategoriene. Dekkvollen gir belastning på menneskelig helse og under denne kategorien er det faren for luftveissykdommer, som en følge av uorganiske stoffer, som er den største bidragsyteren (se bilag 2). Bruk av fossil brensel under produksjon av dekk fører til at belastningen på ressurser er stor. På grunn av energigjenvinning av dekkene sparer man arealbruk i form av å utvinne andre energikilder. Dette gir en positiv virkning på økosystemkvaliteten.



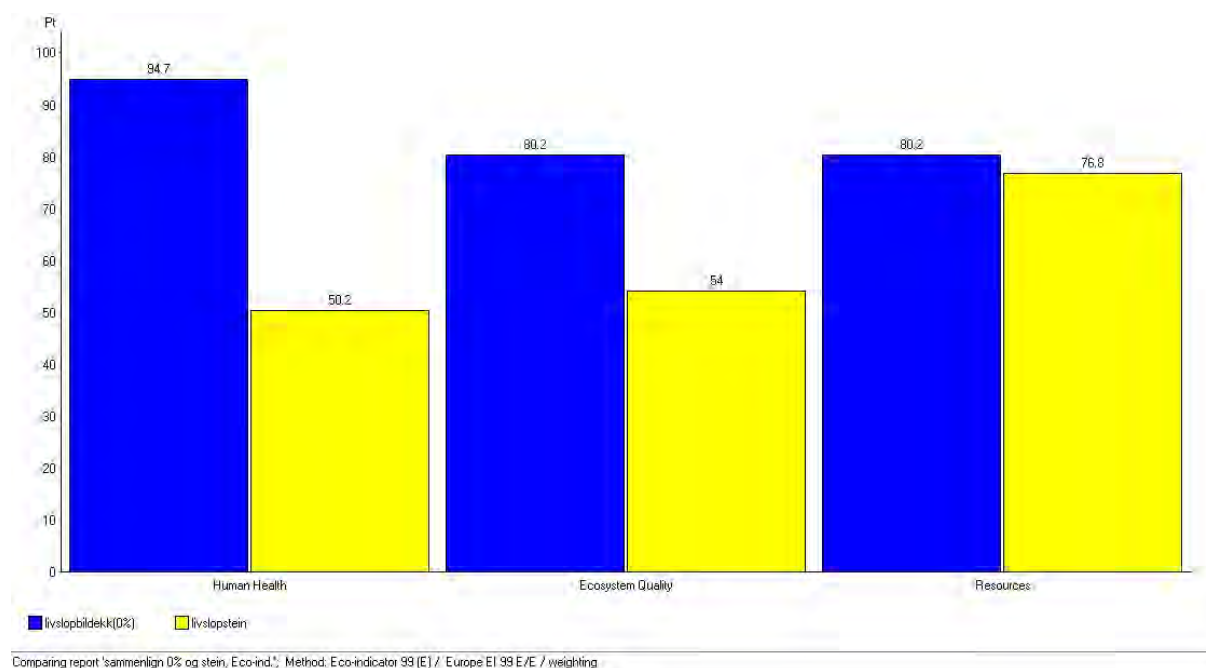
Figur 21; Eco-indikator: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 37,5% bidrag fra dekkproduksjonen.

Sammenligning av støyvoll med stein og bildekk uten bidrag fra dekkproduksjonen.

Ved sammenligning av steinvoll og dekkvoll uten bidrag fra dekkproduksjon er forskjellen i miljøpåkjenninger mellom vollene mindre. Alle miljøpåkjenningene er lavere enn det en normal europeer påfører miljøet i året, se normalisering bilag 1 og 2. Transport, bentonittduk og oppklippingsprosessen har like store effekter, til sammen under normalt bidrag.

Steinvollens bidrag, se figur 22, er hovedsakelig fra utvinning og bruk av steinmaterialer. Påkjenning på menneskers helse er for begge vollene under normal belastning. Også her kommer bidraget for steinvollen fra bruk og utvinning av steinmaterialer. Belastningskategori "ressursbruk", er sterkt påvirket av bruken av fossilt brensel. Både for steinvoll og dekkvoll er transport og andre energikrevende prosesser som bruker fossilt brensel, grunn til

effektbidrag. De totale bidragene for begge vollene er under normal påkjenning fra en gjennomsnittlig europeer.

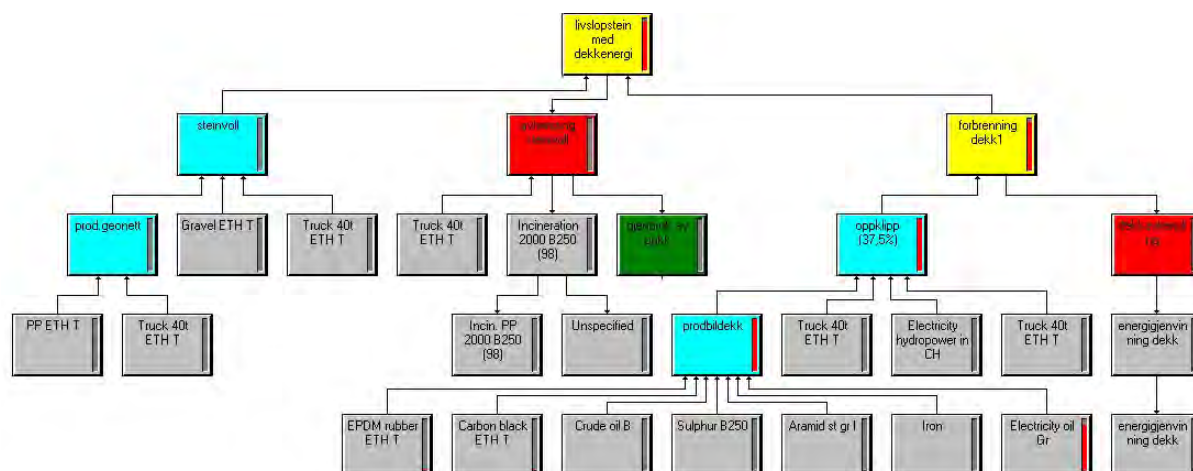


Figur 22; Eco-indikator: Sammenligning av steinvoll og dekkvoll med 0% bidrag fra dekkproduksjon.

5.3.5 Alternativt scenario

Dersom man ikke bruker dekkene i støyvollen, blir de brukt til energigjenvinning eller man gjenbraker noe som til andre konstruksjoner. Det kan være interessant å se hvordan miljøpåvirkningene vil være dersom man lager en støyvoll med steinmaterialer, og i så tilfelle lar dekkene gå til energigjenvinning. Scenarioet følger ikke den funksjonelle enheten, men er et forsøk på å se de totale miljøpåvirkningene som egentlig vil oppstå dersom man velger at vollen kjerne skal inneholde pukk.

Allokeringsmetodene vil være de samme her som beskrevet over. Bruker altså 50/50% allokering og "cut-off"-metoden. Avhendingsscenarioet for dekkene er som følger: Man samler inn dekkene og frakter de til Bamle der de blir kuttet opp i riktig størrelse før forbrenning. Kravene til størrelsen på dekk-klippet før de føres inn i forbrenningsovn er strengere enn krav til bruk av dekk-klipp i voll, men det vil det ikke bli tatt hensyn til i denne alternative analysen. Etter oppklipping blir dekkene fraktet til Norcem sin forbrenningsovn i Gottland, Sverige. Alle andre data blir som i analysene over. I dette alternative scenarioet vil det kun brukes energigjenvinning som avhending og det vil kun bli gjengitt figurer der det er brukt Eco-indikatoren. De andre vektingsmodellene/metodene er sett på og trekt konklusjoner ut av. Grafene fra disse vektingsmetodene er i bilag 2.



Figur 23; Produkttre til steinvoll med energigjenvinning fra dekk.

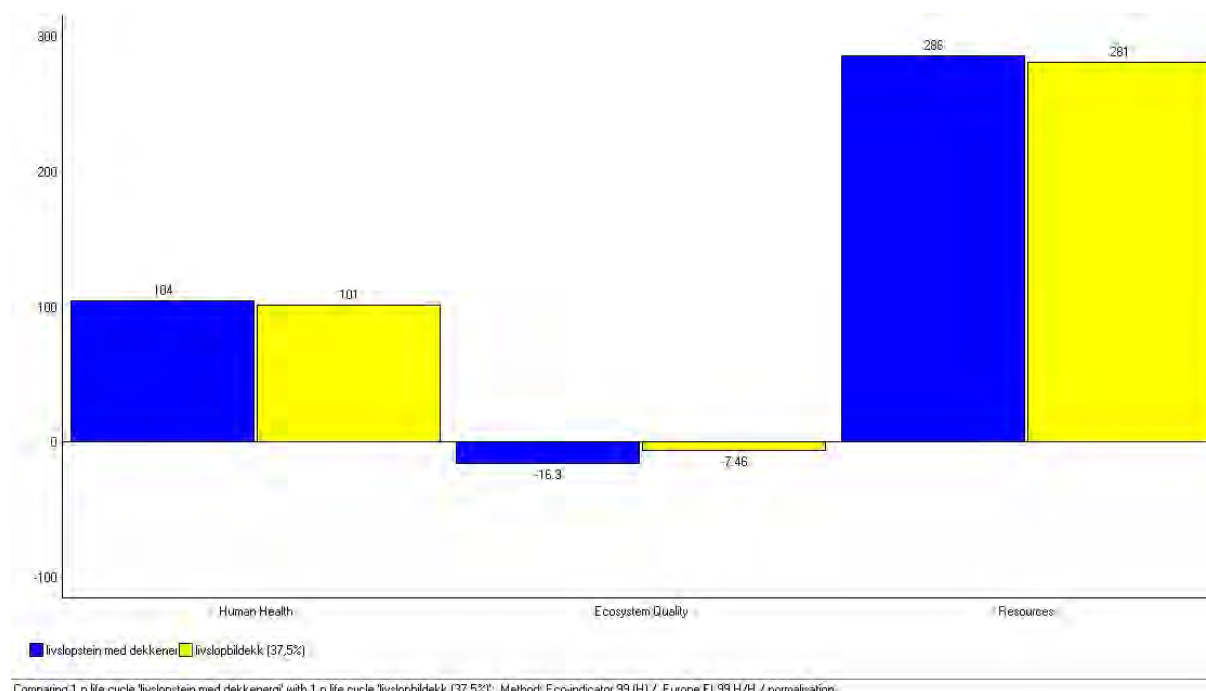
Sammenligning av voll med stein og energigjenvinning med voll med dekk-kjerne (37,5% bidrag fra dekkproduksjon):

I figur 23 er det et produkttre for en støyvoll med pukk i kjernen. Som tilleggslivsløp er forbrenning av dekk med 37,5% bidrag fra dekkproduksjon.

I forhold til steinvollen, er forbrenning av dekk en mer ressurskrevende prosess. Forbrenning av dekk fører til at dekkproduksjonen tas med, og dermed plusses det på en ressurskrevende prosess. For steinvollen i figur 24 teller både produksjon av dekk (37,5% bidrag), oppklipping og forbrenningsprosessen med. Om man sammenligner belastningene for begge vollene, er det ikke store forskjeller. Det kommer av at bidragene fra kun steinvollen ikke er store i forhold til bidragene energigjenvinningen drar med seg (se over). Figur 24 viser at belastningene på menneskelig helse og ressurser er henholdsvis 100 og nesten 300 ganger så stor som en gjennomsnittlig europeer årlig påvirker miljøet med. Dette gjelder for begge vollene og det er den energikrevende dekkproduksjonen som fører til dette. Ser man derimot på økosystemets kvalitet bidrar begge vollene med en positiv påkjenning på miljøet. Dette er fordi begge vollene har energigjenvinning, og steinvollen har i tillegg gjenvinning av steinmaterialer. Gjenvinningen fører til at man sparer urørt landskap til produksjon av pukk eller energi.

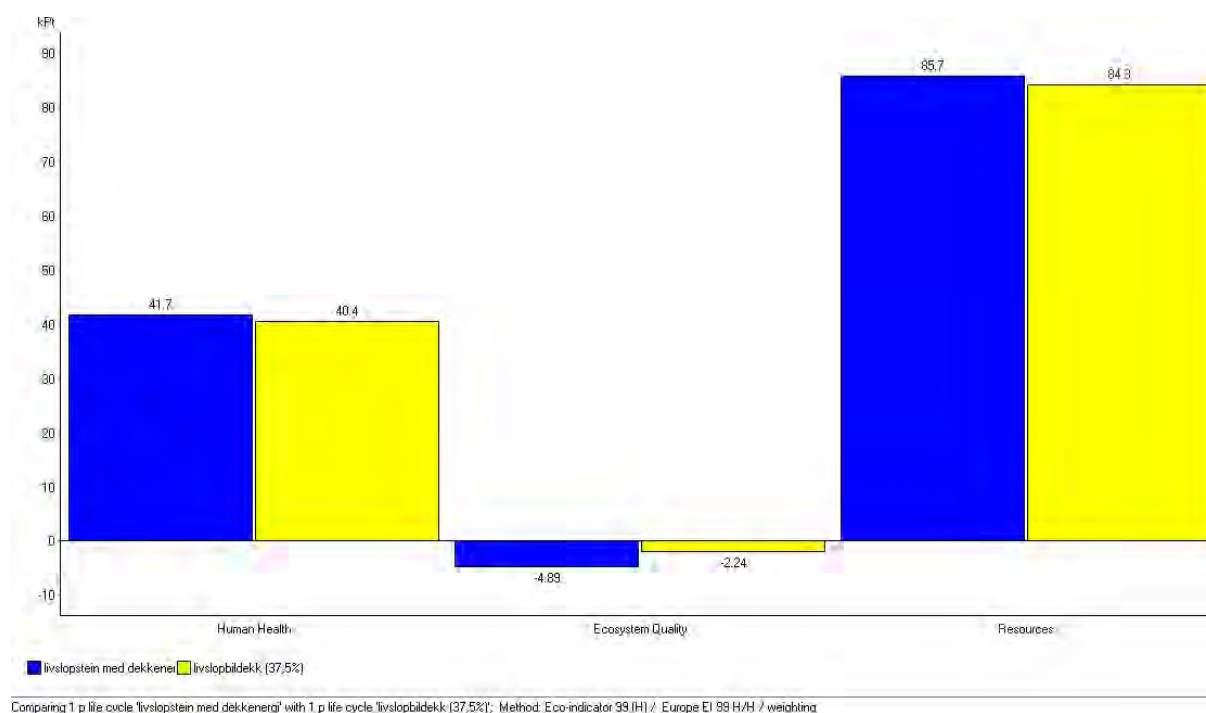
Dersom man ser på CML-modellen sin vektning, vil steinvollen med energigjenvinning ha mindre bidrag enn dekkvollen. CML-metoden vektlegger utslippene fra dekk-klipp når de ligger i vollen, og dermed vil dette være avgjørende for hvem av vollene som har minst miljøpåkjenning. Det er allikevel mindre utslipp fra dekkvollen en hva en gjennomsnittlig europeer bidrar med av miljøpåvirkninger årlig (bilag 2).

Ved å bruke EPS-metoden, vil man se at det er steinvollen med energigjenvinning som har minst miljøpåkjenninger (bilag 2). Forskjellen for de to vollene er ikke stor. De to belastningskategoriene som har de største bidragene er forringelse av reserver og faren for nedsatt levetid for mennesker



Figur 24; Normalisering av steinvoll med energigjenvinning og voll med dekk-klipp.

Dersom vi ser på vektingen av dette alternative scenarioet, vil det bli samme konklusjon som ved normaliseringen. Man bruker Eco-indikatoren som vektingsmetode og ser at det er små forskjeller mellom vollene. Totalt sett kommer vollen med dekk-klipp ut med mindre miljøbelastninger i kategoriene menneskelig helse og ressurs. Vollen med stein pluss energigjenvinning har minst belastninger når det gjelder kvaliteten på økosystemet ettersom gjenvinningen fører til at man sparer naturlandskap. Voll med dekk-klipp har 37,5% bidrag fra dekkproduksjonen.

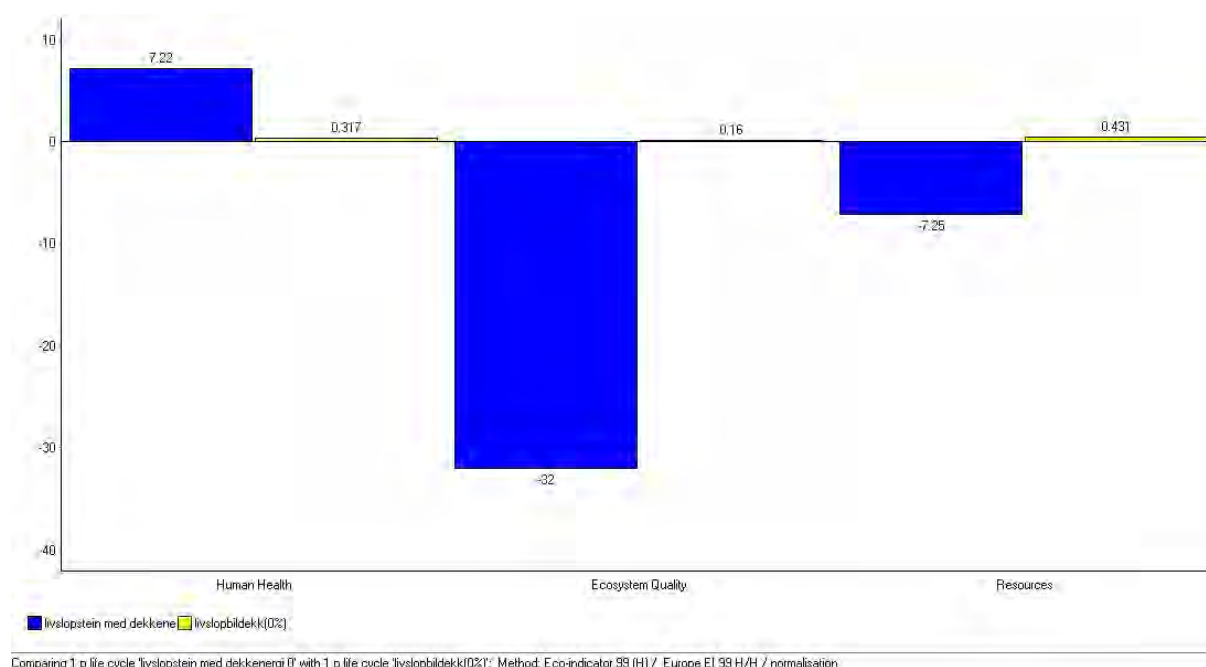


Figur 25; Vekting av steinvoll med energigjenvinning og voll med dekk-klipp.

Sammenligning av voll med stein og energigjenvinning med voll med dekk-kjerne (0% bidrag fra dekkproduksjon):

Dersom man velger å se på energigjenvinning av dekk-klipp uten at man tar med bidrag fra dekkproduksjonen vil miljøbelastningene bli atskillig mindre enn for sammenligningen gjort i figur 24. Denne sammenligningen blir gjort på grunnlag av "cut-off"-allokeringsmetoden. Analysen tar for seg steinvollen med energigjenvinning av dekk og støyvollen med dekk-klipp i kjernen. Dekkproduksjonen tas ikke med for noen av alternativene.

Resultatene fra normaliseringen i figur 26, viser at det blir minst miljøpåkjenninger fra det alternative scenarioet der steinvollen og energigjenvinning av dekk blir analysert i belastningskategoriene økosystemkvalitet og ressurser. For kategorien menneskelig helse er det støyvollen med dekk-klipp i kjernen som har minst miljøpåkjenninger. I den kategorien bidrar steinvollen og energigjenvinningen med 7,22 ganger så mye påkjenninger på miljøet enn hva en gjennomsnittlig europeer gjør årlig. Energigjenvinningen sørger for at man sparer bruk av landarealer og fossilt brensel. Dette fører til lave verdier for kategoriene økosystemets kvalitet og ressurser.



Figur 26; Steinvoll med energigjenvinning og voll med dekk-klipp.

6 Konklusjoner og vurderinger fra analysen

6.1 Konklusjoner fra livsløpsanalysen

Analysen gir flere forskjellige resultat ut i fra hvilken allokering metode som blir brukt eller ut fra hvilken vektingsmetode som er valgt, det er derfor vanskelig å dra *en* konklusjon av denne analysen.

Hvilken allokering metode som er mest riktig er vanskelig å si, da litteraturen har delt mening mellom 50/50%allokering og "cut-off"allokering. Hvilken vektingsmetode som blir lagt til grunn, er et subjektivt valg. Dette fører til at det er trukket flere konklusjoner fra analysen ut fra hvilken vektingsmetode som er valgt. Som nevnt tidligere er det ikke blitt gjort noen analyse på hvilken vektingsmetode som egner seg best ved en slik analyse.

Det er til slutt trukket en samlet konklusjon som legger de nordiske retningslinjene for allokering til grunn.

6.1.1 Eco-indikator 99 (H):

Eco-indikatoren vekter miljøbelastningene ut fra menneskelig helse, ressursbruk og økosystemets kvalitet. Fra disse kriteriene har man kommet fram til følgende slutninger.

Analyse av steinvoll og dekkvoll med 37,5% bidrag fra dekkproduksjon: Dekkproduksjonen påfører dekkvollen store miljøpåkjenninger mens steinvollen har små miljøpåkjenninger i forhold. Steinvollen bidrar med mindre miljøpåkjenninger enn en gjennomsnittelig europeer gjør årlig. Konklusjon: Steinvollen bør foretrekkes.

Analyse av steinvoll og dekkvoll med 0% bidrag fra dekkproduksjonen: For både stein og dekk som kjernen i støyvollen på 10 meter, er miljøpåkjenningene mindre enn for hva en gjennomsnittelig europeer påfører miljøet årlig. Det er ikke store forskjeller i miljøpåkjenningene for de to vollene, og med tanke på at man ved å bruke dekk gjenvinner et avfall, blir dekkvollen å foretrekke. Ved å bruke dekk i vollen utsetter man å bruke landarealer når man skal utvinne steinmaterialene. Konklusjon: Dekkvollen bør foretrekkes.

Analyse av alternativt scenario: Ved å se på hva som skjer dersom man ikke bruker dekk i vollen og velger steinmaterialer, må man legge til at dekkene går til energigjenvinning. Ved å legge den prosessen til steinvollen får vi et scenario med steinvoll pluss energigjenvinning og som blir sammenlignet med dekkvoll med 37,5% bidrag fra dekkproduksjonen. Ved dette scenarioet blir steinvollen belastet med dekkproduksjon og dermed blir forskjellen fra dekkvoll og steinvoll liten.

Dersom man ikke tar med dekkproduksjonen for energigjenvinningen og dekkvollen, har steinvollen med energigjenvinning litt mindre miljøpåkjenninger enn for dekkvollen. Bidragene er under normaliseringskriteriene og man legger da økonomien til grunn for konklusjon. Konklusjon: Dekkvollen bør foretrekkes.

6.1.2 CML-metoden:

Ut i fra CML-metoden sin vektning, se belastningskategorier i 4.3.4, er det kun dekk-klippenes utslipp mens de ligger i vollen som gir nevnbare belastninger. Disse bidragene ligger langt under det en gjennomsnittelig europeer påkjenner miljøet med årlig. Konklusjon som trekkes, er at dersom man pakker inn dekkene slik at det blir minimale utslipp, bør dekkvollen foretrekkes fordi utslippene for vollen er minimale og man unngår bruk av jomfruelig materiale (steinmateriale) ved å bruke et avfallsmateriale. Konklusjon: Dekkvollen bør foretrekkes.

6.1.3 EPS-modellen:

EPS-modellen vektet med hensyn på menneskelig helse, økosystemets produksjonsevne, ressursbruk og biologisk mangfold. Ut fra disse belastningskategoriene er følgende slutninger trukket.

Analyse av steinvoll og dekkvoll med 37,5% bidrag fra dekkproduksjon:

Bildekkproduksjonen gjør at dekkvollen påfører miljøet store påkjenninger. Det er særlig bruk av oljereserver som fører til dette. Steinvollen fører til minimale miljøpåkjenninger.

Konklusjon: Steinvollen bør foretrekkes.

Analyse av steinvoll og dekkvoll med 0% bidrag fra dekkproduksjonen: Steinvollen og dekkvollen har nesten samme bidrag til miljøet. Ut i fra analyse materialet vil det dermed ikke ha noen stor betydning hvilken voll som blir å foretrekke. Dersom man velger dekkvollen unngår man bruk av jomfruelig material fordi dekk er et avfallsmateriale.

Konklusjon: Dekkvollen bør foretrekkes.

Analyse av alternativt scenario: For steinvoll med energigjenvinning av dekk har nå påkjenningen på miljøet økt i og med at dekkproduksjonen også tilfaller steinvollen gjennom energigjenvinningen. Dette fører til at det ikke lenger er så stor forskjell i miljøpåkjenningene fra steinvollen og dekkvollen. Totalt sett er det steinvollen med energigjenvinning som har minst bidrag, men i denne vollen bruker jomfruelig materiale ved utvinning av stein. Siden forskjellen i miljøpåkjenningene for de to vollene er liten, vil dekkvollen foretrekkes ved at man bruker et avfall som konstruksjonsmateriale i stede for jomfruelig materiale.

Dersom man ikke tar med dekkproduksjonen for energigjenvinningen og dekkvollen, har steinvollen med energigjenvinning litt mindre miljøpåkjenninger enn for dekkvollen. Bidragene er under normaliseringskriteriene og man legger da økonomien til grunn for konklusjon. Konklusjon: Dekkvollen bør foretrekkes.

6.2 Økonomiske betraktninger

En av hovedårsakene til at man skal lage en støyvoll med dekk i kjernen er at man ser at dette kan føre til økonomisk fortjeneste for byggherre. Byggherre, Statens vegvesen, har inngått en avtale med RagnSells om at de skal få dekk-klippen til 20 kr/tonn. Inne i den prisen ligger også transport til vollenlegget. En forenklet beregning viser at dersom Statens vegvesen skulle ha brukt steinmaterialer ville dette ha kostet nærmere 80 000 kr for 10 meter støyvoll. Ved bruk av dekk-klipp, som de i dag har bestemt seg for, vil prisen komme på rundt 11 000 kr for 10 meter med støyvoll. Om Statens vegvesen skulle ha betalt lignende priser for dekk-klipp som man gjør i Finland ville de fortsatt ha spart penger på en slik løsning. Prisen ville i så fall ha ligget i underkant av 30 000 kr. Beregningene har tatt med pris for bentonittmembran og jordarmering, men kostnader i forbindelse med arbeidstimer er ikke lagt inn for pukk eller dekk-klipp.

Dersom man skal se på fortjenesten til RagnSells som er leverandør av dekk-klipp, vil den stort sett ligge i muligheten til å få dekk-klipp anerkjent som konstruksjonsmateriale. RagnSells sparer penger på at Statens vegvesen bruker dekk-klippen i forhold til om Norcem skulle ha forbrent dekkene. Besparelsen ligger på rundt 50-100 kr/tonn.

Sluttkonklusjonen er at det er økonomisk lønnsomt både for Statens vegvesen og RagnSells å bruke dekk-klipp i støyvollene langs E6.

6.3 Tekniske betraktninger

En av grunnene til at man skal bruke dekk-klipp i støyvollene langs E6 ved Moss og Rygge, er at det er bløt og leirholdig grunn. Dekk er som beskrevet i del 2, et lett materiale som egner seg godt i konstruksjoner over grunnvannsnivå. Totalstabiliteten til en støyvoll med dekk-kjerne vil være så god at det ikke er fare for setningsproblemer på verken vollen eller tilstøtende konstruksjoner.

Bruk av steinmaterialer i vollen fører til at det må tas hensyn til de usikre grunnforholdene. På enkelte strekninger vil dette medføre at man må laste på stein, vente for å sikre at det ikke blir setningsproblemer, og så laste på mer masse. Dette er en tidkrevende prosess og kan medføre ekstrakostnader i forbindelse med antall arbeidstimer.

Det ble i oktober holdt et møte i Moss der utførende entreprenør fikk en omvisning på RagnSells sin lagringsplass til dekk-klipp. Ut i fra det utførende så, av stabilitet, legging og bruk av utstyr, mente de at det ikke skulle bli noen problem med utlegging av klippet. De må ikke bruke anleggmaskiner med luft i dekkene, da disse vil punkteres av stålrester i dekk-klippen.

Siden det ikke finnes noen tegninger eller prosedyrer for støyvoll med dekk-klipp i Norge, har løsninger som ivaretar krav om estetikk, funksjon og miljø blitt utarbeidet. Vollen er konstruert og tegnet av Bjørn W. Marthinsen ved Scandiaconsult i Drammen.

Litteratur fra andre land, som Sverige, Finland, USA og Canada, viser at det ikke bør være noen frykt for at dekkene kan lekke ut store mengder med miljøfarlige stoffer. Avrenningsvannet vil bli tatt hånd om og kontrollert i noen år framover, og man vil ta kontroller av deformasjon og temperaturutvikling i vollen. Ut fra dette vil man få kunnskap om hvordan materialet oppfører seg over tid.

Sluttkonklusjonene for de tekniske egenskapene til støyvollen, er at bruk av dekk-klipp i kjernen egner seg godt både når grunnforholdene er stabile og ustabile. Det er viktig at dekk-klippen ligger over grunnvannsnivå slik at faren for utlekking er minimal.

6.4 Sammendrag av konklusjonene:

Ut i fra de konklusjonene som er gjort, er det helt avgjørende for to av vektingsmetode, Eco og EPS, hvilken allokering metode som er valgt. For disse to metodene vil steinvollen ha de minste bidragene uansett hvor stort eller lite bidrag man velger at dekkproduksjonen skal ha, men ved 0% bidrag fra dekkproduksjonen er forskjellen i miljøpåkjennningene for de to vollene så liten at da kan andre forutsetninger settes til grunn for hvilken voll som foretrekkes.

I Norden er det laget en veiviser for allokering som sier at ved gjenbruk, skal man tilegne all miljøpåkjennning til det primære produktet, altså bruke "cut-off"-allokeringsmetoden. Denne bestemmelsen fører til at støyvoll med dekk-klipp i kjernen bør foretrekkes med grunnlag i livsløpsanalysen. I tillegg legger man i denne livsløpsanalysen de økonomiske betraktningene til grunn når miljøbelastningene er små eller når de to alternative vollene ikke har noen særlig forskjell i miljøpåkjennning. Dette bidrar med å styrke valget av støyvoll med dekk-klipp i kjernen.

Konklusjon: Støyvoll med dekk-klipp i kjernen bør foretrekkes.

6.5 Vurdering om hvordan LCA kan brukes i veisektoren

Ut i fra litteratur som er lest om andre LCA-studier som er utført i veisektoren, kan man si at LCA egner seg som et hjelpemiddel til å vurdere prosjekter. En livssyklusanalyse kan gi svar på en rekke spørsmål ved at man belyser en del ting, som for eksempel produksjon av et råmateriale, man ikke ville sett så nøye på ved kun en vanlig prosjektering. LCA ikke egner seg som en helhetsvurdering av miljøkonsekvenser forbundet med for eksempel veibyggning. Det er fordi analysen ikke tar for seg elementer som dyreliv, estetikk, naturmiljø og landskap.

I denne analysen har man sett på et relativt nytt materiale som man ikke kjenner så godt. I slike sammenhenger kan det være lurt å gjennomføre en livsløpsanalyse for å kartlegge alle inn- og utgangsfaktorer. I denne prosessen kan det være hensiktsmessig å ikke sette strenge systemgrenser da man kan risikere å se bort i fra viktige elementer. Ved å gjennomføre en livssyklusanalyse, kan man oppdage eventuelle materialer man bør unngå å gjenbruke. Dette kan for eksempel være stoffer som er helseskadelige eller miljøfarlige. Ved en livsløpsanalyse som i dette tilfellet, kan man også se på miljøkonsekvensene ved forskjellig avhending. Dette kan føre til bedre utnyttelse av ressurser, både material og energi.

Samtidig som en livssyklusanalyse er et viktig hjelpemiddel til å kartlegge miljøkonsekvenser, er det viktig å være klar over at det er både tidkrevende, kostbart og kunnskapskrevende. Det vil for Statens vegvesen kunne være hensiktsmessig å utføre analyser for prosjekter som gjentas, for eksempel bruk av gjenbruksbetong kontra nye masser. Da vil man få kartlagt eventuelle miljøgevinster og disse vil kunne være sammenlignbare ved lignende prosjekter. Det vil også kunne være hensiktsmessig å gjennomføre livssyklusanalyser for helt nye materialer, slik som i denne analysen. Da vil man få innsikt i materialets oppbygning og livsløp. For mindre prosjekter kan enkle miljøanalyser være tilstrekkelig.

Referanseliste

- 1) Bo Westerberg og Josef Mácsik, 2000: *Laboratorieprovning av gummiklipp miljøgeotekniske egenskaper*. Institutt for Väg- och vatenbyggnad, Luleå tekniske universitet, teknisk rapport 2001:02.
- 2) Hans Huhmarkangas og Fredrik Lindell, 2000: *Däckklipp som konstruksjonsmaterial*. Institutt for Väg- och vatenbyggnad, Luleå tekniske universitet, examensarbete 2000:320 Civ.
- 3) Christian Becker, 1998: *Miljø- og kostnadmessig sameligning av gjenbruk og konvensjonell dekkelegging*. Institutt for Veg- og jernbanebygging, NTNU.
- 4) Statens vegvesen Håndbok 052, 1979: *Skjerming mot vegtrafikkstøy*.
- 5) Norsk Standard, 1997: *Miljøstyring. Livsløpsvurdering Prinsipper og rammeverk*, ISO 14040:1997
- 6) Mroueh, Eskola et al, 1999: *Life cycle assessment of road construction*. Finnish National Road administration, Finnra reports 17/2000.
- 7) Håkan Stripple, 1995: *Livscykelanalys av väg. En modellstudie för inventering*. Institutt for vetten och luftvårdsforskning (IVL), IVL rapport B1210.
- 8) Jensen, Elkington et al, 1997: *Life cycle assessment. A guide to approaches, experiences and information sources*. European Environmental Agency, dk-TEKNIK rapport.
- 9) Arnt-Olav Håøya, 2002: *Miljørisiko ved bruk av kvernet bildekk i støyvoll. Stedsspesifikk risikovurdering*. Scandiaconsult rapport nr 1.
- 10) R.Heijungs et al, 1996: *Life cycle assessment: What it is and how to do it*.
- 11) Ole Jørgen Hanssen, 1999: *Status of Life Cycle assessment activities in the Nordic region*.
- 12) Tomas Ekvall og Anne-Marie Tillman, 1997: *Open- loop recycling: Criteria for allocation procedures*.
- 13) Tomas Ekvall and Göran Finnveden: *Allocation in ISO 14041- A Critical Review*.
- 14) Goodyear: www.goodyear.com og Goodyear Norge ved Inge Lehmann og per_detterman@goodyear.com
- 15) www.viacon.no har blitt brukt som leverandør av geotekstiler i denne oppgaven
- 16) www.naue.com er produsent for flere geotekstiler og er blitt brukt i denne oppgaven ettersom det er dette firmaet ViaCon forhandler med
- 17) www.albarrie.com her det opplysninger om bentonittmembran

- 18) www.tcmirafi.com/PDF/PDS/INDIV/PDS.PRO.0102.pdf her er opplysninger om geonett som er blitt brukt i oppgaven.
- 19) www.visveg.no er blitt brukt til å finne transportavstander innad i Norge
- 20) www.theaa.com/travelwatch/planner_main.jsp er blitt brukt til å finne transportavstander i Europa
- 21) www.ragnsells.no og Kjell Høilund har bidratt til informasjon om returordningen av bildekk i Norge samt annen informasjon om bildekk.
- 22) Bengt Steen, 1999: *A Systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS). Version 2000 - General system characteristics*. CEM report 1999:4
- 23) <http://www.pre.nl> her finner man informasjon om Eco-indicator 99 (vekting)
- 24) <http://www.leidenuniversity.nl> her finner man informasjon om Leiden-metoden (vekting)
- 25) <http://www.snsk.no> ; Store Norske Spitsbergen kullkompani
- 26) Lindfors et al, 1995: *Nordic Guidelines on Life-cycle Assessment*. Nord 1995:20, Nordic Consul of Ministers, Copenhagen
- 27) www.energifakta.no/documents/Fakta/Omregning/fossilt.htm
- 28) A. Repo, 1997: *Renkaiden hyödyntäminen tierakenteissa, Esiselvitys*. Tielaitos Uudenmaan tiepiiri, Säkkipäline Puhtaanapito OY, Helsinki
- 29) Humphrey et al, 1993: *Shear strength and compressibility of tire chips for use as retaining wall backfill*. Transportation Research Record 1433.
- 30) <http://www.iso14000.com> og <http://www.iso.ch/iso/en/aboutiso/introduction/whatisISO.html>; her kan man finne informasjon om ISO-standarden
- 31) www.michelin.no
- 32) www.rmrc.unh.edu/partners/userguide/st1.htm
- 33) <http://www.vegvesen.no/ostfold/prosjekter/ostfoldpakka/bakgrunn.stm>

Bilag 1

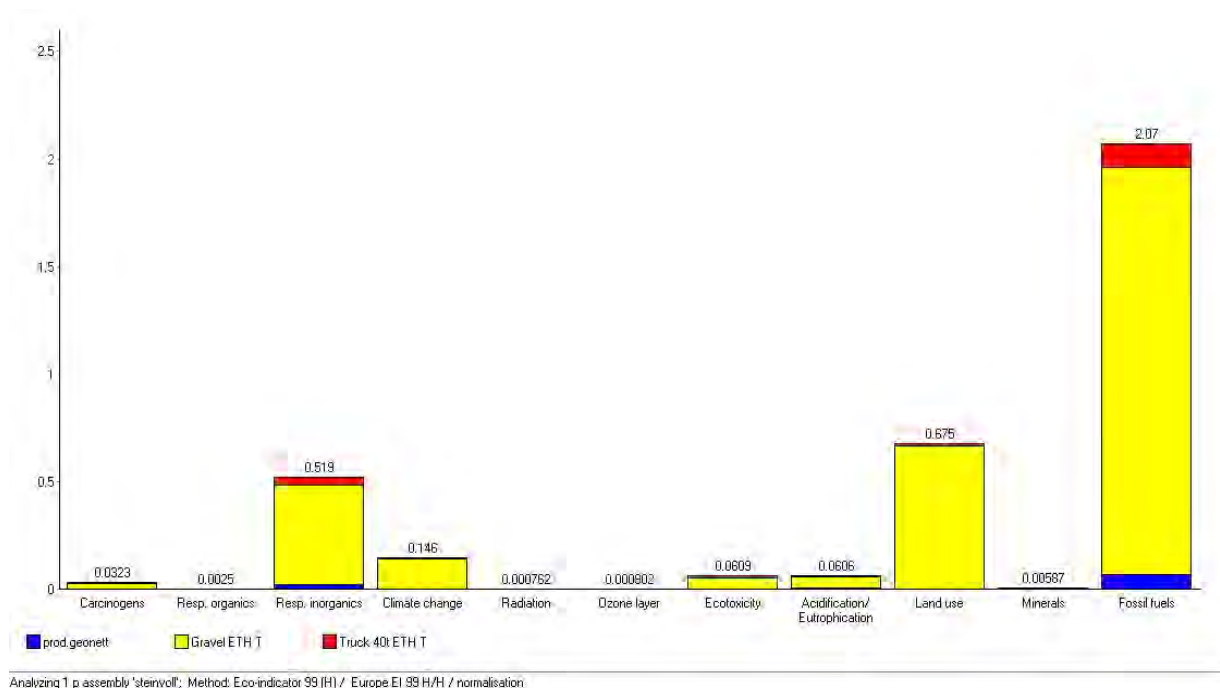
Støyvoll med steinkjerne (steinvoll)

Normalisering av steinvollen.

Normalisering gir oss et svar på hvilke effekter som er store og hvilke som er små ut fra hvilken vektingsmodell man har valgt. Man får opp de ulike belastningskategoriene og resultatene settes opp mot den totale miljøbelastningen en gjennomsnittlig europeer påfører miljøet i løp av et år. Denne verdien er tallet 1. Dersom tallet er over 1, er belastningen større enn en person gjennomsnittlig påfører miljøet. Det motsatte dersom tallet er under 1.

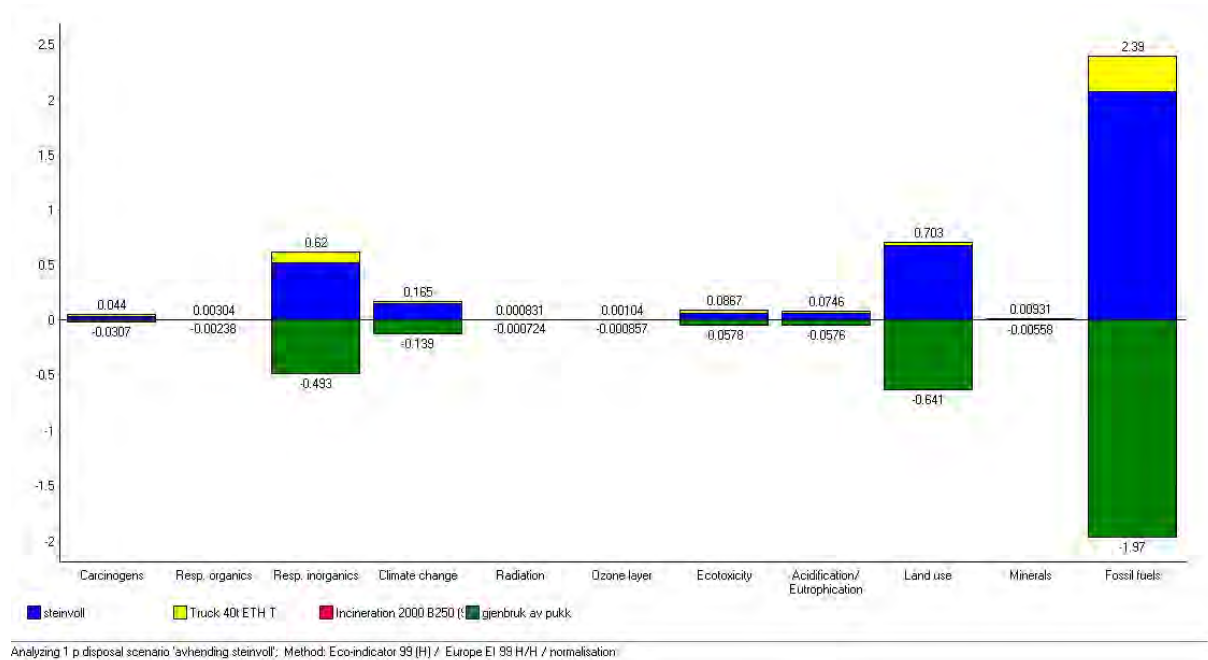
Figur 27 viser normalisering av steinvollen med dens prosesser og materialvalg. Her er det kun oppstrøms man ser. Fra gulfargen på søylene kan man se at det er steinmaterialene (gravel) som fører til store miljøpåkjenninger. I alle belastningskategoriene bortsett fra fossilt brensel (fossil fuels) er verdiene under det som er normalt, altså under 1. Transporten (truck 40T) er frakt av steinmasser fra pukkverk til vollenlegget. Avstand er på 3.5 km, og ettersom det er relativt store masser som fraktes, får transporten et bidrag på 0.13.

Produksjon av støyvoll med steinkjerne fører til at man bruker dobbelt så mye fossilt brensel enn hva en gjennomsnittlig europeer gjør årlig.



Figur 27; Normalisering av steinvoll.

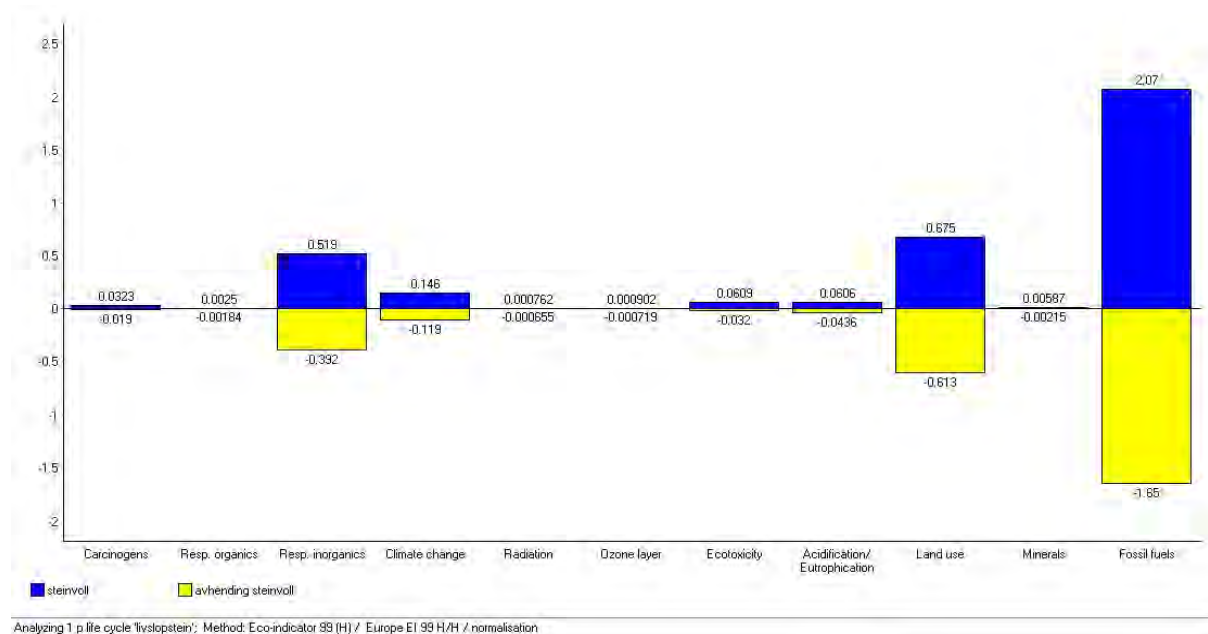
Figur 27 viser miljøbelastningene til prosessene og materialene som går oppstrøms. Avhending av steinvollen er en nedstrøm prosess. Avhendingen av steinvollen er stort sett kun gjenbruk. Steinmaterialene brukes på nytt igjen i et annet prosjekt uten noen form for bearbeiding. Jordarmeringen (PP) går til forbrenning. Figur 28 viser normaliseringen av avhending av steinvoll.



Figur 28; Normalisering av avhending av steinvoll.

Søylene med grønn farge i figur 28 viser gjenvinningsprosessen. Bidrag under 0-linjen viser miljøpåkjenninger man unngår ved å gjenbruke steinmaterialene. Transporten (truck 40t) er transport av steinmaterialene fra vollen til nytt sted de skal gjenbrukes på, her antatt 10km

For å se på hele livsløpet til støyvollen med stein i kjernen, legger man sammen alle hendelsene som skjer for å tilfredstille den funksjonelle enheten. I dette tilfelle vil da normaliseringen bli som vist i figur 29.

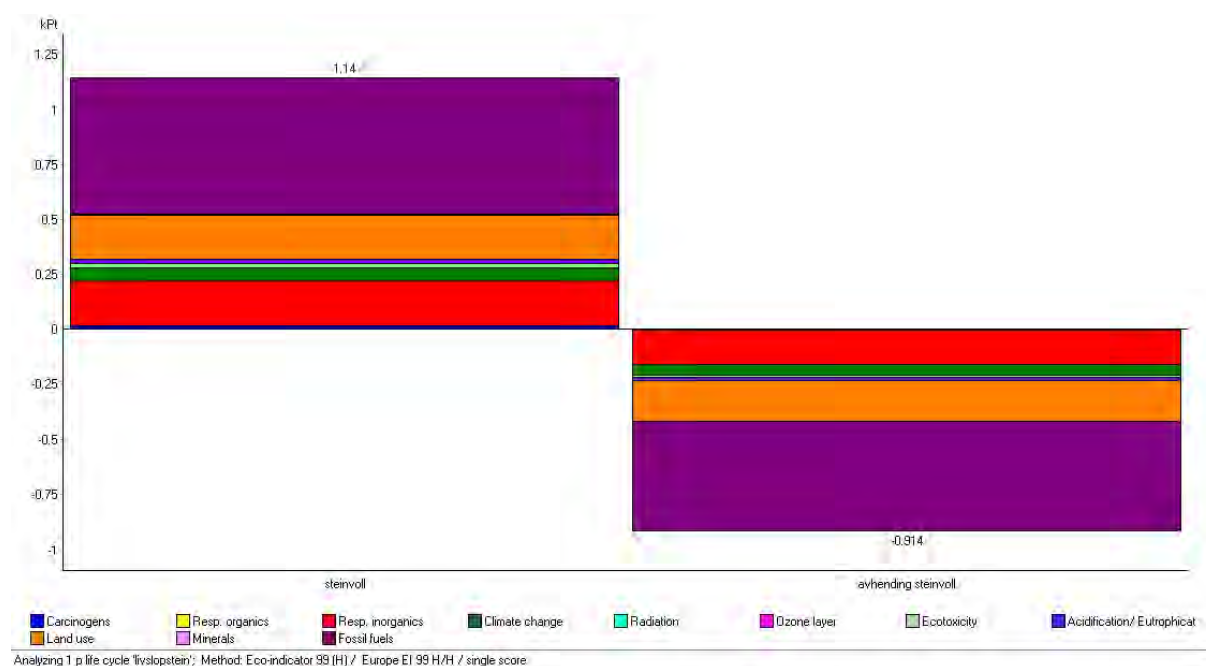


Figur 29; Normalisering av livsløpet til en støyvoll med steinkjerne.

Figur 29 viser at det er bruk av fossil brensel (fossil fuels) som bidrar med høyest belastning på miljøet. Også bruk av landarealer (land use) blir relativt høy ettersom man tar steinmasser fra naturen. Men ettersom 100% av steinmaterialene går til gjenbruk, blir ikke den totale påkjenningen på miljøet så stor. Naturen blir spart for nye inngrep og ettersom steinmaterialene allerede er behandlet trenger man ikke bruke så store mengder energi (fossilt brensel) til å få tilsvarende materialer. Totalt sett vil påkjenningene fra steinvollen være lavere enn hva en gjennomsnittlig europeer belaster miljøet med årlig.

Indikator

For å se hvordan de ulike utslippene er for hver enkelt prosess, brukes indikatorpresentasjonen. Denne tar utgangspunkt i den vektingsmetoden som er valgt. I dette tilfellet er det Eco-Indikator 99. Eksempelvis kan man se på figur 30, som viser livsløpet til steinvollen. Figuren viser utslippene og miljøpåkjenningene som oppstår ved produksjon av steinvollen og hvilke miljøpåkjenninger man unngår ved å gjenbruke steinmaterialene.



Figur 30; Utslipp som skjer i forbindelse med livsløpet til en støyvoll med steinkjerne.

Enheten som y-aksen benevnes med, Pt, står for ”points” og er en relativ størrelse. 1 Pt = utslippet fra 1000 gjennomsnittlige europeere. Man bruker denne enheten for å få en ubenevnt størrelse hvor man kan sammenligne ulike alternativer for samme funksjonell enhet.

Oversettelse av utslippene:

Carcinogens = kreftfremkallende stoffer, økende sjanse for kreft.

Resp. organics = luftveissykdommer som følge av organiske stoffer.

Resp. Inorganics= luftveissykdommer som følge av uorganiske stoffer.

Climate change = klimaendringer.

Radiation = stråling

Ozon layer = nedbrytning av ozonlaget.

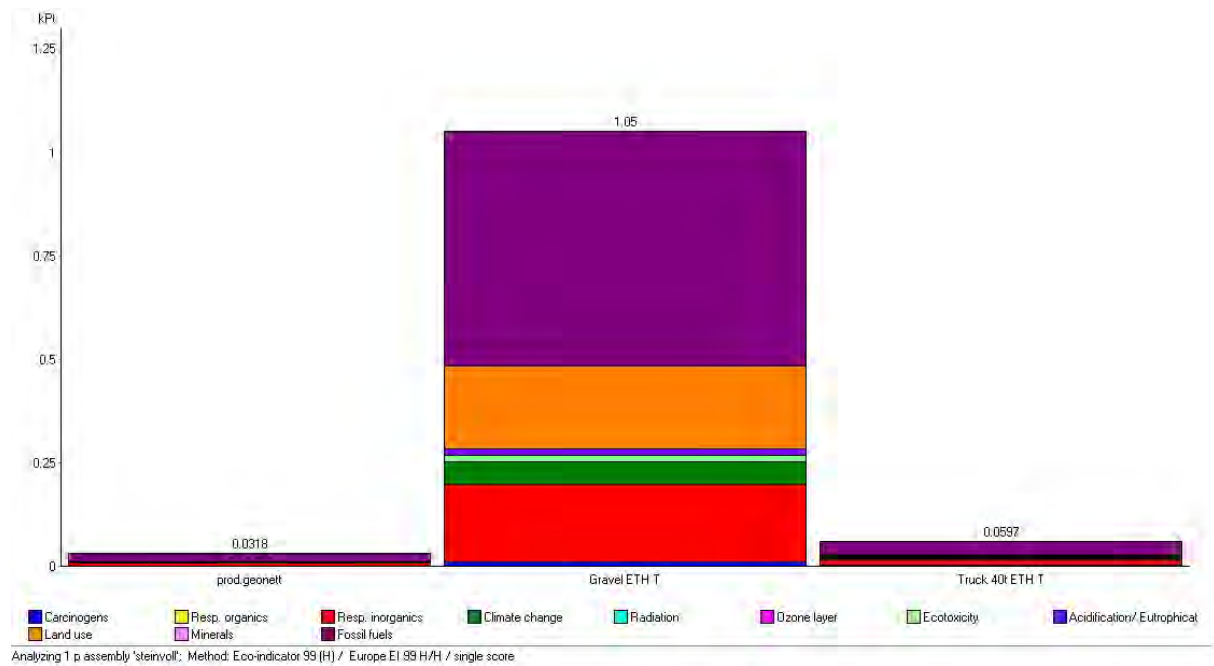
Ecotoxicity = miljøforurensing.

Acidification/Eutrophication = forsurening/ overgjødning

Land use = arealbruk

Minerals = mineraler

Fossil fuels = fossilt brensel.



Figur 31; Utslipp i forbindelse med produksjon av støyvoll med steinkjerne.

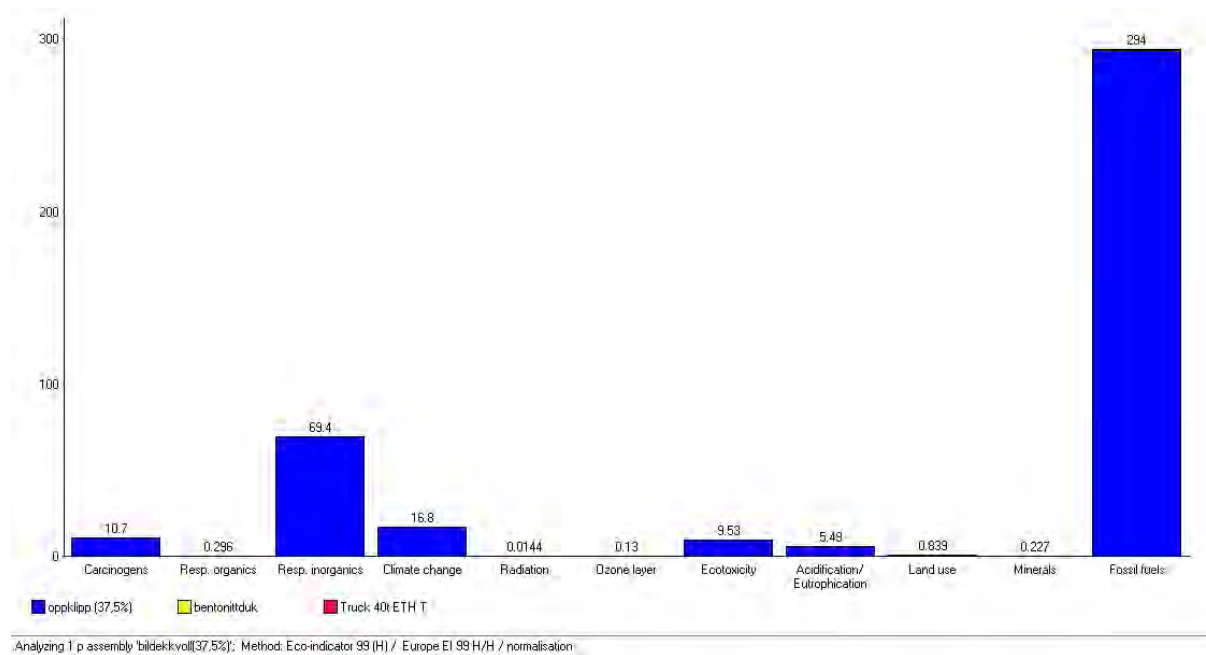
I figur 31 viser hvordan utslipp det er i forbindelse med produksjon av pukk (gravel). Det kommer klart frem her at det er energibruken (fossil fuels) som gir de største utslippsbidragene til miljøet.

Bilag 2

Støyvoll med dekk-kjerne (37,5% bidrag fra dekkproduksjon)

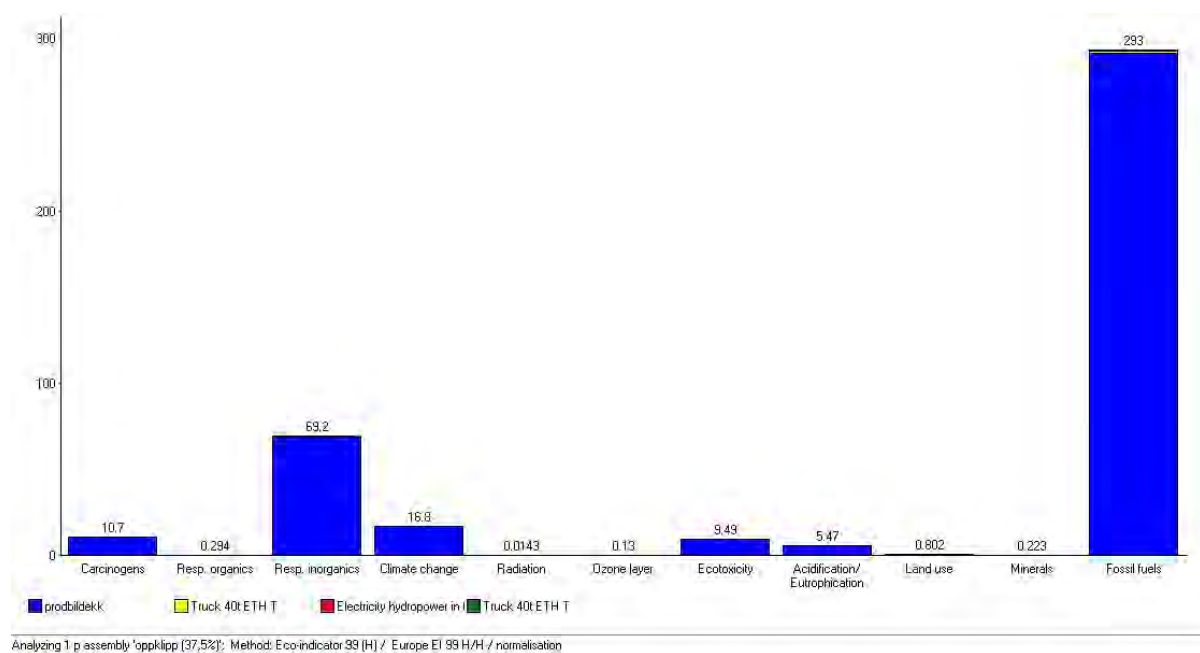
Normalisering av dekkvoll.

For støyvoll med dekk-kjerne, fra nå beskrevet som dekkvoll, ser man først på produksjonen av hele vollen og de miljøpåkjenningene som oppstår i denne forbindelsen.



Figur 32; Normalisering av produksjonen av dekkvoll.

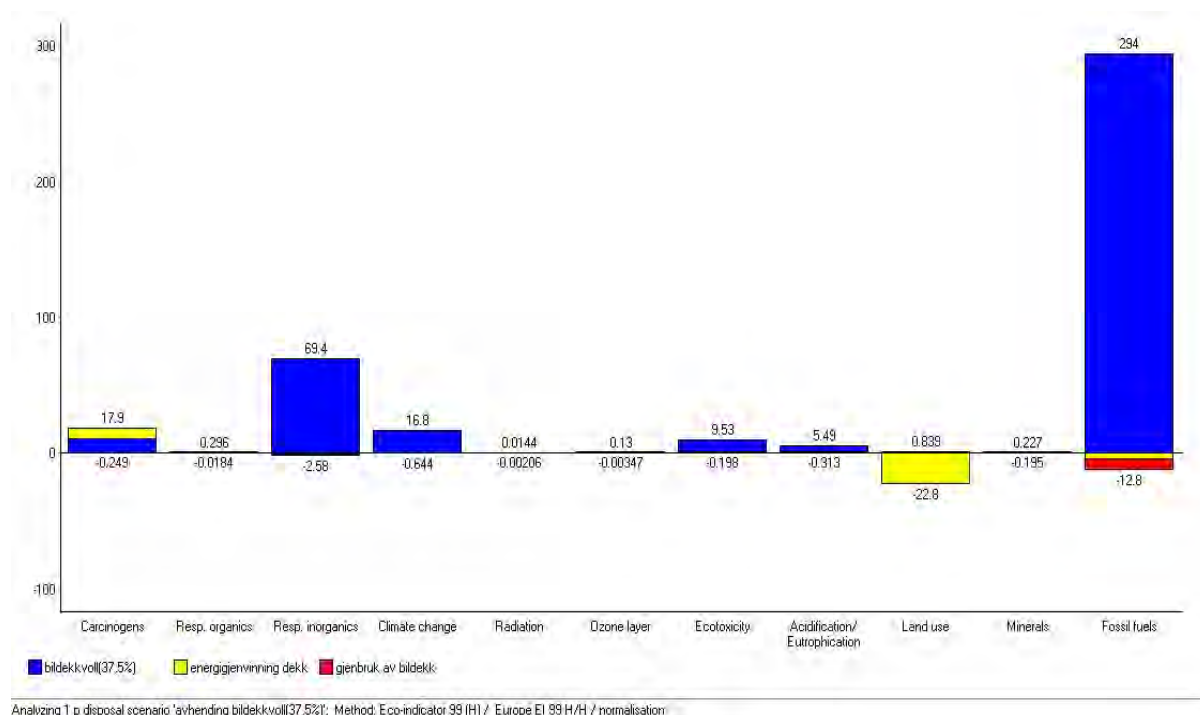
Figur 32 viser normaliseringen av dekkvullen. Prosessen som heter oppløp (37,5%) består av bidrag fra bildekkproduksjon med en vektning på 37,5%, frakt til Norge, innsamling av bildekk og oppløp av bildekk. Hvordan miljøbelastningen er i denne prosessen er vist i figur 33. Bidraget fra bentonittduken så liten at den ikke er med på figur 32. Produksjon og transport av duken gir mindre miljøpåkjenning enn en gjennomsnittlig europeer. Også transporten av oppløpet fra Bamble til Moss gir en miljøpåkjenning mindre enn 1.



Figur 33; Normalisering av produksjon av oppklipp (37,5%)

Som man kan se fra figur 33, er det bildekkproduksjonen som har størst bidrag til miljøpåkjenningene. Dette kommer av at bildekkproduksjonen er en ekstremt energikrevende prosess og bruker store mengder med fossilt brensel. De andre prosessene (truck og elektrisitet) bidrar med miljøpåvirkninger under 1, normal miljøpåvirkning fra en gjennomsnittlig europeer.

Figur 32 og 33 viser miljøbelastningene til prosessene og materialene som går oppstrøms. Avhending av dekkvollen er en nedstrøm prosess. Etter endt levetid går 70% av dekkene til forbrenning med energigjenvinning. 30% av dekkene går til gjenbruk. Bentonittmembranen går til vanlig avfallsforbrenning.



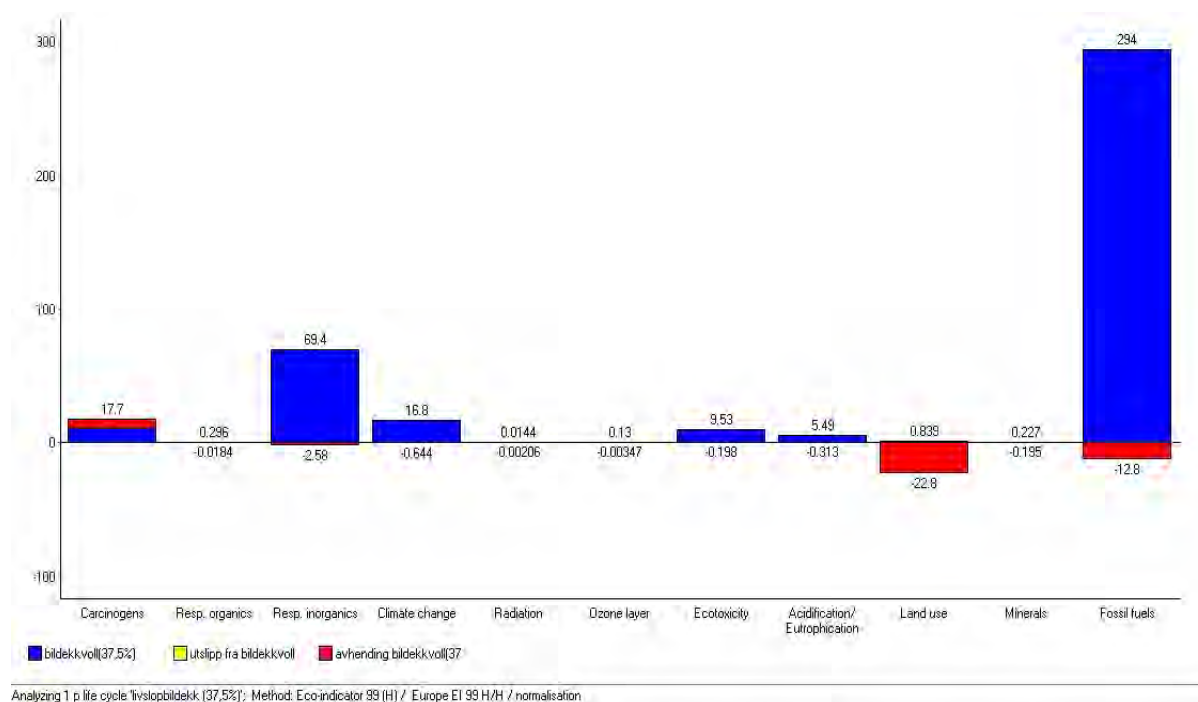
Figur 34; Normalisering - Avhending av dekkvollen.

Figur 34 viser miljøpåvirkningene ved avhending av dekkvollen med de gule og røde søylene. Søylene under 0-linjen viser at forbrenning av dekk vil spare arealbruk (land use) og bruk av fossil brensel (fossil fuels). Derimot fører forbrenningen av dekkene til en produksjon av kreftfremkallende stoffer som er nærmere 7 ganger så stor som en gjennomsnittlig person i Europa påfører miljøet årlig.

Nå har man sett på delprosessene i dekkvollen. Ved å se på både produksjon (figur 32) og avhending (figur 34) av vollen, vil man få vollens livsløp.

Normalisering av livsløpet til dekkvollen, figur 35, viser at produksjonen av bildekkene påfører miljøet store belastninger. Som nevnt tidligere er dekkproduksjonen energikrevende, noe som man ser tydelig på normaliseringen. Produksjonen fører til miljøpåkjenning på nesten 300 ganger så mye som en gjennomsnittlig person påfører miljøet rundt seg årlig. Miljøpåvirkningene fra fossil brensel tar både for seg bruk av ikke fornybar ressurs, forurensing ved forbrenning av brenselet og andre påkjenninger ved uthenting og bruk.

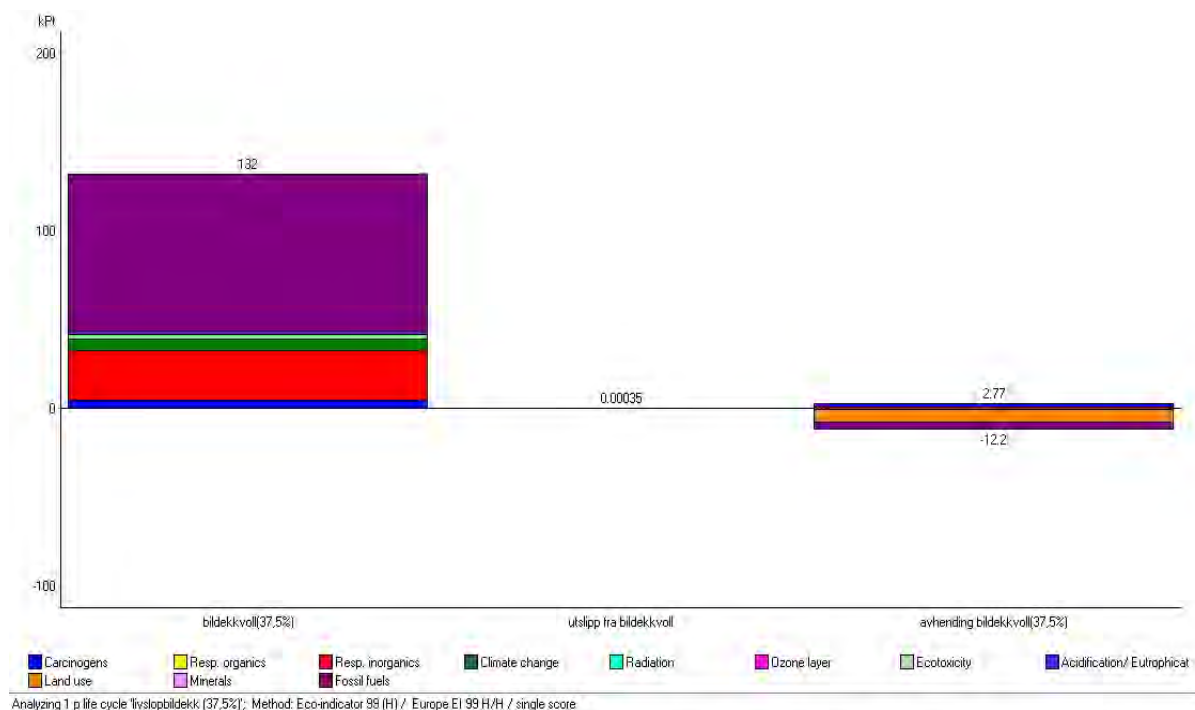
Det er verdt å merke seg at utslippene fra bildekkene mens de ligger i vollen er så små at de ikke vil ha noen særlig påvirkning på miljøet. De er på 0,35 totalt fordelt på de ulike belastningskategoriene og er da under normal gjennomsnittlig påvirkning fra en person i Europa.



Figur 35; Normalisering av livsløpet til dekkvollen.

Indikator

For å få en annen fremstilling av evalueringen brukes indikatorpresentasjon. Her sammenstilles utslippene fra hver enkelt prosess, og man ser dermed hvilken prosess som påfører miljøet størst belastning. For støyvollen med dekk-kjerne, vist i figur 36, er det ikke overraskende at det er bruk av fossilt brensel i dekkproduksjonen som bidrar mest.

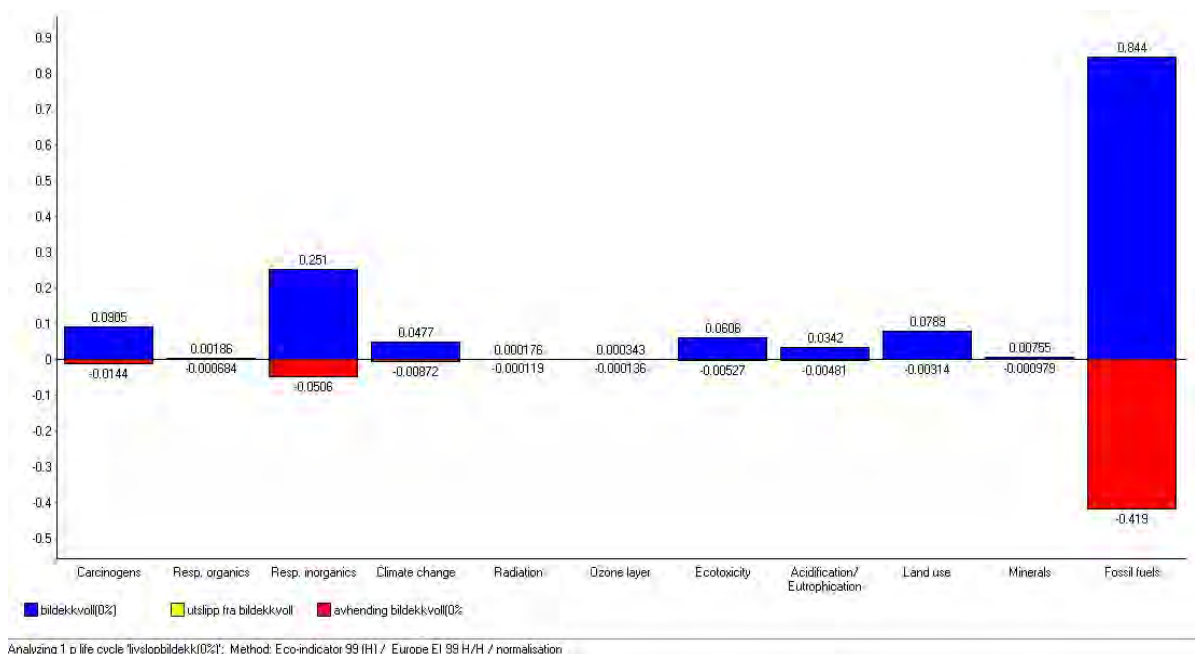


Figur 36; Utslipp fra livsløpet til støyvoll med dekk-kjerne.

Støyvoll med dekk-kjerne (0% bidrag fra dekkproduksjon)

Normalisering

Produksjonen av bildekk er meget avgjørende i miljøpåvirkningen til støyvollen med dekk-kjerne. Dette har ført til at det er laget en analyse der dekkproduksjonen ikke er tatt med slik at man enklere kan se hvor stor innvirkning den har. ”Cut-off”-metoden er brukt til allokering (dette er forklart i rapporten 4.3.2)



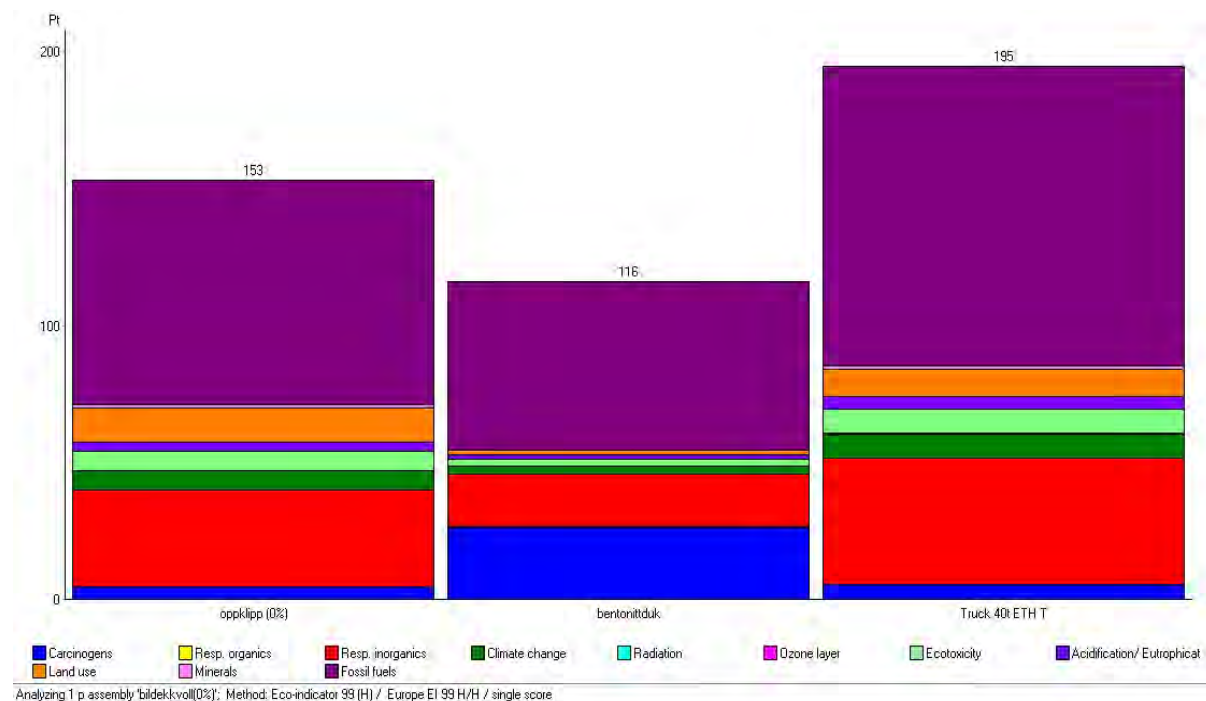
Figur 37; Normalisering av dekkvull med 0% bidrag fra dekkproduksjon.

Ut i fra figur 37 kan vi se at alle bidragene i belastningsklassene er under normal. Den belastningskategorien som er mest belastet er bruk av fossil brensel. Det fossile brenselet er brukt i transport fra Bamle, hvor oppklipping av dekk skjer, og til vollenlegget.

Det er en stor forskjell i miljøpåkjenninger for de to dekkvollene med henholdsvis 37,5% og 0% bidrag fra dekkproduksjonen.

Indikator

For å kunne se hvilke eller hvilken prosess i denne vollen som bidrar med de største utslippene har man her tatt med indikatorpresentasjon av produksjonen av vollen. Figur 38 viser at det er transporten i de forskjellige frasene som bidrar med de største miljøpåkjenningene. Produksjon av bentonittduken fører til produksjon av kreftfremkallende stoffer. Det er også verdt å merke seg at kategorien ”luftveissykdommer som en følge av uorganiske stoffer” (resp.inorganics) har et relativt stort bidrag fra dekkvullen.

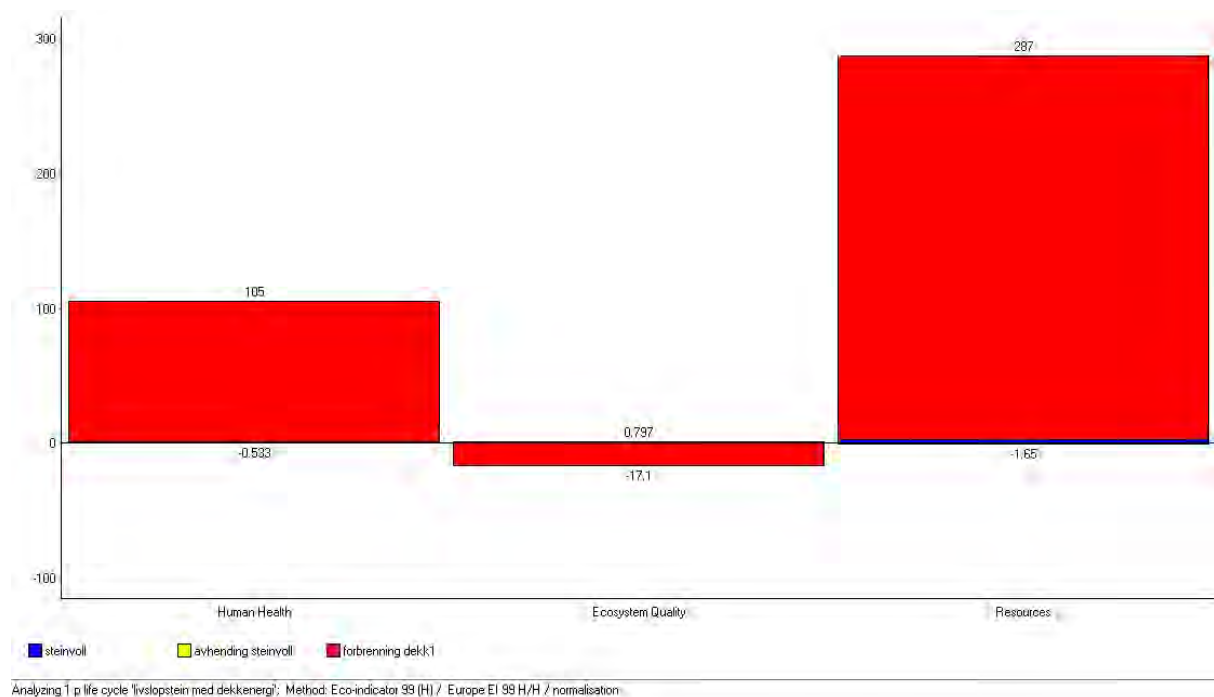


Figur 38; Utslipp fra produksjon av støyvoll med 0% bidrag fra dekkproduksjon.

Alternativt scenario - Sammenligning av steinvoll med energigjenvinning og dekkvoll.

Dersom man velger å lage støyvullen på tradisjonell måte med steinmaterialer i kjernen, må dekkene få en annen avfallsbehandling. I dag går dekkene enten til energigjenvinning, blir brukt som konstruksjonsmaterialer eller til andre formål. I denne analysen ser man på energigjenvinning.

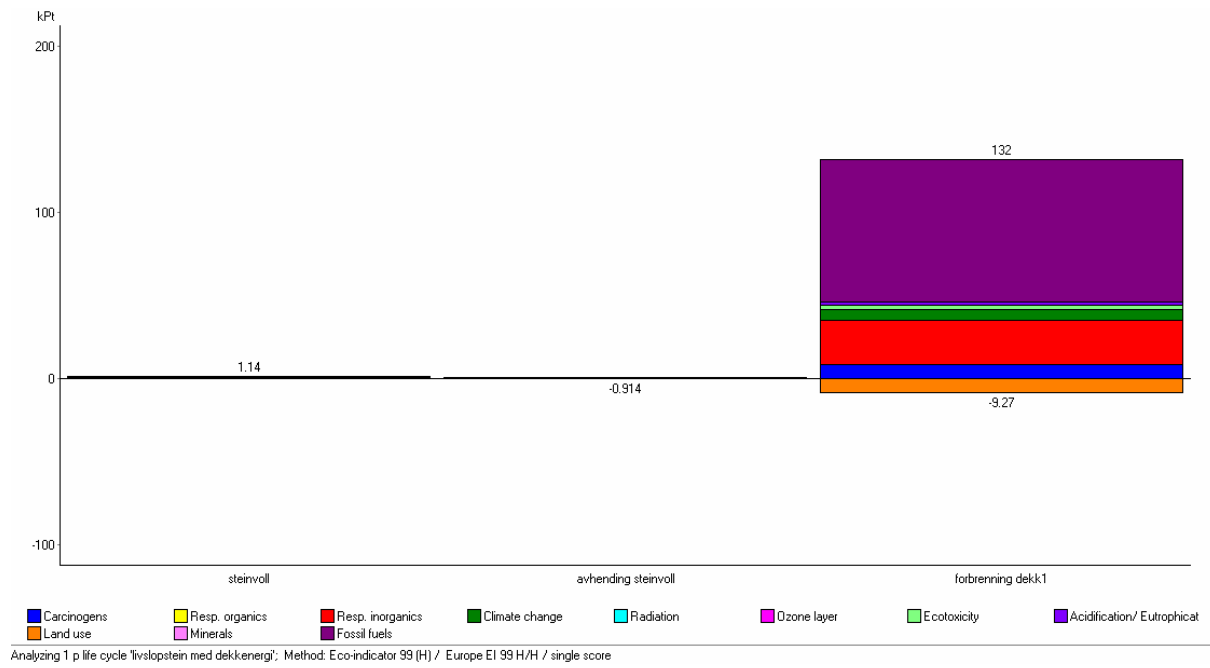
Som alternativt scenario blir steinvullen tillagt forbrenning av dekk og deretter blir den sammenlignet med dekkvullen. Dette scenarioet ser bort fra den funksjonelle enheten som er fastsatt tidligere og tar for seg støyvoll, med samme krav som tidligere, samt avhending av bildekk som en forenklet funksjonell enhet.



Figur 39; Normalisering av støyvoll med stein og energigjenvinning.

I dette bilaget vil det bli sett på normaliseringen til vollen med stein og energigjenvinning. Normaliseringen kan gi oss litt informasjon om miljøeffektene er store eller små og i hvilken prosess vi finner dem. Figur 39 viser at det er forbrenningen av dekkene som bidrar med store miljøpåkjenninger. Det er ikke selve forbrenningen som gir de største bidragene men produksjonen av bildekk. 37,5% bidrag fra dekkproduksjonen er tatt med i energigjenvinningen. Allokeringemetoden er nevnt tidligere.

De belastningskategoriene som har de høyeste verdiene er menneskelig helse, der kreft-fremkallende stoffer og fare for luftveissykdommer på grunn av uorganiske stoffer gir de høyeste bidragene. Ressurser, der forbruk av fossilt brensel gir også høye bidrag. Energigjenvinningen sparer miljøet for utvinning av andre energikilder og dermed bidrar den positivt til økosystemets kvalitet. Figur 40 viser indikatorfremstilling der man kan se hvilke belastningskategorier som bidrar med mest miljøpåvirkning i for de tre prosessene steinvoll, avhending av steinvoll og energigjenvinning av dekk-klipp. Det kommer tydelig frem at det er størst belastninger ved forbrenning av dekk-klippet.



Figur 40; Utslipp fra livsløp til steinvoll med energigjenvinning.

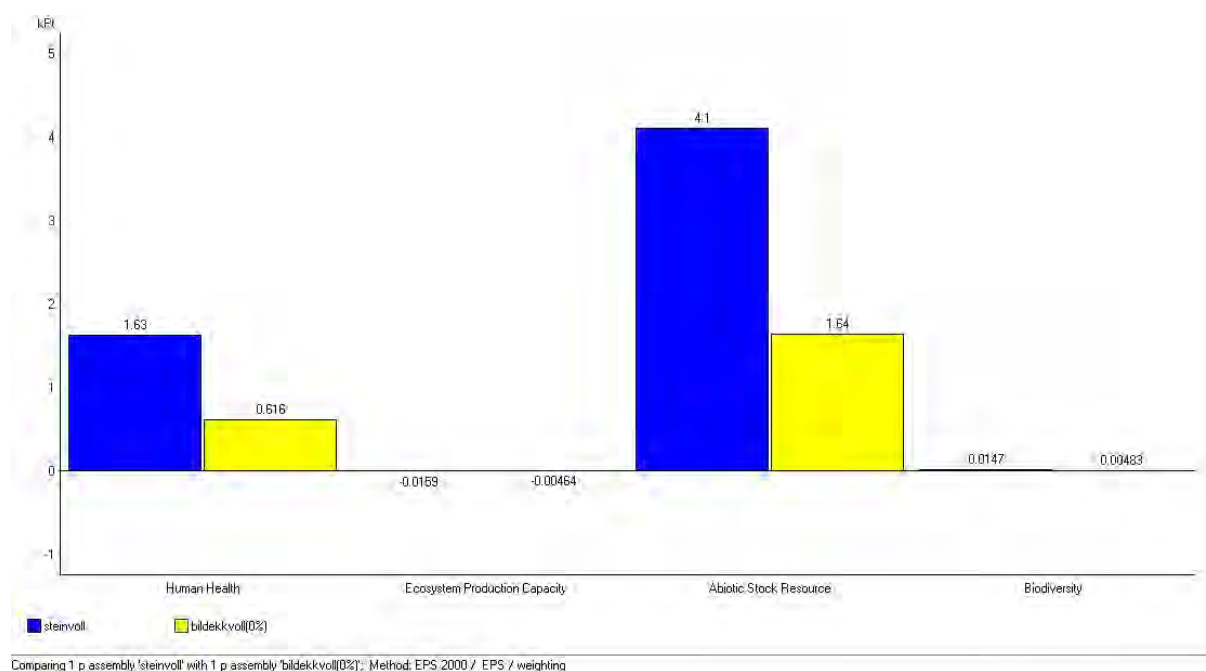
Bilag 3

Sammenligning av støyvollene.

EPS-modellen.

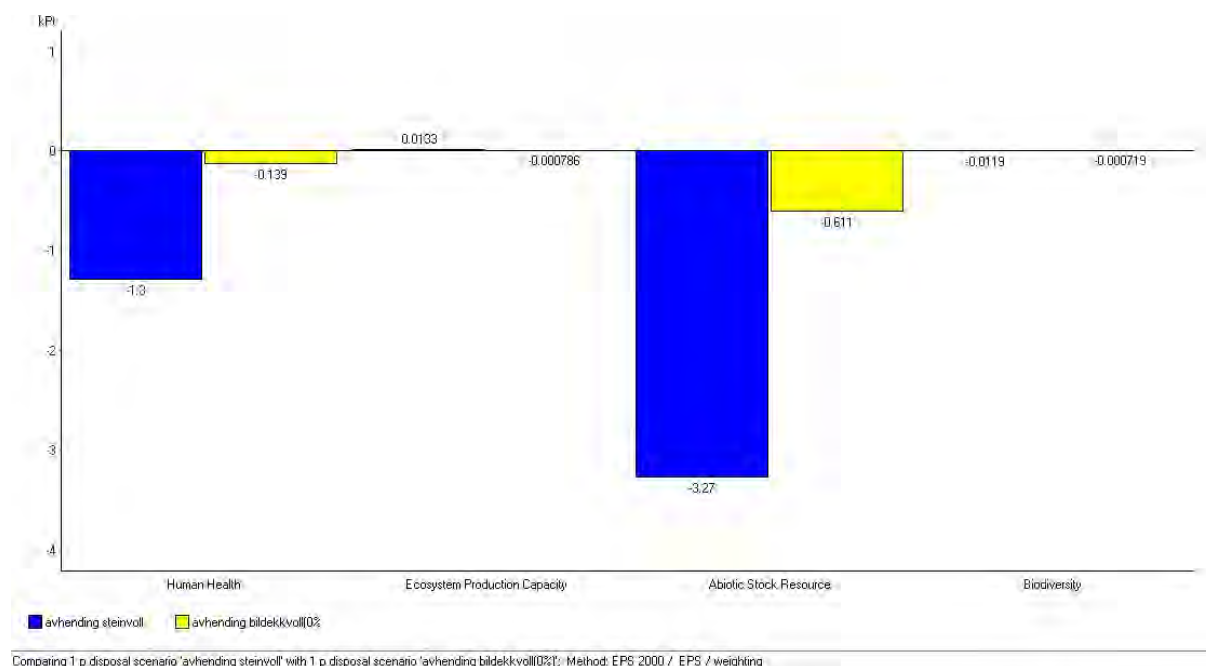
Ettersom sammenligningen av støyvoll med steinkjerne og kjerne av dekk med 0% bidrag fra dekkproduksjonen med EPS-modellen viste seg å være avhenging av vollenes avhenging er det tatt med en nøyere gjennomgåelse av dette.

Figur 41 viser at dersom man kun ser på vollene frem til de står på Huggenes, vil støyvollen med dekk ha de minste miljøbelastningene. Miljøbelastningene som steinvollen har kommer i forbindelse med utvinning og transport av steinmaterialene.



Figur 41; EPS-modellen .Sammenligning av steinvoll og dekkvoll (0% bidrag).

Dersom man så ser på avhendingen vil resultatene for hvilken voll som har de største miljøbelastningene endres. Ettersom pukk blir gjenbrukt i sin opprinnelige form etter endt livsløp, sparer man den energien som først ble brukt til utvinning i nestes generasjons produkt. Dette vil da telle positivt for steinvollen sin vektning. Dekkvollen blir delvis forbrent og delvis gjenbrukt etter endt levetid, men det er ikke så ressursparende som avhendingen av steinvollen. Figur 42 vil vise hvordan vektingen av avhendingen av vollene er. Ved å legge sammen resultatene til figur 41 og 42 vil man få resultatet av sammenligningen av vollene ved bruk av EPS-modellen. I 4.3.4 i rapporten vil man kunne se resultatet.

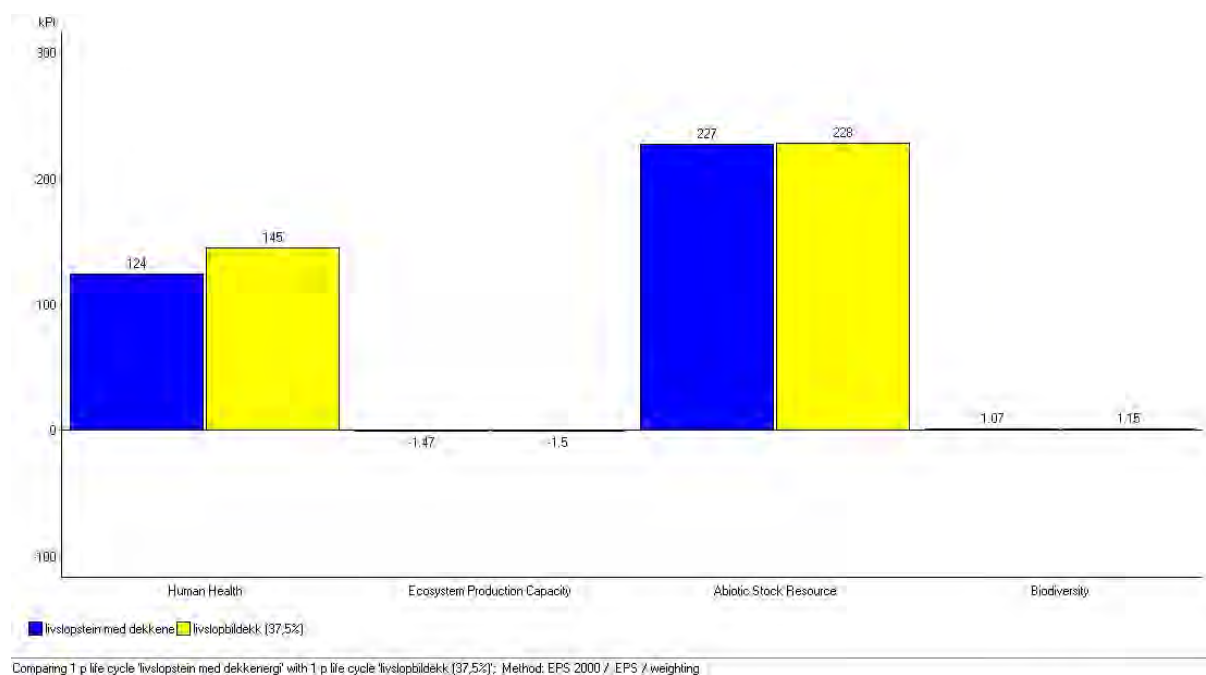


Figur 42, EPS-modellen. Sammenligning av avhending av steinvoll og dekkvull (0% bidrag).

Alternativt scenario- Sammenligning av steinvoll med energigjenvinning og dekkvull.

Det er i rapporten trukket frem noen resultater fra sammenligning av støyvoll med steinmaterialer i kjernen og med energigjenvinning av dekk med støyvoll med dekk-kjerne. De resultatene som vil vises til her er fra vekting ut fra EPS-metoden, figur 43, og CLM-metoden figur 44.

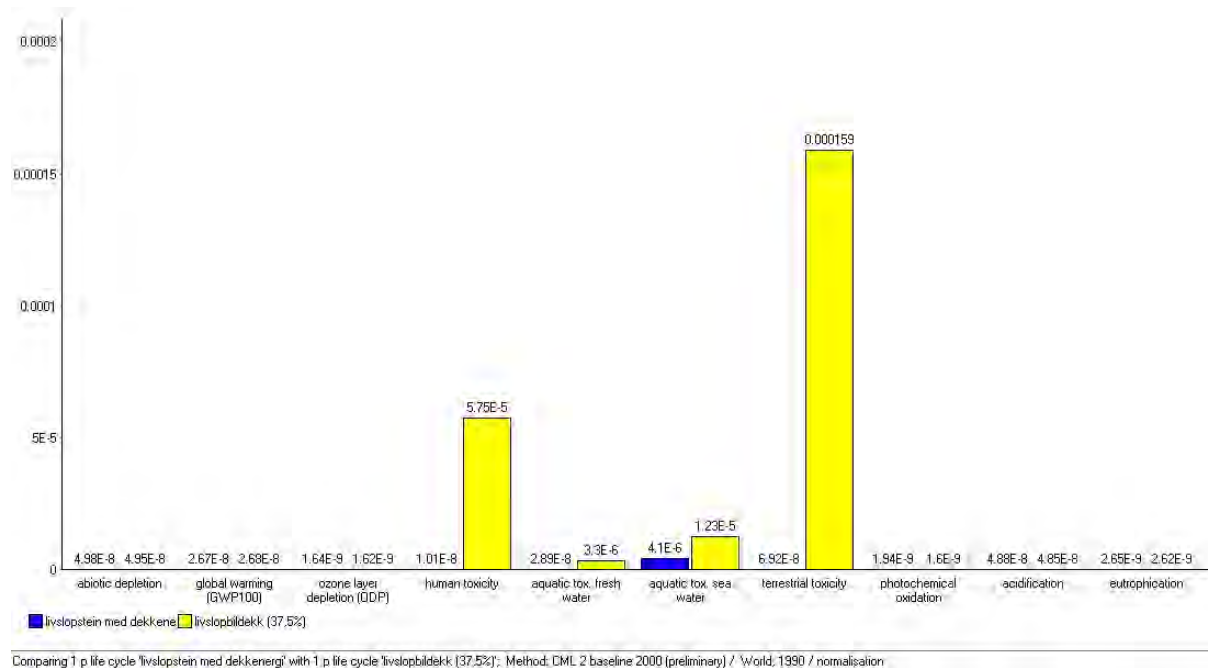
EPS-metoden:



Figur 43; Vekting av steinvoll med energigjenvinning og dekkvull.

Resultatene er beskrevet i rapporten.

CML-metoden:



Figur 44; Normalisering av livsløp til steinvoll pluss energigjenvinning og voll med dekk-kjerne.

Resultatene fra CML-metoden er i rapporten. Metoden tar for seg utslippene til dekk-klippet mens de ligger i vollen. Det fører til at det er livsløpet til dekkvollen som får de største miljøpåkjenningene. Disse er allikevel under det som en gjennomsnittlig europeer påfører naturen og miljøet årlig. Metoden tar kun for seg karakterisering og normalisering.

Vedlegg 1

Litteraturoversikt

Bengtsson M, "Värderingsmetoder i LCA, Metoder för viktning av olika slags miljöpåverkan - en översikt" CPM, Chalmers tekniska högskola Göteborg 1998, CPM report 1998:1

Carlson R & Pålsson A-C, "Establishment of CPM's LCA database", CPM, Chalmers University of Technology, Gothenburg, 1998, CPM report 1998:3

Jönsson Å, "Life-cycle Assessment (LCA) of building frames". In: Applications of environmental data and declarations for building materials, Nordic workshop, Danish Building Research Institute and Nordic Council of Ministers, Hørsholm, 1998, SBI report 306

Leone U Meier R Mirulla Rubik F & Wolff R, Final report of EU project The Use of Life Cycle Assessment within Business Decision-Making Processes and Its Implications for Environmental Policy, 1998

Rubik F & Frankl P (eds.), "The Use of LCA in Business Decision-Making Processes and Its Implications for Environmental Policy" Contributing authors: Bartolomeo M, Baumann H,

Beckman T, von Däniken A, Frankl P, Swan F G, "Evaluation of Land Use in Life Cycle Assessment", CPM, Chalmers University of Technology, Gothenburg, CPM-rapport 1998:2

Tillman A-M, "LCA-baserade miljövarudeklarationer typ III, Utvärdering av manual, Rekommendationer till vidare utveckling", CPM, Chalmers University of Technology, Göteborg 1998, CPM report 1998:4 (LCA-based environmental product declarations type III Evaluation of manual Recommendations for further development), (In Swedish)

Eriksson E, Lindfors L-G, Pålsson A-C & Ribbenhed M, "Manual för granskning av livscykelanalyser - med applikation på EPD", Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm 1999, AFR-report 248, (Manual for review of life cycle assessments (LCA), with application on environmental product declarations (EPD)), (In Swedish) Erixon M, "Practical Strategies for Acquiring Life Cycle Inventory Data in the Electronics industry", CPM, Chalmers University of Technology & Göteborgs Universitet, Göteborg 1999, CPM-rapport 1999:3

Gillberg B, Fagerlund G, Jönsson Å & A-M Tillman, "Betong och miljö" Svensk Byggtjänst, Stockholm 1999

Baumann H & Rydberg T (1994), "Life-cycle assessment: A comparison of three methods for impact analysis and Evaluation" Journal of Cleaner Production 2(1), pp 13 - 20, 1994

Carlson R (1994), "LCA-data i gemensam pott" ByggForskning 6/96, sid 30-31, 1996

Tillman A-M, Ekvall T, Baumann, H & Rydberg T (1994), "Choice of system boundaries in life cycle assessment" Journal of Cleaner Production, 2(1), pp 21 - 29, 1994

Jönsson Å, Björklund T & Tillman A-M (1998), "LCA of Concrete and Steel Building Frames - A Case Study" International Journal of LCA, volume 3, no 4, pp 216-224, 1998

Bengtsson M & Steen B (2000), "Weighting in LCA - Approaches and Applications" Environmental Progress volume 19 No 2, pp 101-109, 2000

Jönsson Å (2000), "Tools and methods for environmental assessment of building products-methodological analysis of six selected approaches" Building and Environment, volume 35, pp 223-238, 2000

Baumann, H (2002). " International Journal of LCA could have received better acknowledgement" To appear in International Journal of LCA, volume 7. no 1

Baumann, H. "How does a new field get recognised? Overview of the status of Environmental academic Journals" Submitted to Journal of Industrial Ecology

Baumann H, "A Beginner's introduction to LCA" Technical Environmental Planning, Chalmers University of technology, Göteborg 1994, TEP report 1994:3a

Tillman A-M & Baumann H, "General Description of Life Cycle Assessment Methodology" Teknisk Miljöplanering, Chalmers Tekniska högskola, Göteborg 1995, TEP rapport 1995:5

Vedlegg 2

Beregninger

Transportavstander

Overdekningsjord

Produksjon	0 km	dette gjelder for begge vollene
Transport	0 km	

Bentonittmembran

Lübeckke-Moss	990 km	
---------------	--------	--

Dekk-klipp

trans fra oppklipp til lager	105 km	tur/retur gir 50/50% allokering
trans fra lager til anlegg	3,5 km	ligger ved Mosseporten
trans fra innsamling	80 km	avstand fra Oslo til Bamle. Tur/retur transport gir 50/50% allokering

Dekk

transport fra produksjon til Norge	1080 km	transport fra Hannover til Oslo
------------------------------------	---------	---------------------------------

Geonett

transport fra Almeo (Nederland) til Moss	1270 km	
--	---------	--

Steinmaterialer

transport fra pukkverk til vullanlegg	3,5 km	Moss pukkverk
---------------------------------------	--------	---------------

Masse

Bentonittmembran

		trenger	200 m ² membran
<u>geotex:</u>	120 g/m ²	det gir i kg	<u>24 kg</u>
<u>leire</u>	4101 g/m ²		<u>820,2 kg</u>
<u>geotex2:</u>	223,2 g/m ²		<u>44,64 kg</u>
<u>total masse</u>	5370 g/m ²		<u>1074 kg</u>

Geotekstil

<i>Polypropylen</i>	0,252 kg/m ²	trenger	160 m ² jordarmering i voll 30 m ² jordarmering i støttevoll
---------------------	-------------------------	---------	---

<u>total masse</u>			<u>47,88 kg</u>
--------------------	--	--	-----------------

Dekk

Trenger 200 m³ dekk for 10 m voll
Densitet dekk 500 kg/m³

total masse 100 tonn

Antall dekk:

1 dekk veier : 8 kg

totalt: 12500 dekk trengs til vollen. Antagelse er at kun bildekk brukes.

Mengde av komponentene i dekk:

	totalt	
Stål	12500 kg	
Tekstilfibere	5000 kg	
sammensetning i gummi:		
50% naturgummi	37500 kg	
30% karbon	22500 kg	
20% olje	15000 kg	
1% svovel	750 kg	
sum	93250 kg	dette er tilnærmet 100 tonn

Steinmateriale

Volum på voll	400 m ³
volum støttevoll	180 m ³
densitet	1,7 t/m ³

Totalt 986 tonn

Energigjenvinning av bildekk

her antas det at det er like mye energi i 1 tonn dekk som i 1 tonn kull. Det gir oss:

100 tonn bildekk = 100 tonn kull

TKE= tonn kullekvivalent

enhet	enhet
1 TKE	29300 MJ
100TKE	2930 GJ

Det gjenvinnes i vår analyse: 2930 GJ

Oppklipping av bildekk

RagnSells bruker en oppklipper som bruker:

Energiforbruk:	250 kW/h	
antall timer	15 h/døgn	arbeidsdøgn er 15 timer
ant. tonn pr døgn	10 tonn/døgn	vi trenger 100 tonn i vollen

totalt energiforbruk for 10meter voll med dekk-kjerne:

ant timer 150 h

energi 37500 kW

Data innlagt i SimaProSteinvoll**materialer**

Steinmaterialer (gravel)	964 tonn	
Polypropylen (PP ETH T)	50 kg	

transport

geonett	64 tkm	Nederland-Moss
steinmaterialer	3374 tkm	Moss pukkverk- vullanlegg

avhending scenario

forbrenning	5 %	PP går til forbrenning (incineration)
gjenbruk av pukk	95 %	Pukk går til gjenbruk
transport fra avhening til gj.bruk	9640 tkm	Antar at pukken kjøres 10km før den gjenbrukes som fyllmasse el.

Bildekkvoll, 25% bidrag fra dekkprod.**Produksjon bildekk(totalt)****materialer**

EPDE rubber ETH / gummi	37500 kg	
Carbon black ETH / karbon	22500 kg	
Sulphur / svovel	15000 kg	
Aramid st gr I / tekstilfiber	500 kg	
Iron / jern	12500 kg	

prosess

Eletrisistet GR	11848 GJ	
-----------------	----------	--

Oppklipping**materialer**

bildekk	0,25 p	fra allokeringen velges 25% bidrag fra bildekkproduksjonen.
---------	--------	---

transport

bildekk	27000 tkm	transport fra Hannover til Oslo 1/4 avstand
innsamling dekk	8000 tkm	innsaml. dekk fra Oslo/Akershus til Bamle
frakt	1100 tkm	transport fra Bamle til vollanelgg

prosess

Electricity hydropower	37500 kWh	velger elektrisistet av type vannkraft
------------------------	-----------	--

Bentonittduk**materiale**

bentonite ETH T / bentonittleire	820 kg	
PP ETH T/ polypropylen	70 kg	

prosess

textile processing	70 kg	sammensetting av polypropylentekstilen
--------------------	-------	--

transport

bentonittduk	1063 tkm	transport fra Lübeckce-Oslo
--------------	----------	-----------------------------

avhending scenario for vollen		kommentar
forbrenning med energigjenvinning	70 %	Denne fordelingen er fra dagens avfallsbehandling.
gjenbruk av dekk	30 %	
<u>Bildekkvoll, 0% bidrag fra dekkprod.</u>		
Produksjon bildekk(totalt)		
materialer		
Her blir det ingen bidrag!		
Oppklipping		
materialer		
bildekk 0%	1 p	
transport		
bildekk	0 tkm	transport fra Hannover til Oslo 1/4 avstand innsaml. dekk fra Oslo/Akershus til Bamle transport fra Bamle til vollanelgg
innsamling dekk	8000 tkm	
frakt	1100 tkm	
prosess		
Electricity hydropower	37500 kWh	velger elektrisitet av type vannkraft
Bentonittduk		
materiale		
bentonite ETH T / bentonittleire	820 kg	
PP ETH T/ polypropylen	70 kg	
prosess		
textile processing	70 kg	sammensetting av polypropylentekstilen
transport		
bentonittduk	1063 tkm	transport fra Lübeck-Oslo
avhending scenario for vollen		
forbrenning med energigjenvinning	70 %	Denne fordelingen er fra dagens avfallsbehandling.
gjenbruk av dekk	30 %	

Økonomi

Ved beregninger av kostadene er det kun beregnet hva Statens vegvesen må betale for å få satt opp vollen.

Steinvoll:

Pukk

Her trenger man: 964 tonn pukk
Pris pr tonn 68 kr/tonn

Total pris pukk: 65552 kr

Geonett

Her trenger man:	200 m ²
Pris ferdig lagt	20 m ²

Total pris geonett: 4000 kr

Transportkostnader:

Transportavstand	3,5 km
Kostand pr km	kr/km

Total pris transport kr

Totalt for steinvoll: 69552

Dekkvoll:

<i>Dekk</i>		Alternativt om man skal betale for dekk
Her trenger man	200 m ³	200 m ³
Pris pr tonn	0 kr/m ³	83 kr/m ³
Total pris	0 kr	16600 kr

Bentonittmembran

Her trenger man:	200 m ²
Pris ferdig lagt	45 kr/m ²

Total pris: 9000 kr 9000 kr

Transportkostnader:

Egen avtale med RagnSells om at Statens vegvesen skal bet 20kr/tonn	2000	2000 kr
---	------	---------

Totalt for dekkvoll: 11000 kr 27600 kr



DELPROSJEKT 2 "MILJØPÅVIRKNING"

Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer er et prioritert tema i Gjenbruksprosjektet. Selv de teknisk minst krevende anvendelser av gjenbruksmaterialer kan stoppe opp på grunn av vår manglende kontroll over miljøpåvirkning. SFT stiller klare krav til hva som skal karakteriseres som farlig avfall, og har også definert normverdier for tillatt innhold av forurensning i jord i følsomme arealer. Det er imidlertid ikke formulert noen grenser for miljøpåvirkning mellom disse to ytterlighetene. Miljøpåvirkning er av SFT definert som tiltakshaverens ansvar.

Målet med DP2 er å utarbeide en enkel modell for vurdering av miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer for de mest vanlige tilfeller av deres anvendelse i vegbygging. Ved å utføre grundig arbeid for slike "standardtilfeller", ønsker man å komme fram til praktiske akseptkriterier for gjenbruksmaterialer eller kriterier for begrensning av bruksområder for gjenbruksmaterialer.

Organisering av delprosjekt 2 Miljøpåvirkning tok sin endelige form i løpet av utarbeidelsen av denne arbeidsrapporten. Delprosjektet er delt inn i tre aktiviteter:

- DP2-1 Miljødeklarasjon
- DP2-2 Miljørisikovurdering
- DP2-3 Akseptkriterier for gjenbruksmaterialer i vegbygging

DP2-1 Miljødeklarasjon

Målet for denne aktiviteten er å definere gjenbruksmaterialenes utlekkingspotensial, samt vurdere muligheter for en jevnlig kontroll av miljøegenskaper som gir grunnlag for en miljødeklarasjon. Gruppen ser på eksisterende systemer for miljødeklarasjon av materialer og vurderer muligheter for deres anvendelse eller tilrettelegging for gjenbruksmaterialer..

DP2-2 Miljørisikovurdering

Aktivitetens mål er å utvikle en modell for vurdering av miljørisiko knyttet til gjenbruksmaterialer i vegbygging. Metodikken for det er basert på SFTs retningslinjer for risikovurdering (SFT 99:01) og europeisk standard for dokumentasjon av avfall (ENV 12920).

DP2-3 Akseptkriterier for gjenbruksmaterialer i vegbygging

Målet er å utnytte resultater fra DP2-1 og -2 på en praktisk måte. En mulighet er å formulere grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer på grunnlag av laborietester. En annen mulighet er å formulere begrensninger med hensyn til bruksområde.

Delprosjektgruppen for DP 2 Miljøpåvirkning består av:

- Gordana Petkovic, Vegdirektoratet/Teknologiavdelingen (delprosjektleder)
- Arnt-Olav Håøya, Scandiaconsult
- Christian Engelsen, Norges Byggeforskningsinstitutt
- Gijs Breedveld, Norges geotekniske institutt
- Roald Aabø, Vegdirektoratet/Teknologiavdelingen
- Torbjørn Jørgensen, Vegdirektoratet/Teknologiavdelingen
- Harald Ihler, Statens vegvesen, Region Øst

GJENBRUKSPROSJEKTET



DELPROSJEKT 5 "LETTE FYLLINGER OG ISOLASJON"

Målet er å tilrettelegge og øke gjenbruket av alternative lette materialer som skumglass, oppkuttete bildekk, aske, slagg, EPS blokker o.l. Noen av materialene er også aktuelle til frostsikringsformål. Materialene skal defineres og spesifiseres i størst mulig grad som ferdige produkter, for å lette arbeidet for Vegvesenet eller andre byggherrer (bestillere). Bl.a. skal det etableres ordninger for materialdeklarasjon. Dokumentasjon av miljøegenskaper er vesentlig for å kunne vurdere miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer.

Delprosjekt 5 "Lette fyllinger og isolasjon" er delt inn i 4 aktiviteter:

- DP5-1 Bildekk
- DP5-2 Skumglass
- DP5-3 Flyveaske
- DP5-4 Isolering med gjenbruksmaterialer

For alle aktivitetene vil følgende bli utført:

Gjennomgang av aktuelt bakgrunnsstoff

Hoveddelen av arbeidet dekkes av litteraturstudier i forbindelse med universitetsoppgaver (doktorgrad, hovedoppgave og prosjektoppgaver i Norge og Sverige) i tillegg til oppfølging og vurdering av utførte prosjekter i Norge og andre land.

Bedømmelse av materialenes brukbarhet

Aktiviteten skal munne ut i kriterier for vurdering av brukbarhet av materialene. Fysiske, mekaniske og miljøtekniske egenskaper skal dokumenteres og testmetoder angis (laboratorietesting). Gjennom dette arbeidet skal krav til materialene formuleres.

Designforutsetninger, praktisk utførelse, kontroll

Det skal utarbeides grunnlag for dimensjonering av lette fyllinger og frostsikrede vegkonstruksjoner med gjenbruksmaterialer. Retningslinjer for praktisk utførelse og kontroll utarbeides på bakgrunn av erfaringer fra utførte prosjekter.

Feltprosjekter

Det bygges prøvestrekninger med gjenbruksmaterialer i lette fyllinger og isolerte vegkonstruksjoner som instrumenteres og følges opp for å dokumentere at de fungerer som forutsatt. Egenskaper som følges opp er bl.a. langtidstetthet (for å bestemme dimensjonerende tyngdetetthet), egensetning (nedknusing av materiale), bæreevne, spor og jevnhet på ferdig veg, frosttekniske egenskaper, utlekking samt arbeidsmetoder (utlegging og komprimering av materialene).

Arbeid med produktspesifisering

Aktiviteten omfatter generell produktspesifisering, uttesting av deklarasjonsordning og praktisk miljøgodkjenning av det enkelte materiale.

Delprosjektgruppen for DP5 "Lette fyllinger og isolasjon" består av:

- Roald Aabøe, Vegdirektoratet/Teknologiavdelingen (delprosjektleder)
- Arnstein Watn, SINTEF
- Geir Refsdal, Statens vegvesen Region midt
- Kjell Eriksen, Statens vegvesen Region øst
- Øystein Myhre, Vegdirektoratet/Teknologiavdelingen
- Arve Weng, Mesta AS

VEDLEGG

GJENBRUKSPROSJEKTET



RAPPORTOVERSIKT PR. 28.02.2003, STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005

Prosjekt-rapport nr.	Intern rapport nr. ¹⁾	Tittel	Delprosjekt	Dato	Utarbeidet av
1	2309	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 1: Gjenbruk av knust betong og tegl i vegbygging Testing av mekaniske egenskaper – Erfaringsinnsamling	DP3	Feb. 2003	Joralf Aurstad, SINTEF
2	2310	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 2: Bruk av bildekk i støyvoller – Livsløpsvurdering	DP2 / DP5	Feb. 2003	Karin Synnøve Østby, stud. techn. NTNU

¹⁾ Teknologjavedlingens rapportserie (internrapporter)