



Vestlandsforskning

Boks 163, 6851 Sogndal

Tlf. 57 67 61 50

Internett: www.vestforsk.no

VF-rapport 16/00

Miljøstrategier for små- og mellomstore bedrifter i distriktene

Sluttrapport for prosjektet "Miljøstrategier i distrikts-SMB"

Av

Otto Andersen og Hans Einar Lundli

VF Prosjektrapport

Rapport tittel Miljøstrategier for små- og mellomstore bedrifter i distriktene. Sluttrapport for prosjektet ”Miljøstrategier i distrikts-SMB”	Rapportnr. 16/2000
	Dato 08.12.00
	Gradering Åpen
Prosjekttittel Miljøstrategier i distrikts-SMB	Tal sider 49
	Prosjektnr. 2156
Forskarar Hans Einar Lundli og Otto Andersen	Prosjektansvarlig Karl G. Høyer
Oppdragsgjevar S&Fj. SND	Emneord Industriell økologi Distrikts-SMB Miljøutfordringer
Samandrag I prosjektet Miljøstrategier i distrikts-SMB er det gjort en analyse av miljøutfordringer for de to bedriftene Ryfoss Betong AS og Eineteig Transport. Den faglige forankringen er knyttet til industriell økologi og de omstillingskrav dette innebærer for små og mellomstore bedrifter i distriktene. Analysen av miljøutfordringene har gitt bedriftene grunnlag for utvikling av miljøstrategier. Prosjektet har vært finansiert av Statens nærings- og distriktsutviklingsfond og pågått i perioden 1997-2000.	
Andre publikasjoner frå prosjektet	
ISBN nr 82-428-0193-02 ISSN: 0803-4354	Pris Kr. 100,-

Forord

Dette er sluttrapporten for prosjektet ”Miljøstrategier for distrikts-SMB ved Vestlandsforskning. Prosjektet har pågått i årene 1997-2000, og vært finansiert med bedriftsutviklingstilskudd fra av Statens nærings- og distriktsutviklingsfond, samt midler fra deltakende bedrifter.

Prosjektets hovedsiktemål har vært å utvikle kunnskap om miljøstrategier for små- og mellomstore bedrifter i distriktene. Den faglige forankringen for prosjektet har vært industriell økologi og miljøutfordringer knyttet til dette begrepet. De to bedriftene Eineteig Transport og Ryfoss Betong er brukt som case for å belyse miljøutfordringene. Analysen av miljøutfordringene har gitt bedriftene grunnlag for utvikling av miljøstrategier.

Hans Einar Lundli er medforfatter av kapittel 2. Som prosjektleder har Otto Andersen vært forfatter av det resterende materialet.

Vi takker de deltakende bedriftene for samarbeidet, og retter en spesiell takk til Arvid Eineteig ved Eineteig Transport og Kjell Berge ved Ryfoss Betong. Vi takker også for innspill fra kollegene i miljøgruppa ved Vestlandsforskning.

Karl Georg Høyer,
Sogndal, desember 2000

Innhold

1	INNLEDNING	1
1.1	BAKGRUNN OG PROBLEMSTILLINGER	1
1.2	TEORETISK FORANKRING OG BEGREPSGJENNOMGANG.....	1
1.3	RELASJONEN MELLOM INDUSTRIELL ØKOLOGI OG DISTRIKTS- SMB	4
2	MILJØUTFORDRINGER FOR EINETEIG TRANSPORT	5
2.1	OVERORDNEDE MILJØUTFORDRINGER FOR EINETEIG TRANSPORT	5
2.2	TESTKJØRING MED BIODIESEL I EINETEIG TRANSPORT	8
2.3	BARRIERER MOT ØKT BRUK AV BIODIESEL I TRANSPORTBEDRIFTER I NORGE	10
2.3.1	<i>Barrierer på nasjonalt nivå.....</i>	<i>10</i>
2.3.2	<i>Barrierer på bedriftsnivå.....</i>	<i>12</i>
2.3.3	<i>Barrierer knyttet til bruk av biodiesel om vinteren.....</i>	<i>13</i>
2.3.4	<i>NO_x som barriere.....</i>	<i>14</i>
2.4	OPPSUMMERING OM MILJØUTFORDRINGER VED EINETEIG TRANSPORT	14
3	MILJØUTFORDRINGER KNYTTET TIL INDUSTRIELL ØKOLOGI HOS RYFOSS BETONG	15
3.1	KJEDE-BESKRIVELSE AV PROSESSENE OG AKTIVITETENE VED RYFOSS BETONG..	15
3.1.1	<i>Utvinning av råstoff.....</i>	<i>18</i>
3.1.2	<i>Produksjon av sement.....</i>	<i>18</i>
3.1.3	<i>Produksjon av ferdigbetong.....</i>	<i>19</i>
3.1.4	<i>Nedbryting/Gjenvinning</i>	<i>21</i>
3.2	OVERORDNEDE MILJØUTFORDRINGER FOR RYFOSS BETONG	22
3.3	METODE FOR PROSJEKTARBEIDET VED RYFOSS BETONG	23
3.4	RESIRKULERING/GJENVINNING.....	25
3.5	TILSETNINGSSSTOFFER	25
3.6	OPPSUMMERING OM MILJØUTFORDRINGER FOR RYFOSS BETONG.....	26
4	AVSLUTTENDE DISKUSJON.....	29
4.1	IØ FORSTÅELSE	29
4.2	IØ MULIGHETER OG BEGRENSNINGER	31
5	REFERANSER	32
5.1	LITTERATUR	32
5.2	PERSONLIGE MEDDELELSER.....	34
5.3	INTERNET.....	34
6	VEDLEGG 1: ADDITIVER FOR BIODIESEL	35
7	VEDLEGG 2: FORBRUK AV ULIKE RÅSTOFF VED RYFOSS BETONG AVD. ØVRE ÅRDAL. 1996-TALL.....	41
8	VEDLEGG 3: OVERSIKT OVER BETONGBILER VED RYFOSS BETONG AVD. ØVRE ÅRDAL.....	42
9	VEDLEGG 4: PRODUKTER FRA RESCON SOM BENYTTES/FORHANDLES AV RYFOSS BETONG AS (PRODUKTNAVN, FUNKSJON/BRUKSOMRÅDE, SAMMENSETNING OG MILJØEFFEKTER)...	43

Liste over figurer

Figur 1 Eksempler på systemers ulike karakteristika som er bestemmende for exergi-innholdet	2
Figur 2 Tank med påmontert pumpe fotografert under testperioden med biodiesel hos Eineteig Transport	9
Figur 3 Skjematisk bilde over hovedstadiene i livsløpet for ferdigbetong, fra råvareutvinning til destruksjon ved levetidens slutt.....	17

Liste over tabeller

Tabell 1 CO ₂ -utslipp fra sementproduksjon i de nordiske land	19
Tabell 2 Energibruk i sementproduksjon i nordiske land.....	19
Tabell 3 Energibruk i produksjon av betong	20
Tabell 4 Innhold av tungmetaller i norsk sement	21
Tabell 5 Ryfoss Betongs aktuelle miljøkravstillere som er blitt kontaktet i prosjektet	24
Tabell 6 Liste over noen av de vanligste additiver som forbedrer antenningen samt deres tilknyttede helse- og miljøeffekt	38
Tabell 7 Helse-, sikkerhets- og miljømessige sider ved Bycosin	39
Tabell 8 Andelen av ulike typer fettsyrer i vanlig RME, spesialvinterbiodiesel (RME) og ”high oleic rape seed oil”	40

Sammendrag

Dette er sluttrapporten fra prosjektet "Miljøstrategier i distrikts-SMB" ved Vestlandsforskning. Prosjektet har vært finansiert av Statens nærings- og distriktsutviklingsfond og pågått i perioden 1997-2000. Arbeidet representerer en videreføring av Kommunaldepartementets næringsretta forskningsprogram, som Vestlandsforskning deltok i gjennom prosjektet Grønt Næringsliv i årene 1993-1997. Grønt Næringsliv bidro til oppbygging av kompetanse om småbedrifters miljøutfordringer i distriktene. I Grønt Næringsliv ble det gjennomført kartlegging og vurdering av miljøutfordringer for i alt 10 distriktslokaliserte små- og mellomstore bedrifter. Det var en målsetning i Grønt Næringsliv at innspillene som ble gitt bedriftene gjennom prosjektet ville gjøre bedriftene bedre i stand til å møte framtidens miljøutfordringer. Innspillene kan dermed sies å være av strategisk karakter. Dette arbeidet ble videreført i et utvalg av bedriftene gjennom prosjektet Miljøstrategier i distrikts-SMB. De utvalgte bedriftene har vært Eineteig Transport og Ryfoss Betong.

For prosjektet har det i arbeidet med de utvalgte bedriftene vært 3 styrende problemstillinger:

1. *Hvilke utfordringer representerer begrepet industriell økologi for SMB bedrifter i distriktene?*
2. *Hva innebærer en utvikling i retning av industrielle økologiske klustre (industrielle økosystemer) for bedriftene i distriktene?*
3. *Hvorledes påvirkes SMB bedrifter av nasjonale og internasjonale endringer i krav til produksjon og produkt, spesielt når kravene går i retning av utvikling av industriell økologi?*

Den første problemstillingen er blitt belyst ved begge de to deltagende bedriftene. For Eineteig Transport er de mest åpenbare utfordringene knyttet til drivstoffbruk, spesielt i form av en framtidig overgang til drivstoff basert på fornybare energikilder. Bedriften har i prosjektperioden gjennomført testkjøring med biodiesel og fått erfaring med hvilke utfordringer en overgang til dette fornybare drivstoffet innebærer. Ryfoss Betong møter utfordringer knyttet til industriell økologi spesielt gjennom produktene som produseres. Krav til produktenes ulike miljøaspekter blir viktig å imøtekomme for bedriften i framtida. I prosjektperioden har det

blitt gjennomført en kartlegging av betongproduktene ved bedriften og deres tilknyttede miljøproblematikk.

Den andre problemstillingen er blitt belyst bare ved den ene bedriften. Det er ved Ryfoss Betong gjort en vurdering av bedriftens beliggenhet i det som kan betegnes som et industrielt kluster, Øvre Årdal. Det er i denne sammenhengen blitt synliggjort hva en utvikling i retning av et industrielt økologisk kluster ("industrielt økosystem") kan innebære. Både energi- og råvarebruk, utslipp og produkt inngår i vurderingen.

Problemstilling nummer tre er belyst ved begge bedriftene. Miljømerking av produkter er et internasjonalt krav som blir mer aktuelt ved en overgang til industriell økologi. For Ryfoss Betong innebærer dette at bedriften må være forberedt på et krav om miljømerking av betong. Det er i prosjektperioden blitt gjennomført en vurdering av aktuelle kriterier for en slik merking. I tilknytning til dette er det gitt innspill om ulike måter bedriften kan imøtekomme slike krav til produktene. Ved Eineteig Transport kan krav om reduksjon i utslipp av drivhusgasser påvirke bedriften til å gå over til andre typer drivstoffer. Spesielt i forhold til utslipp av CO₂ kan framtidige miljøkrav få stor betydning i valg av drivstofftype. Biodiesel er i denne sammenhengen et foretrukket drivstoff p.g.a. at det er basert på biologiske råvarer. Den gjennomførte testperioden med bruk av biodiesel, har bidratt til å gjøre bedriften bedre forberedt på framtidige miljøkrav knyttet til CO₂-utslippet fra transport.

Summary

This is the final report from the project Environmental Strategies in rural SMEs. The project was financed by the Norwegian Industrial and Regional Development Fund and has been carried out in the period 1997-2000. The work represents a continuation of the programme for industry-oriented research under Norwegian State Department of Local Government. Western Norway Research Institute participated in this programme in the years 1993-1997 with the project Green SMEs. Green SMEs contributed to improved understanding of environmental challenges for small industries in rural areas. The project Green-SMEs encompassed analysis of environmental challenges for a total of 10 rural small industrial companies. The goal was that the improved knowledge of the environmental challenges would strengthen the companies in the future. This emphasises the strategic character of the project. This work was continued in a selection of the companies through the project Environmental Strategies in rural SMEs. The selected companies has been Eineteig Transport and Ryfoss Betong.

The project has 3 *leading issues* for the selected companies:

1. *What challenges for rural SMEs is represented through the concept industrial ecology?*
2. *What is a development in the direction of industrial clusters (industrial ecosystems) likely to imply for rural SMEs?*
3. *How are SMEs effected by changes in national and international requirements for production and products, specifically when the requirements are in the direction of industrial ecology?*

The first leading issue has been thrown light on for both of the two participating companies. For Eineteig Transport is the most immediate challenge connected to the use of fuel, particularly in the form of a transition to fuel based on renewable energy sources. The company has in the project period carried out test driving with biodiesel. Through the tests has the company gained experience with the challenges connected to a transition to using this renewable energy source. The other case company, Ryfoss Betong, is confronted with the challenges connected to industrial ecology particularly through the products being produced. Requirements for the environmental aspects of the various products will be important to fulfil in the future. During the project period has an overview of the

various products been made and the environmental issues connected to the products has been identified.

The second leading issue is illuminated in only one of the case companies. At Ryfoss Betong an assessment of the company 's location in within the industrial cluster Øvre Årdal, has been carried out. The implications for the company in relation to a development in the direction of Øvre Årdal as an industrial ecological cluster (industrial ecosystem) has been thrown light on. Both energy- and raw material usage, waste and product is included in this assessment.

The third leading issue is illuminated in both case companies. Eco-labelling of products is an international requirement with increasing importance in industrial ecology. For Ryfoss Betong this implies that the company must be prepared for eco-labelling of concrete products. During the project period an overview of criteria for eco-labelling of concrete products has been made. In connection with this, has the company been given recommendations on how to fulfil with the criteria. For Eineteig Transport can requirements for a reduction in the emission of greenhouse gases influence the company to switch to other fuels. Particularly regarding emissions of CO₂ can environmental requirements in the future have large influence of the selection of fuel type. Biodiesel is in this connection a preferred fuel, due to the biological raw materials it is made from. The completed test period with the use of biodiesel has contributed to prepare the company for the environmental requirements of the future connected to CO₂-emissions from the transport sector.

Liste over forkortelser

CCFPP	Critical cold filling pour point/ critical cold filter plugging point
CH ₄	Metan
CO	Karbonmonoksid
CO ₂	Karbondioksid
DTBP	Di-t-butyl peroksid
EDC	Elektronisk diesel kontroll (elektronisk diesel pumpe)
EMAS	Eco-management and auditing scheme (EU standard for miljøstyringssystem)
FAME	Fatty acid methyl ester (fettsyre metyl ester)
HORO	High oleic rape seed oil
ISO 14000	ISO standard for miljøstyringssystem
N ₂ O	Dinitrogenoksid (lystgass)
NMVOC	Non-methane volatile organic compounds (flyktige organiske forbindelser utenom metan)
NO	Nitrogenmonoksid
NO ₂	Nitrogendioksid
NO _x	Nitrogensoksider
PPM	Parts per million
RME	Raps metyl ester
SMB	Små og mellomstore bedrifter
SND	Statens nærings- og distriktsutviklingsfond
SO ₂	Svoveldioksid
TBHQ	Tert-butyl hydroquinon

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og problemstillinger

Miljøutfordringer for små- og mellomstore bedrifter (SMB) i distriktene har vært et forskningsfelt ved Vestlandsforskning i lengre tid. Gjennom prosjektet Grønt Næringsliv i perioden 1993-1997 ble det opparbeidet kunnskap om sentrale problemstillinger innen feltet (se Andersen, 1998). Grønt Næringsliv prosjektet var finansiert gjennom Kommunaldepartementets næringsretta forskningsprogram i perioden. Gjennom et samarbeid med distriktslokaliserte SMB ble viktige miljøutfordringer for bedriftene identifisert. Bedriftene ble videre gitt innspill av miljøfaglig karakter. En videreføring av arbeidet ble mulig gjort ved støtte fra Statens nærings- og distriktsutviklingsfond (SND) i form av bedriftsviklingstilskudd til bedriftene gjennom et nytt forskningsprosjekt. To av bedriftene som var med i Grønt Næringsliv, Eineteig Transport og Ryfoss Betong har vært case bedrifter i dette prosjektet.

Prosjektet Miljøstrategier i distrikts-SMB har hatt tre styrende problemstillinger:

1. *Hvilke utfordringer representerer begrepet industriell økologi for SMB bedrifter i distriktene?*
2. *Hva innebærer en utvikling i retning av industrielle økologiske klustre (industrielle "økosystemer") for bedriftene i distriktene?*
3. *Hvorledes påvirkes SMB bedrifter av nasjonale og internasjonale endringer i krav til produksjon og produkt, spesielt når kravene går i retning av utvikling av industriell økologi?*

Bakgrunnen for den første problemstillingen er at det til begrepet industriell økologi kan knyttes viktige utfordringer som i spesielt stor grad kommer til uttrykk for små bedrifter i distriktene. Dette er en mer generell problemstilling enn de to andre og kan også betraktes som en *hoved-problemstilling* for prosjektet.

Den andre problemstillingen har sin bakgrunn i at en utvikling i retning av industrielle økologiske klustre kan representere spesielle utfordringer i distriktene. Små bedrifter møter disse utfordringene i særlig stor grad. Ideen om industrielle "økosystemer" er et sentralt tema innen industriell økologi, og dette kan derfor sies å være en del-problemstilling under hovedproblemstillingen.

Bakgrunnen for den tredje problemstillingen er at internasjonale krav til produksjon og produkt i økende grad representerer utfordringer for små bedrifter. Spesielt når kravene går i retning av industriell økologi innebærer dette at bedriftene må gjøre strategiske endringer.

1.2 Teoretisk forankring og begrepsgjennomgang

I prosjektet Grønt Næringsliv ble det utviklet kunnskap om bedriftenes miljøutfordringer sett i forhold til begrepet *industriell økologi*. Dette er begrep som i økende grad blir brukt som rammeverk for forståelsen av forholdet mellom industrisystemer og naturens økosystemer. Begrepet ble først benyttet av en gruppe japanske forskere i 1971 som utviklet en industriell

policy for Ministry of International Trade and Industry (Watanabe, 1994). Begrepet fikk imidlertid bare begrenset gjennomslagskraft. I kjølvannet av introduksjonen av begrepet *bærekraftig utvikling* i rapporten fra Verdenskommisjonen for miljø og utvikling (Brundtland m.fl., 1987) ble begrepet med stort gjennomslag lansert på nytt (Frosch og Gallopoulos, 1989). Det refererte opprinnelig til strategier benyttet av enkelte industrifirmaer for å eliminere forurensing ved å konvertere avfall og sideprodukter til råmaterialer for andre produksjonsprosesser. Det har sitt utspring i begrepet *Industriell metabolisme* som omhandler gjennomstrømmingen og omsetningen av energi og materiale innen industrielle produksjonssystemer. Systemene var imidlertid vanligvis begrenset til enkeltprodukter eller – materialer. Industriell økologi er imidlertid et videre konsept, det omfatter både råstoffer, prosesser, produkter og fasiliteter, og hvordan disse er knyttet sammen gjennom material- og energistrømmer, og hvordan disse igjen virker på jordas økosystemer.

Det kan skilles mellom to ulike måter å oppfatte begrepet industriell økologi på. Det er *analogi-* tilnærmingen og *integrasjon-* tilnærmingen. Forståelsen av industriell økologi som en analogi innebærer at de naturlige økosystemene benyttes som modell for industriell aktivitet. I naturlige økosystemer foregår det et samspill mellom organismene, gjennom at avfall fra en organisme blir benyttet som næring av en annen organisme. Alt drevet av solenergi. Analogien innebærer at organismene byttes ut med industrielle virksomheter, slik at samspillet nå er mellom industrifasiliteter. Avfall fra en industriell lokalitet (fabrikk) skal kunne benyttes som råstoff fra en annen industriell virksomhet. Skal analogien tas helt ut, er bare solenergi akseptabel energikilde. Utnytting av lagerressurser som f.eks. forbrenning av fossilt drivstoff må erstattes med bruk av energi basert på fornybare kilder, som alle igjen er basert på solens energi.

Integrasjon-tilnærmingen refererer til hvordan de industrielle aktivitetene er integrert i naturens økosystemer. Best mulig integrasjon, dvs. minst mulig forstyrrelse av de naturlige økosystemene er ønskelig. Et livsløpsperspektiv på industriell aktivitet anvendes. Energi- og ressursbruk knyttet til utvinning og transport av råstoff, produksjon, avfall, distribusjon og bruk av produkt, samt gjenvinning inngår alle i denne sammenheng.

Forståelsen for hvilke begrensninger og muligheter industriell økologi representerer for distriktslokaliserte SMB kan utdypes ved å se det i sammenheng med to andre begreper. Det er begrepene *exergi* og *kaskade-kobling*.

Exergi er et mål på ressursenes kvalitet. Det omfatter både energi- og materialressurser. Alle system som er forskjellig fra sine omgivelser inneholder exergi. Jo større forskjellen er, jo større er exergi-innholdet. Forskjellene kan være av ulik type, som vist i Figur 1 (etter Høyer og Groven, 1995).

Figur 1 Eksempler på systemers ulike karakteristika som er bestemmende for exergi-innholdet

Et systems exergi-innhold bestemmes av forskjeller i bl.a.:

Trykk
Temperatur
Høyde
Kjemisk sammensetning
Konsentrasjon

Selv om ulike typer forskjeller er bestemmende for exergi-innholdet, kan i prinsippet exergien til ethvert system bestemmes på en enhetlig måte.

Ved en total utjevning av forskjellene, d.v.s. at systemet ikke skiller seg fra sine omgivelser, blir exergien lik null. Dette uttrykker at forskjeller er nødvendig for alt som har liv eller verdi, og at uten exergi blir det ikke noe grunnlag for liv. En ressurs kan dermed defineres som "en konsentrasjon av materie eller energi som er høyere enn i det omliggende miljø". Høyest exergi har et rent grunnstoff i sin mest energirike form, f.eks. karbon i form av diamant. Mineralforekomster, samt blandete grunnstoffer som f.eks. stål, legeringer, plast, har lavere exergi. Lavest exergi har grunnstoffene når de er oppløst i havet.

Mineralforekomstene har exergi-innhold som følge av at de finnes naturlig i høyere konsentrasjon enn i omgivelsene. Ved utvinning av forekomstene er det ofte nødvendig å gjøre en oppkonsentrering. Dette vil øke ressursens exergi, men kan kun skje ved å forbruke exergi fra andre kilder, f.eks. ved tilføring av energi eller ved å bruke andre materialressurser, f.eks. reduksjonsmidler.

Exergi-innholdet i konsentrerte malmer bevares når de tas i bruk. Ved uttynning, blanding og forvittringsprosesser i naturen reduseres imidlertid exergien.

En måte å redusere volumene av energi- og materialressurser som strømmer gjennom samfunnet, er å effektivisere med exergien ved å anvende prinsippet om *kaskade-kobling*. Når ressurser blir omgjort for menneskelig formål skjer det som nevnt et tap av exergi. Ved å benytte den samme ressursbasen til flere oppgaver som følger etter hverandre, skjer imidlertid exergi-tapene i mindre trinn. Dette er prinsippet om kaskade-kobling. Istedenfor å la ressurser gå gjennom et stort fall i exergi, lar man dem gå gjennom flere små trappetrinn. Fordi det utføres oppgaver på hvert av trinnene representerer dette exergi-effektivisering. På bunnen av trappen er exergien så lav at den ikke kan brukes, og blir til avfall. Ved kaskade-kobling blir den samme ressursen benyttet til å utføre flere oppgaver, istedenfor at det settes inn nye ressurser for hver oppgave. Dette leder til prinsippet om gjenbruk og resirkulering av materialressursene.

Analogi-tilnærmingen av industriell økologi innebærer at industrielle prosesser og produkter i størst mulig grad skal bruke naturens økosystemer som modell. Dette innebærer at naturens stoffomsetning i form av gjenvinning (resirkulering) blir et sentralt prinsipp. Dette gjelder både for naturens kilder for bruk av energi og for råstoff til industriprodukter. For kildene til energibruk følger det av prinsippet om resirkulerbarhet at det må skje en overgang fra dagens utnyttning av lagerressurser til en energibruk basert på fornybare ressurser.

Prinsippet om exergi-effektivisering kan også brukes til å understøtte valg av fornybar energi framfor bruk av lagerressurser. Ved bruk av biologiske fornybare råstoffer som energikilde skjer det et mindre tap av exergi enn ved tilsvarende energibruk fra forbrenning av lagerressurser. Fossile kilder til brensel har blitt til gjennom naturens prosesser med varighet på millioner av år. Dette har bidratt til å gi dem høyere exergi-innhold enn biologiske råstoffer, som f.eks. planter. Ved å benytte drivstoff basert på fornybart biologisk råstoff, istedenfor fossilt, kan det derfor oppnås exergi-effektivisering. En overgang fra dagens utstrakte anvendelse av fossilt drivstoff til i framtida i større grad å bruke drivstoffer produsert

fra biologisk fornybart materiale er dermed i tråd med prinsippene om exergi-effektivisering og industriell økologi, anvendt på energikilde.

1.3 Relasjonen mellom industriell økologi og distrikts- SMB

Begrepet industriell økologi har imidlertid i liten grad blitt benyttet i forhold til miljøutfordringer for småbedrifter i distriktene. Mer enn 90 % av bedriftene i Norge er av kategorien SMB, og representerer dermed en svært viktig kategori for norsk industri. Dette er noe av bakgrunnen for at det er viktig å få kunnskap om hva en endring i retning av industriell økologi kan bety for SMB i distriktene.

For slike bedrifter i distriktene knytter det seg spesielle utfordringer til endringer som skissert ovenfor. De lange transportavstandene i distriktene innebærer f.eks. at distribusjonssystemer for nye typer drivstoff lett vil bli svært energikrevende, både å etablere og å vedlikeholde. Et kriterium om anvendelse av lokale kilder for energibruk kan imidlertid være mer i samsvar med prinsippene for industriell økologi.

Som nevnt innledningsvis er det i prosjektet Miljøstrategier i distrikts-SMB valgt to bedrifter som case. I det neste kapittel presenteres disse to bedriftene, Eineteig Transport og Ryfoss Betong. Presentasjonene inneholder materiale om case-bedriftenes miljøutfordringer identifisert ved anvendelse av prinsipper for industriell økologi.

2 Miljøutfordringer for Eineteig Transport

Miljøutfordringene for Eineteig Transport er i stor grad knyttet til forbruk av drivstoff. I en ressurs- og energisammenheng er brenselforbruk en hovedaktivitet ved bedriften. Dette er bakgrunnen for at vi ved denne bedriften har valgt å fokusere på de to aspektene 1) *overgang til bruk av fornybar energi* og 2) *krav til produkt*. Krav til produkt er i denne sammenhengen forstått som krav til bedriftens transporttjenester.

Forbruk av fossil diesel i kjøretøyer medfører utslipp av en rekke komponenter som er skadelig for helse og for miljøet. Noen av komponentene har virkninger på det lokale og regionale nivået, mens andre igjen bidrar til såkalte globale miljøproblemer. Vi vil nedenfor skissere hvilke framtidige krav transportbedrifter som Eineteig Transport kan bli stilt ovenfor (kap 2.1). Gjennomgangen viser at myndighetene trolig vil dreie fokuset noe bort fra komponenter som nitrogenoksider (NO_x) og svoveldioksid (SO₂) over til karbondioksid (CO₂) – med andre ord fra komponenter som er skadelig for det lokale og regionale miljøet til komponenter som bidrar til globale miljøproblemer. Utslipp av drivhusgasser, og da især CO₂ vil det imidlertid bli rettet betydelig oppmerksomhet mot. Spesielt transportnæringen vil kunne merke dette sterkt. Biodiesel er i denne sammenhengen et foretrukket drivstoff p.g.a. at det er basert på biologiske råvarer. Under veksten av det biologiske materialet, skjer det CO₂ –binding. Eineteig Transport har som en del av dette prosjektet gjennomført en testkjøring med det fornybare drivstoffet biodiesel. Erfaringene fra denne kjøringen vil bli beskrevet nedenfor (kap 2.2). Testkjøringen med biodiesel har medført at transportbedriften er bedre forberedt på framtidige miljøkrav til CO₂-utslippet fra transport en hva tilfellet er med mange andre tilsvarende bedrifter.

Biodiesel er et drivstoff som kan benyttes direkte i dieselmotorer uten større motortekniske endringer. I så henseende har biodiesel en stor fordel sammenliknet med mange andre alternative drivstoffer. Bruken av drivstoffet i Norge er imidlertid foreløpig ubetydelig. Vi vil derfor i kapittel 2.3 peke på utfordringer i form av barrierer mot økt bruk av biodiesel i transportbedrifter i Norge. I tillegg er det en gjennomgang av miljøproblemer og utfordringer knyttet til bruk av biodiesel i kaldt klima.

2.1 Overordnede miljøutfordringer for Eineteig Transport

Transport forutsetter forbruk av fysiske ressurser, noe som medfører miljømessige konsekvenser. Transportsektoren er en viktig kilde til denne typen miljøproblemer, både nasjonalt og internasjonalt. I 1990 stod transportsektoren for 24% av verdens energiforbruk og 22% av verdens CO₂-utslipp (Michaelis, 1996).

Transportsektorens andel av totalutslippet øker i de fleste land. En viktig årsak til dette er en betydelig økning i person- og varemobiliteten. Personmobiliteten er i dag for eksempel ca. 35 km per dag og innbygger i Norge. Det er omtrent en firedobling siden 1960, og en fordobling siden 1970 (Høyer, 1996).

Transport medfører utslipp av en rekke komponenter, hvorav de viktigste er CO₂, NO_x, SO₂, karbonmonoksid (CO), svevestøv, metan (CH₄) og andre flyktige forbindelser (NMVOC). Miljøvirkningen av utslippet av disse komponentene er kort skissert nedenfor.

CO₂

CO₂ er den viktigste gassen som bidrar til menneskeskapte klimaendringer. En økning i den globale middeltemperaturen vil påvirke værforholdene - blant annet gjennom mer tørke og flom; føre til stigende havnivå, og påvirke de naturlige økosystemene - som igjen kan gi problemer knyttet til matforsyning, drikkevann, helse og bosetting.

NO_x

Utslipp av NO_x (NO og NO₂) har konsekvenser på tre ulike nivåer; det globale, det regionale og det lokale. Størst fokus om effektene av NO_x-utslipp har vært rettet mot det regionale og det lokale nivået. De regionale effektene relaterer seg til forsurening av vassdrag og jordsmonn. NO_x-utslipp er videre et av de største lokale forurensningsproblemene i Norge. En av de viktigste effektene er helseskader som følge av lokalt høye konsentrasjoner av NO₂. I tillegg bidrar NO_x til dannelse av bakkenært ozon med effekter på helse, vegetasjon og materialer.

SO₂

SO₂ har først og fremst regional effekt ved å være den viktigste faktoren bak "sur nedbør". Svovelet kan også avsettes direkte, som såkalte tørravsetninger, med blant annet skader på plantevekster til følge. Foruten forsuringproblemene, påvirker høye konsentrasjoner av SO₂ helsetilstanden ved å forverre luftveissykdommer.

CO

CO, også kalt for kullos, har en akutt helsevirkning ved at blodet sin kapasitet til å sirkulere oksygen blir redusert. I store konsentrasjoner (lukkede rom) kan CO derfor medføre død. Lavere konsentrasjoner kan føre til dødsighet og forsinket reaksjonsevne. Sammen med NO_x og hydrokarboner bidrar CO dessuten til dannelsen av fotokjemiske oksidanter, spesielt bakkenært ozon (i nærvær av sollys).

Svevestøv

Svevestøv består av partikler som svever i luften en viss tid. Partiklene er ved siden av NO_x den forurensningskomponenten som gir de største lokale luftforurensningsproblemene i Norge. Finfraksjonen (diameter < 2,5 µm) er spesielt alvorlig i helsemessig sammenheng fordi de små partiklene ikke bare er inhalerbare, men også er respirable (dvs føres helt ned i nedre luftveier og lunger).

CH₄

I likhet med karbondioksid er CH₄ en drivhusgass. Strålingspådrivet av hvert CH₄-molekyl er imidlertid 21 ganger sterkere enn det tilsvarende strålingspådrivet for CO₂ (IPCC, 1996). Et lite utslipp av CH₄ kan med andre ord ha en større effekt på klimaet enn et stort utslipp av CO₂. CH₄ bidrar også til dannelsen av bakkenært ozon.

NMVOC

NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compounds) er en fellesbetegnelse på flyktige organiske forbindelser utenom metan. NMVOC reagerer med andre gasser i atmosfæren, blant annet NO_x, og danner fotokjemiske oksidanter. Den viktigste fotokjemiske oksidanten som

dannes er bakkenært ozon (troposfærisk ozon). De ulike NMVOC-forbindelsene har forskjellig potensiale for dannelse av fotokjemiske oksidanter.

Utslippene av de fleste komponentene nevnt ovenfor forventes å bli kraftig redusert i det kommende tiåret. Nye utslippskrav til tyngre kjøretøy i form av EURO III, EURO IV og EURO V¹ vil bidra til kraftig reduserte utslipp. Teknologien som er nødvendig for at de nye utslippskravene skal kunne oppfylles eksisterer delvis allerede (Lundli, 2000). Forbedringene i teknologi vil redusere den lokale og regionale miljøbelastningen som følger av hvert enkelt kjøretøy.² Det vil imidlertid være vanskelig å oppnå vesentlige reduksjoner i utslippene av klimagassen CO₂ som følger av bruken av fossil diesel. Mer energieffektive motorer vil riktignok kunne gi et lavere drivstofforbruk og dermed et lavere utslipp av CO₂. Det er imidlertid ikke nok til å gi betydelige reduksjoner i utslippet av CO₂ fra kjøretøy. For å oppnå en vesentlig reduksjon i CO₂-utslippet fra transportsektoren er det nødvendig at fornybare drivstoffer tas i bruk (eller at det totale transportomfanget reduseres vesentlig).

Gjennom prosjektet har Eineteig Transport gjort seg kjent med det fornybare drivstoffet biodiesel. Selve forbrenningen av biodiesel medfører i prinsippet ikke noe netto utslipp av klimagassen CO₂. Dette skyldes at plantene som biodiesel er fremstilt av (for eksempel raps) binder like mye CO₂ gjennom sin vekst som den mengden CO₂ som slippes ut ved forbrenningen. Ved å legge til grunn et livsløpsperspektiv har imidlertid også biodiesel et utslipp av CO₂. Dette skyldes blant annet at fossile innsatsfaktorer benyttes i produksjonen av plantene. I tillegg vil dyrking av oljevekster medføre et utslipp av klimagassen N₂O. Tidligere studier har vist at den totale klimavirkningen av biodiesel (regnet i CO₂-ekvivalenter) er cirka 60 % lavere enn for fossil diesel (Figenbaum, 1995).³

I desember 1997 ble Kyotoprotokollen undertegnet. Kyotoprotokollen forplikter industrilandene som gruppe å redusere sine utslipp av klimagasser med 5,2 prosent som et gjennomsnitt for perioden 2008-2012, sammenliknet med det tilsvarende utslippet i 1990. Forpliktelsen er differensiert mellom de enkelte industrilandene med bakgrunn i forhandlinger basert på blant annet energiforsyningsstruktur og kostnader ved utslippsreduksjoner. Norge kan ifølge Kyotoprotokollen tillate seg å øke sine utslipp av klimagasser med 1 prosent i perioden 2008-2012, sammenliknet med utslippet i 1990. Hvis ingen nye tiltak mot utslipp av klimagasser i Norge blir iverksatt, forventes disse utslippene å øke med 24 prosent i perioden 1990-2010, forutsatt at det ikke bygges gasskraftverk uten renseteknologi (SFT, 2000). I april 1998 la Regjeringen fram en plan for hvordan Norge kan klare å oppfylle sin nasjonale forpliktelse (Miljøverndepartementet, 1998). Hvis planen hadde blitt vedtatt av Stortinget uten endringer, så ville den forventede veksten i utslippene av klimagasser blitt redusert fra 23 prosent til cirka 14-17 prosent. Stortinget sa imidlertid nei til flere av de foreslåtte tiltakene. Det er dermed fremdeles et betydelig gap mellom de nasjonale forpliktelsene og forventede utslipp av klimagasser i Norge i 2010. Regjeringen understreker imidlertid at den senere vil komme tilbake til ytterligere tiltak for å kunne klare å oppfylle Kyotoprotokollen (Miljøverndepartementet, 1998).

¹ EURO III, EURO IV og EURO V er stadig skjerpede utslippskrav til kjøretøy i EU. For lastebiler gjelder EURO III fra 1.1.2000, EURO IV fra 1.10.2005 og EURO V fra 1.10.2008.

² For at den samlede miljøbelastningen fra transportsektoren ikke skal øke, er det nødvendig at miljøforbedringen per kjøretøy ikke blir spist opp av en vekst i transportomfanget.

³ Det er imidlertid betydelig usikkerhet knyttet til blant annet utslippet av N₂O fra produksjon av biodiesel. I verste fall er det totale utslippet av CO₂-ekvivalenter fra bruk av biodiesel høyere enn for fossil diesel (Andersen m.fl., 1998).

Så langt er det ikke foreslått strenge klimatiltak i transportsektoren. Den nasjonale klimapolitikken inneholder foreløpig ingen signaler om noen særlig opptrapping av CO₂-avgiften på fossile drivstoffer. Myndighetene ønsker at en vesentlig del av reduksjonene som er nødvendige for å oppfylle de nasjonale utslippsforpliktelsene gitt i Kyotoprotokollen gjennomføres i utlandet.⁴ Klimakonvensjonen er imidlertid en rammekonvensjon. Dette innebærer at Kyotoprotokollen trolig vil bli fulgt opp av nye protokoller med enda strengere utslippsforpliktelser. Årsaken til dette er at de vedtatte utslippsforpliktelsene i Kyotoprotokollen ikke er tilstrekkelige til å hindre alvorlige menneskeskapt klimaendringer. FNs klimapanel har uttalt at det er nødvendig med en umiddelbar reduksjon i utslippene av CO₂ på cirka 60% for at konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren skal stabilisere seg på dagens nivå. Hvis man samtidig skal gi utviklingslandene muligheten til å komme seg opp på det samme økonomiske nivå som industrilandene, må utslippene i industrilandene reduseres enda mer. Dette innebærer at man i fremtiden må forvente vesentlig mer ambisiøse nasjonale klimaforpliktelser enn det som er tilfelle i dag. For eksempel har Sverige i sin klimastrategi foreslått et langsiktig nasjonalt klimamål som tilsier en reduksjon i utslippene av klimagasser på 50 prosent i år 2050, sammenliknet med utslippet i 1990 (Miljödepartementet, 2000).⁵ For å kunne oppfylle utslippsforpliktelser i denne størrelsesorden blir myndighetene nødt til å iverksette strenge tiltak overfor transportsektoren. Overgang til fornybare drivstoffer er ett av flere sannsynlige tiltak. Eineteig Transport vil med andre ord gjennom en testkjøring med biodiesel være bedre forberedt på en slik utvikling enn andre transportbedrifter.

2.2 Testkjøring med biodiesel i Eineteig Transport

Eineteig Transport gjennomførte i perioden 12. februar 1999 til 13. september 1999 en testkjøring med biodiesel. Kjøretøyet som ble benyttet var en MAN lastebil som i all hovedsak benyttes til korte transportoppdrag, noe som innebærer at gjennomsnittlig utkjørt distanse per dag blir relativt lav. Før testkjøringen med biodiesel tok til, ble det installert et "biodiesel-kit" på bilen. Dette var nødvendig fordi biodiesel virker oppløsende på enkelte gummikvaliteter. Materialet i slanger og pakninger kan derfor bli dårligere og utvide seg etter hvert. Installeringen av "biodiesel-kit" innebar at drivstoffslangene ble skiftet ut med tilsvarende slanger i mer bestandig materiale. Forut for testkjøringen ble det også innhentet godkjenning fra leverandøren av kjøretøyet. Dette ble gjort for å sikre at garantiordningene overfor kjøretøyet ikke ble påvirket av bruk av biodiesel. Andre forberedelser som ble gjort var bestilling av biodiesel og tilhørende lån av pumpe og tanker. Biodieseltank med påmontert pumpe slik det ble benyttet under testperioden er vist på bildet i Figur 2.

⁴ Med andre ord ønsker myndighetene å delta i de såkalte fleksible gjennomføringsmekanismene (kvotehandel, felles gjennomføring og den grønne utviklingsmekanismen).

⁵ Den svenske klimastrategien er utarbeidet av en tverrpolitisk sammensatt parlamentarisk komite. Klimastrategien skal til endelig behandling i Riksdagen våren 2001 (Miljödepartementet, 2000).



Figur 2 Tank med påmontert pumpe fotografert under testperioden med biodiesel hos Eineteig Transport

Biodiesel ble bestilt fra Hadeland Bio-olje AS (Habiol) på Jaren. Habiol er i dag den eneste importøren av biodiesel i Norge. I tråd med anbefalingene ble det skiftet drivstoff-filter både før kjøringen med biodiesel tok til, samt etter 2-3 oppfyllinger av drivstofftanken. Skifte av drivstoffilter ble gjort fordi biodiesel har noe sterkere løsemiddel-egenskaper enn fossil diesel, noe som innebærer at avleiringer i bilens drivstoffsystem vil løsrives ved overgang til biodiesel. Avleiringene kan føre til redusert gjennomstrømning og eventuelt til slutt blokkering i drivstoffilteret. Intervallene for skifte av olje og oljefilter ble ikke endret ved overgang til biodiesel.

Sjåføren av bilen registrerte daglig drivstoff-forbruket, kilometerstand og utetemperatur. I tillegg skulle eventuelle tekniske problemer som måtte oppstå registreres etter hvert som de oppstod. Til sammen tilbakela distribusjonsbilen 16.000 km i perioden februar-september 1999. Totalt ble det forbrukt 4.000 liter biodiesel, noe som ga et gjennomsnittlig drivstoff-forbruk på 2,5 liter per mil. Dette var noe høyere enn hva som er tilfellet ved bruk av fossil diesel på den aktuelle bilen. Forbruket per mil for det aktuelle kjøretøyet ligger normalt mellom 2,0 og 2,5 liter når fossil diesel benyttes (avhengig av årstid og lastemengde).

Det oppstod ingen tekniske problemer i testperioden som kan tilbakeføres til bruken av biodiesel. Sjåføren bemerket imidlertid at det var noe dårligere antenning om vinteren enn hva som er tilfelle med fossil diesel. Laveste temperatur som ble registrert i perioden var -9°C.

Biodieselen som ble benyttet ble imidlertid fra leverandøren angitt til å kunne brukes ned mot -20°C . Det ble også bemerket at motorkraften var noe redusert sammenliknet med fossil diesel – forskjellen utgjorde i underkant av ett gir. Dette ble imidlertid ikke vurdert som noe problem i den daglige bruken av kjøretøyet.

Oljenivået ble kontrollert jevnlig på bilen. I testperioden ble det ikke observert noen endring i oljenivået. Bilen forbruker normalt ikke olje. Årsaken til at oljenivået ble holdt under observasjon, er at det kan forekomme en uttynning av biodiesel i motoroljen. Oljeskiftintervallene ble ikke endret som følge av overgangen til biodiesel.

Eksosen som følger av biodiesel har en karakteristisk lukt og kan sammenliknes med lukten av stekt matolje. Bedriften fant denne lukten noe uheldig. Spesielt mannskapet og passasjerer på bilfergene bemerket den uvante lukta. Eksosen oppleves av mange som mer ubehagelig enn dieseleksosen.

Påfyllingen av biodiesel på kjøretøyet forløp normalt. Det ble riktignok noe mer søl enn vanlig, men dette skyldtes at pumpen som ble benyttet var mindre avansert enn de som benyttes normalt. Eineteig Transport benytter til daglig den lokale Shell-stasjonen på Kaupanger når drivstoff skal fylles på kjøretøyene. Søl av biodiesel på lakk kan over tid medføre skade på lakken, igjen p.g.a. de sterkere løsemiddel-egenskapene hos biodiesel. Det ble imidlertid ikke registrert noen lakkskader i området rundt tankåpningen som følge av biodiesel-søl.

Biodieselen ble oppbevart på 1000-liters dunker under testperioden. Disse var plassert utendørs på bedriftsområdet. Leverandøren av drivstoffet oppgir en holdbarhet på 6 måneder for biodieselen som ble benyttet. Selv om tankene med biodiesel i perioder ble utsatt for sterk varme, ble det ikke observert endringer i biodieselen. Til sammen gikk det 7 måneder fra biodieselen ble levert til den var brukt opp.

2.3 Barrierer mot økt bruk av biodiesel i transportbedrifter i Norge

I dette delkapittelet vil vi peke på hva vi mener er de viktigste barrierene mot økt bruk av biodiesel i Norge. Det eksisterer barrierer på ulike nivåer. For det første eksisterer det barrierer på nasjonalt nivå. Med nasjonalt nivå mener vi myndigheter (departementer og direktorater) samt interesseorganisasjoner som arbeider på nasjonalt nivå. Den nasjonale drivstoffpolitikken som til enhver tid føres vil legge føringer på muligheten av å ta i bruk biodiesel i transportbedrifter i Norge. Den politikken som føres kan imidlertid også bli påvirket av de synspunkter og den virksomhet ulike nasjonale interesseorganisasjoner driver. Det kan også eksistere barrierer på bedriftsnivå, d.v.s. internt i transportselskapene.

2.3.1 Barrierer på nasjonalt nivå

Fram til og med 1998 var avgiftssystemet for fossil diesel ulikt avhengig av kjøretøygruppe. Dieseldrevne personbiler og lastebiler måtte betale den såkalte fossil dieselavgiften. Busser i offentlig transport var imidlertid unntatt for denne avgiften. De hadde anledning til å benytte den avgiftsfrie dieselen. Dette medførte at busselskaper i 1998 betalte ca 2,10 NOK per liter fossil diesel, rabatter inkludert (mva ikke inkludert). Til sammenlikning var prisen for biodiesel cirka 3 ganger høyere enn dette. Lastebiler måtte betale den fossile dieselavgiften, noe som innebar at prisforskjellen var vesentlig mindre mellom fossil diesel og biodiesel for denne typen kjøretøyer.

I 1998 besluttet Stortinget å endre avgiftssystemet for fossil diesel. Med virkning fra 1. januar 1999 har busser vært nødt til å betale den fossile dieselavgiften på lik linje med andre dieselkjøretøyer. Den økte kostnaden dette medfører for busselskapene blir kompensert gjennom øremerkede tilskudd fra Staten (kanalisert gjennom fylkeskommunene). Samtidig har råoljeprisen på verdensmarkedet økt kraftig fra sommeren 1999. Dette innebærer at det i dag (juli 2000) omtrent ikke er noen prisforskjell mellom biodiesel og fossil diesel, prisrabatter tatt i betraktning. Hvis dette vedvarer over tid, er den viktigste barrieren mot økt bruk av biodiesel i tyngre kjøretøy i Norge overvunnet. Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til det framtidige prisnivået for råolje.

En viktig forutsetning for at biodiesel i dag er konkurransedyktig på pris med fossil diesel er at biodiesel (og andre biodrivstoffer) er fritatt for alle drivstoffavgifter. Myndighetene har gjennom denne beslutningen tatt et viktig skritt for å oppmuntre til bruk av biodiesel i Norge. Beslutningen er i tråd med at myndighetene er villige til å subsidiere forsøksprosjekter med alternative drivstoffer, inkludert biodiesel, samt den første perioden med kommersiell bruk. Myndighetene er imidlertid ikke tilhengere av en langvarig subsidiering av alternative drivstoffer. Dette betyr at hvis bruken av biodiesel tar seg opp i Norge, kan biodiesel bli pålagt avgifter knyttet til vegslitasje, ulykker og miljø. I så fall vil prisbarrieren komme tilbake med full tyngde. Dette er et dilemma for alle alternative drivstoffer, ikke bare for biodiesel. Det er bare fritaket for CO₂-avgiften som trolig vil bli opprettholdt permanent for biodiesel. Dette skyldes at det direkte utslippet av CO₂ fra biodiesel antas å være lik null, fordi plantene som nevnt gjennom sin vekst opptar like mye CO₂ som det avgis når biodiesel forbrennes.

Det viktigste argumentet for å ta i bruk biodiesel i Norge er å redusere utslippene av klimagasser (jamfør kap 2.1). I andre land kan det imidlertid være andre argumenter som er vel så sterke. Produksjon og bruk av biodiesel i europeiske land er som regel tett knyttet til EU sin landbrukspolitikk. For å redusere overproduksjonen av mat i EU føres en politikk for å brakklegge jord (set-aside policy). Dette innebærer at bøndene mottar subsidier for å holde deler av sine jordbruksarealer ute av matproduksjon. Bøndene kan imidlertid dyrke vekster til andre formål enn mat på disse arealene og fremdeles motta brakkleggings-subsidiene. Bønder og deres tilhørende interesseorganisasjoner har vært en viktig drivkraft for produksjon og bruk av biodiesel i Europa. Myndighetene i de enkelte EU-land ser også produksjon av biodiesel som et tiltak for å skape flere arbeidsplasser i landbrukssektoren. I tillegg er de aller fleste EU-land importører av fossile brensler. Dette innebærer at en substitusjon av fossile brensler med innenlands produserte biodrivstoffer vil forbedre handelsbalansen med utlandet. Ingen av disse anførte argumenter for biodiesel er gjeldende for Norge. Norge har ingen politikk for å brakklegge landbruksjord. Dagens landbrukspolitikk har det motsatte som mål – å forsøke å holde mest mulig av dagens landbruksjord i produksjon. I tillegg er Norge en stor produsent og eksportør av fossile brensler. Dette innebærer at argumenter om en forbedret handelsbalanse eller energisikkerhet ikke gjelder i Norge. En viktig barriere for introduksjon av biodrivstoffer i Norge sammenliknet med andre europeiske land, er dermed at det er få drivkrefter for en introduksjon av biodiesel i Norge. Reduksjon i utslippet av CO₂ er hovedargumentet for bruk av biodiesel i Norge. Myndighetene betrakter imidlertid ikke biodiesel som et kostnadseffektivt tiltak mot utslipp av klimagasser. Myndighetene har i sin plan for hvordan den nasjonale Kyoto-forpliktelsen skal oppfylles, ikke engang vurdert tiltak på drivstoffsidene (Miljøverndepartementet, 1998).

Myndighetene har ikke formulert noe mål når det gjelder framtidig bruk av biodiesel i Norge. De har heller ikke bestemt seg for om, og i så fall hvilke, alternative drivstoffer de ønsker faset inn. Det er heller ikke igangsatt prosesser med sikte på å komme frem til en slik prioritering av de ulike alternative drivstoffene. Den rådende oppfatningen hos myndighetene er at det er opp til markedet selv å avgjøre hvilke (om noen) alternative drivstoffer som skal tas i bruk i Norge.

Samtidig har store transportbedrifter i Norge og deres tilhørende interesseorganisasjoner en tilsvarende lite proaktiv holdning til alternative drivstoffer (Lundli og Andersen, 1998). Disse aktørene mener det er myndighetenes oppgave å dra i gang en eventuell satsning på alternative drivstoffer i Norge. Vi får dermed en situasjon hvor både myndighetene og markedet sitter på gjerdet hva gjelder satsning på alternative drivstoffer. Begge parter forventer at den andre tar initiativet. En slik reaktiv holdning fra begge parter representerer en barriere mot økt bruk av biodiesel i Norge.

2.3.2 Barrierer på bedriftsnivå

De ulike organisasjonsnivåene i et transportselskap kan ha ulike oppfatninger av det å ta i bruk biodiesel. Deler eller hele organisasjonen kan være kritisk til en overgang til biodiesel. I så fall vil det redusere sannsynligheten for at transportselskapet bestemmer seg for å gå over til dette drivstoffet.

Flåtetesten i Eineteig Transport hadde blant annet som hensikt å få fram bedriftens syn på en eventuell overgang til biodiesel. De ansatte i en transportbedrift kan grovt deles inn i tre nivåer – ledelse, sjåfører og verkstedspersonell. Ideelt sett er det ønskelig å få fram synspunktene til de ulike organisasjonsnivåene. En slik inndeling passer imidlertid best på større transportbedrifter. Mindre transportbedrifter har ofte et mindre klart skille mellom de tre nivåene. I tillegg vil mindre transportbedrifter normalt ikke ha eget personell som kan utføre omfattende vedlikehold på kjøretøyene. Slike bedrifter kjøper normalt verkstedstjenester hos eksterne verksteder. Eineteig Transport er en liten bedrift og det var derfor ikke hensiktsmessig å gjennomføre intervjuer av både ledelse og sjåfører (Eineteig har ikke eget verkstedspersonell). Vestlandsforskning har imidlertid i et tidligere biodiesel-prosjekt gjennomført intervjuer av ledelse, sjåfører og verkstedspersonell i to store transportbedrifter i Sogn og Fjordane (Lundli og Andersen, 1998). Resultatene fra disse intervjuene er trolig representative for andre transportbedrifter i Norge. Intervjuene viste at ledelsen hadde flest synspunkter vedrørende en eventuell overgang til biodiesel i deres transportselskaper. Dette var ikke overraskende tatt i betraktning at ledelsen er ansvarlig for hele virksomheten til selskapet. De to andre organisasjonsnivåene, verkstedspersonellet og sjåførene, vurderte biodiesel først og fremst i forhold til deres spesifikke arbeidsoppgaver i bedriften. Av denne grunn trakk de for eksempel ikke frem prisen på biodiesel som et argument mot en overgang til biodiesel. Dette betyr likevel ikke at de to organisasjonsnivåene er likegyldige til prisdimensjonen. Trolig er de i likhet med ledelsen motstander av å konvertere til et drivstoff som innebærer høyere drivstoffkostnader enn hva som er tilfelle med drivstoffet de benytter i dag. En slik overgang til et dyrere drivstoff vil kunne true deres egne arbeidsplasser.

Ledelsen i Eineteig Transport ser både fordeler og ulemper ved å konvertere til biodiesel. Ulempene er imidlertid flere og mer tungtveiende enn fordelene. På det tidspunktet flåtetesten ble gjennomført i Eineteig Transport (februar – september 1999) var prisen for fossil diesel vesentlig lavere enn prisen for biodiesel. Den høye prisen på biodiesel ble trukket fram som

den viktigste faktoren som taler imot en overgang til biodiesel ved bedriften. En positiv miljøprofil for selskapet legges vekt på, men denne er underordnet økonomien. Det kom få reaksjoner fra publikum (positive eller negative) under testkjøringen med biodiesel. Av de bemerkninger som kom gjaldt de fleste den karakteristiske eksoslukten fra biodiesel – en lukt som i de fleste tilfellene ble beskrevet som ubehagelig. Distribusjonsbilen som ble benyttet hadde ikke noe skilt som informerte om at kjøretøyet benyttet biodiesel. Et slikt skilt kunne i tillegg til å ha informasjonsverdi, også fått fram flere reaksjoner og kommentarer fra kunder og publikum.

Et annet viktig ankepunkt mot biodiesel er at ingen bensinstasjoner i bedriftens nærrområde tilbyr biodiesel i dag. Infrastrukturen for biodiesel er ikke på plass i Norge. Det er per 15.11.2000 kun tre bensinstasjoner i Norge som tilbyr biodiesel. De er alle Hydro/Texaco stasjoner lokalisert henholdsvis på Jaren, Hamar og i Oslo (Alnabru). Hvis Eineteig Transport skal konvertere til biodiesel i dag, er de avhengig av å få tilkjørt leveranser av drivstoffet fra Østlandet. Fraktkostnadene vil dermed bli atskillig større enn om det var utbygd et distribusjonsnett for biodiesel tilsvarende det eksisterende distribusjonsnettet for fossil diesel.

Det er viktig for bedriften at de gjeldende garantiordningene fra kjøretøy-produzentene må fortsette å gjelde ved en eventuell overgang til biodiesel. En slik godkjenning ble gitt i forbindelse med den konkrete flåtetesten. Hvis bedriften imidlertid bestemmer seg for å konvertere til biodiesel, vil situasjonen kunne stille seg noe annerledes. Erfaringer fra andre europeiske land, tilsier at det kan være vanskelig for transportbedrifter å få videreført garantiordningene ved en permanent overgang til biodiesel (Lundli og Andersen, 1998). Ledelsen i europeiske buss-selskaper som har konvertert til biodiesel, har valgt å ta risikoen med at garantiordningene ikke blir videreførte på egen kappe. Hvis det også i fremtiden vil være problemer med å få videreført garantiordningene ved en permanent overgang til biodiesel, vil dette representere en barriere mot økt bruk av biodiesel i Norge.

Sjåførene på den aktuelle distribusjonsbilen hadde få innvendinger mot det nye drivstoffet. Riktignok hadde de anmerket en noe dårligere motor-kraft sammenliknet med fossil diesel. Dette representerte imidlertid ikke noe problem for utførelsen av de enkelte transportoppdragene.

Som tidligere nevnt utfører ikke Eineteig Transport selv større vedlikehold på kjøretøyene. Tidligere studier utført av Vestlandsforskning har imidlertid vist at verkstedspersonellet generelt er positivt innstilt til biodiesel på grunn av mindre helsefare sammenliknet med håndtering av fossil diesel (Lundli og Andersen, 1998) .

2.3.3 Barrierer knyttet til bruk av biodiesel om vinteren

Bruk av biodiesel i vinterhalvåret innebærer spesielle miljømessige utfordringer. Spesielt gjelder dette for bruk av tilsetningsstoffer i drivstoffet. Vedlegg 1 oppsummerer en del kunnskap om bruk av additiver i biodiesel. Det omfatter hovedsakelig additiver som tilsettes biodiesel for å oppnå bedre egenskaper under kalde forhold, såkalte ”vinteradditiver”.⁶ Hensikten med dette arbeidet er å få en oversikt over bruken av additiver i forbindelse med biodiesel. En slik kunnskapsoversikt gir et grunnlag for å kunne gjøre noen miljø-, helse- og sikkerhetsmessige vurderinger av biodiesel-additiver. Dette kan være nyttig i arbeidet med å

⁶ Det fokuseres på additivtyper som blir benyttet i biodiesel produsert med raps som råmateriale (raps metylester, RME).

identifisere barrierer knyttet til innfasing av biodiesel som drivstoff i Norge. Noen antydninger av slike miljømessige effekter gjøres i vedlegget. Det må understrekes at det på ingen måte gis en fullstendig oversikt over ulike additiver som er i bruk i dag. Et stort problem i denne sammenhengen er at produsentene av additivene hemmeligholder informasjon om en rekke av komponentene som inngår i additivene.

Det går fram av kunnskapsoversikten i Vedlegg 1 at det i diesel tilsettes en rekke stoffer som har alvorlige effekter på helse og miljø. Flere av tilsetningsstoffene som benyttes er kreft- og allergifremkallende og kan gi forurensning av vann og grunn ved utslipp for eksempel ved ulykker. Dette kommer i tillegg til at additivene gjennom forbrenningen gir utslipp til luft. Ettersom kunnskapen om de langsiktige skadevirkningene av disse forbindelsene er relativt begrenset, tilsier føre-var prinsippet at utstrakt anvendelse er problematisk. Dette gjelder for additivbruk både i biodiesel og fossil diesel. Det kan ikke i denne sammenheng slås fast at additivene som er beregnet på bruk i biodiesel er mer skadelig enn tilsvarende stoffer for fossil diesel. Til det er kunnskapen om sammensetning, bruk og helse- og miljøeffekt av additiver for fossil diesel for mangelfull.

2.3.4 NO_x som barriere

Det er et kjent faktum at bruk av biodiesel som drivstoff gir kjøretøyene høyere utslipp av NO_x enn ved tilsvarende bruk av fossilt diesel. Dette er en barriere mot innføring av biodiesel som spesielt gjør seg gjeldende for byer og tettbygde strøk. Dette p.g.a. at NO_x primært er forbundet med lokale og regionale forurensninger som forsurening av vassdrag og jordsmonn, samt som kilde til helseskader som følge av lokalt høye konsentrasjoner av NO₂. I tillegg kan NO_x bidra til dannelse av bakkenært ozon med effekter på helse, vegetasjon og materialer.

Det finnes metoder å redusere NO_x-utslippet fra biodiesel forbenning, men ved å anvende disse metodene øker imidlertid kjøretøyenes drivstofforbruk.

2.4 Oppsummering om miljøutfordringer ved Eineteig Transport

Miljøutfordringer som kan identifiseres ved å benytte prinsippene i industriell økologi er for Eineteig Transport i første rekke knyttet til drivstofforbruk og drivstoff type. En overgang til bruk av drivstoff basert på råstoff fra fornybare kilder er i tråd med prinsippet om exergi-effektivisering. Bedriften er utsatt for krav til utslipp av forurensning, spesielt i form av CO₂-reduksjon gjennom nasjonale og internasjonale forpliktelser i klimapolitikk.

Testperioden som er gjennomført har gitt bedriften kunnskaper om det fornybare drivstoffet biodiesel. Det er blitt vist at det er få motor-tekniske hindringer for å ta i bruk dette drivstoffet. De største barrierene er knyttet til det manglende distribusjonssystemet og de helse- og miljømessige aspektene ved additivbruk.

Bedriften kan ha fordel av å fortsatt holde seg oppdatert på nasjonale og internasjonale krav til utslipp fra transportsektoren, spesielt CO₂-krav. Strategisk sett har bedriften bygget opp kompetanse om et alternativt drivstoff, som det kan bli aktuelt å skifte til hvis CO₂-kravene blir skjerpet ytterligere.

3 Miljøutfordringer knyttet til industriell økologi hos Ryfoss Betong

Ryfoss Betong er brukt som case-bedrift for å belyse problemstillingene knyttet til industriell økologi gjennom de tre temaene 1) produktets miljøegenskaper, 2) industrielle økologiske klustere og 3) miljømerking av produkt. I dette kapitlet presenterer vi miljøutfordringene slik de er blitt identifisert gjennom arbeidet med bedriften. Først skal vi imidlertid gi en beskrivelse av bedriften og dens aktiviteter:

Bedriften ble etablert i 1956 ved Ryfoss i Vang kommune. Avdelingen i Øvre Årdal ble etablert i 1993, og er den fjerde avdelingen av Ryfoss Betong AS. De andre er, i tillegg til avdelingen ved Ryfoss i Vang, en avdeling ved Leira i Nord-Aurdal kommune og ved Heggnes i Øystre Slidre kommune. Prosjektet har betraktet hele bedriften som case, men det praktiske arbeidet har i hovedsak blitt gjort ved avdelingen i Øvre Årdal. Denne avdelingen ligger på Hydro Aluminiums område. Her leies et grustak av Hydro Aluminium, mens to brakker benyttes henholdsvis som kontor og oppvarmet lager. Et blandetårn for ferdigbetongproduksjon ble satt opp i 1994. I tilknytning til blandetårnet er det også en tilsats-silo for dosering av sand og grus. I tillegg leier bedriften en lagerbygning av Hydro Aluminium. Denne benyttes som lager for ferdigvarer.

Ferdigbetong er det største produktet ved avdelingen i Øvre Årdal. Produksjonen foregår i hovedtrekk ved at singel og sand fra grustaket blir blandet sammen med vann, sement og silika. I tillegg blandes det inn en rekke tilsetningsstoffer i betongen. Den ferdige blandingen tappes direkte på spesialbiler for ferdigbetong og kjøres ut til kundene. I tillegg til ferdigbetong er avdelingen i Øvre Årdal distributør av andre produkter som benyttes i forbindelse med betongarbeid. Disse omfatter armeringsjern, mørtel og epoksy. Det distribueres også fra avdelingen i Øvre Årdal produkter produsert ved de andre avdelingene av Ryfoss Betong AS. Dette dreier seg bl.a. om betongelementer, -ringer, -heller/belegningsstein for gangstier, -rør og -blomsterurner.

For avdelingen i Øvre Årdal utgjør leveransene til Hydro Aluminium ca. 70 % av totalt salg, mens for hele Ryfoss Betong utgjør salg til Hydro ca 30 %. Andre kunder inkluderer entreprenører, byggmestere, selvbyggere, stat og kommune.

Etter etableringen av avdelingen i Øvre Årdal har bedriftsledelsen fått økt forståelse for viktigheten av de miljømessige forhold. Som den viktigste kunden, har Hydro Aluminium bidratt til økt åpenhet omkring miljøproblematikk.

Ledelsen ved metallverket (Hydro Aluminium) i Øvre Årdal sikter seg inn på sertifisering i henhold til ISO 14000-miljøstyringsstandarden.

Rescon AS i Nord-Odal er en av de viktigste leverandørene av råvare til bedriften. Denne bedriften fikk EMAS-godkjenning i 1996.

3.1 Kjede-beskrivelse av prosessene og aktivitetene ved Ryfoss Betong

For å synliggjøre de viktigste miljøutfordringer for en bedrift er det nødvendig å anvende et livsløpsperspektiv på produktene som bedriften produserer. For Ryfoss Betong er hovedproduktet produksjon av ferdigbetong. Vi har derfor valgt å beskrive denne

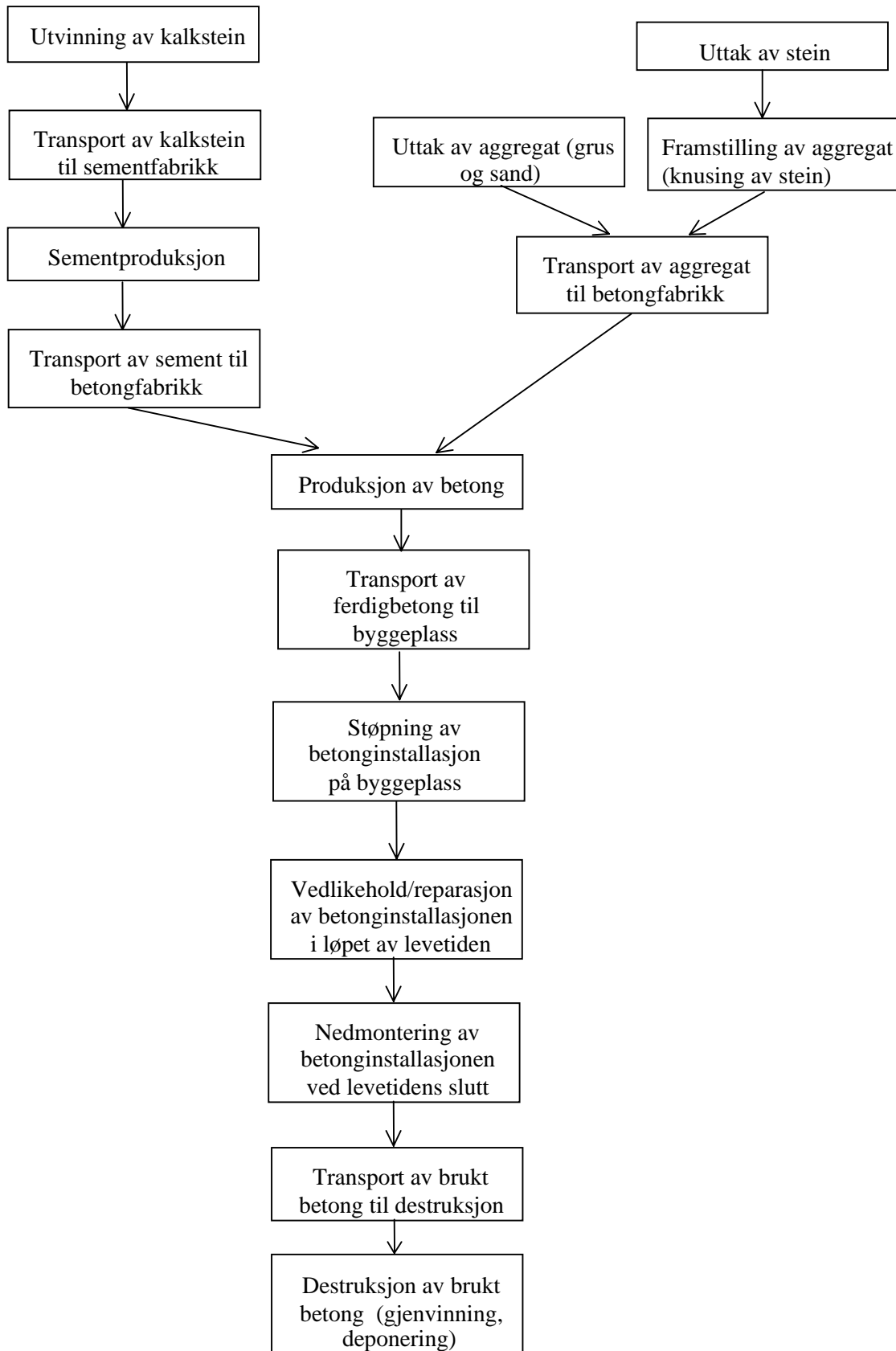
produksjonen ganske grundig istedenfor å prøve å beskrive de enkelte produksjonskjedene for de andre produktene som bedriften befatter seg med.

Livsløpet for betong som produkt kan inndeles i følgende hovedfaser:

1. Utvinning av råstoff
2. Produksjon av mellomprodukt (sement)
3. Produksjon av ferdigbetong
4. Nedbryting/Gjenvinning

Mellom hver av hovedfasene inngår ulike typer transport.

Dette er vist i skjematisk i Figur 3.



Figur 3 Skjematisk bilde over hovedstadiene i livsløpet for ferdigbetong, fra råvareutvinning til destruksjon ved levetidens slutt

3.1.1 Utvinning av råstoff

Sement er nøkkel-ingrediensen i betongprodukter. Den utgjør i snitt ca. 12 % av ferdig betong. Sement fungerer som bindemiddel og holder sammen tilslag og sand. Sement produksjon krever råmaterialer som inneholder kalsium (vanligvis kalkstein, CaCO_3) og silisium (som f.eks. leire og sand). I tillegg inngår mindre mengder av bauxitt og jernmalm for å gi sementen spesifikke egenskaper.

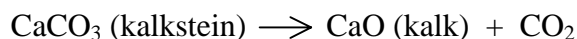
I produksjonen av sement tilsettes det gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) i en mengde som utgjør ca 5 % av til ferdigproduktet. Et alternativ til utvinning av dette mineralet ved gruvedrift er å benytte et bi-produkt fra fosfat-utvinning, såkalt fosfat-gips. En slik erstatning krever imidlertid dehydrering. Tilstedeværelse av uran og thorium er imidlertid påpekt å utgjøre et problem ved noen lokaliteter (Ayres, 1996). Hovedproblemet er imidlertid at dehydreringsprosessen er svært energikrevende.

Betong krever også "tilslag" i form av sand, grus eller knust stein. En del av sanden kan imidlertid erstattes med andre forbindelser. Et eksempel på dette ved Ryfoss Betong er at det benyttes silika (SiO_2), som er et biprodukt fra metallsmelteverk. Det inngår også en rekke tilsetningsstoffer i betongprodukter. Et av de som benyttes i relativt store mengder ved Ryfoss Betong er såkalt "P-tilsetning". Dette er et avfallsstoff fra skogindustrien.

3.1.2 Produksjon av sement.

Produksjonen av sement begynner ved at råmaterialene finknuses og blandes. Deretter blir de overført til en roterende sement ovn, som er en lang, skrånende sylinder med soner som blir gradvis varmere opp til ca. 1480°C . Ovnene roterer langsomt og blander innholdet mens det beveger seg oppover og varmes opp. Den første kjemiske reaksjonen som skjer er *kalsinering* av kalkstein (kalsium karbonat) til kalk (kalsium oksid), som skjer ved de lavere temperatursonene i ovnen – opp til ca. 900°C . Den andre reaksjonen er bindingen av kalsium oksid og silikater til å danne dikalsium og trikalsium silikater. Små mengder trikalsium aluminat og tetrakalsium aluminoferritt blir også produsert. Disse reaksjonene foregår ved høy temperatur og med ingrediensene i flytende tilstand. Etterhvert som de nye forbindelsene kjøles ned, størkner de til en fast masse som kalles *klinker*. Denne blir så finmalt til pulver, en liten mengde gips blir tilsatt og den ferdige sementen pakkes inn eller sendes i løs vekt til ferdigbetongprodusenten.

Produksjon av sement er en stor kilde til utslipp av CO_2 . På verdensbasis bidrar sementproduksjon med 8 % av de totale utslippene av CO_2 (Wilson, 1996). Det er i hovedsak to store kilder til CO_2 -utslipp fra sementproduksjon. For det første skjer en stor del av oppvarmingen av kalsineringsovnen ved forbrenning av fossile brensler. Men den kjemiske prosessen hvor kalkstein kalsineres til kalk produserer også CO_2 . Dette er vist nedenfor:



Ved denne kjemiske prosessen produseres om lag 0,5 tonn CO_2 per tonn sement. Når disse to kildene slås sammen slippes det ut på verdensbasis 1,25 tonn CO_2 for hvert tonn sement som blir produsert.

Utslipet av CO₂ fra sementproduksjon i de nordiske land er vist i Tabell 1 (Miljøstyrelsen, 1995).

Tabell 1 CO₂-utslipp fra sementproduksjon i de nordiske land

	Danmark	Sverige	Norge	Finland
CO ₂ -utslipp ved sementproduksjon (kg/tonn)	720	710	850 ⁷	870

Som det fremgår av Tabell 1 er CO₂-utslippene fra sementproduksjon i de nordiske land lavere enn gjennomsnittet på verdensbasis. Dette har trolig sin forklaring i at størsteparten av elektrisiteten som benyttes til oppvarming av produksjonsanleggene for sementframstilling i Norden er vannkraft-basert. Det relativt høye tallet for Norge sammenliknet med Danmark og Sverige kan forklares ved at transportaktiviteter forbundet med sementproduksjonen kun er inkludert for Norge.

En dansk undersøkelse presenterer energibrukstall for sementproduksjon i de nordiske landene (Miljøstyrelsen, 1995). Disse er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Energibruk i sementproduksjon i nordiske land

	Danmark	Sverige	Norge	Finland
Energiforbruk til sementproduksjon (kWh/tonn)	1 139	972	1 056	1 472

3.1.3 Produksjon av ferdigbetong

Betong produseres ved å blande sement med fin-tilslag (sand), grov-tilslag (grus eller knust stein), vann, og ofte små mengder ulike kjemikalier (tilsetningsstoffer) som påvirker betongens ulike egenskaper som f.eks. herdetid og plastisitet. Herdeprosessen er en kjemisk reaksjon som betegnes *hydratisering*. Når vann settes til sement dannes en gel som dekker overflaten på tilslag og fyller mellomrom som danner den ferdige betongen. Egenskapene til betongen er bestemt av hva slags type sement som benyttes, tilsetningsstoffene, og mengdeforholdet mellom sement, tilslag og vann.

Sement produksjon er en av de mest energi-krevende av alle industrielle produksjonsprosesser. Ved å inkludere det direkte drivstofforbruket for utvinning og transport av råmaterialer, er det ved en studie utført i USA beregnet at det går med over 1800 kWh per tonn sement produsert (Wilson, 1996). Som vist i Tabell 3 utgjør dette 92 % av energien som inngår i produksjon av ferdigbetong.

⁷ Inkluderer transportaktiviteter forbundet med sementproduksjonen.

Tabell 3 Energibruk i produksjon av betong

	% av vekt i gj.snittsbetong	kWh per tonn ⁸		kWh/tonn ferdig betong	% av tot energibruk
		Materialer	Transport		
Sement	12 %	1 696	148	221	92 %
Sand	34 %	1	11	4	2 %
Knust stein	48 %	14	16	14	6 %
Vann	6 %	0	0	0	0 %
Betong	100 %	239		239	100 %

Tallene for energibruk i sementproduksjon ligger noe høyere enn tallene for de nordiske landene vist i Tabell 2.

Ved Ryfoss Betong kan det i forhold til energibruken til transportaktivitetene forbundet med betongproduksjonen nevnes at det er blitt gjennomført tiltak for å effektivisere transporten. Dette omfattet bl.a. reduksjon i tomkjøring på tilbaketur etter levering av ferdigbetong. Det benyttes imidlertid i stor grad spesialbiler med i alt over 30 forskjellige produktkvaliteter, noe som vanskeliggjør utnyttning av returkjøringen. Noe reduksjon i tomkjøring er utført ved at singel fraktes tilbake etter levering og vask av betongbilene.

Råvarer som fraktes til bedriften kommer i hovedsak med lastebil. Kun armeringsjern kommer med båt til Årdalstangen. Mindre hasteleveranser kommer med bil fra Oslo.

For prosessen ved Ryfoss Betong er det nødvendig å varme opp vannet som benyttes i betongprosessen til 70 °C for å unngå frost i perioden oktober-april. Dette gir dermed økt energiinnsats i denne delen av året. Avdelingen i Øvre Årdal er den eneste av bedriftens fire produksjonssteder som benytter elektrisitet til oppvarming i produksjonsprosessen. De tre andre benytter oljefyring og gir dermed høyere CO₂-utslipp.

Vaskevann fra betongproduksjonen er en kilde til forurensning av vann. Både betongbilene og blandeverk må vaskes fra tid til annen, og dette vaskevannet er basisk, ofte helt opp til pH 12. Sterkt basisk vann er giftig for fisk og annet akvatisk liv.

For Ryfoss Betong representerer hindring av utslipp til vann en utfordring i og med at bedriftens avdeling i Leira ved en anledning er blitt anmeldt for utslipp av kalkholdig materiale til vann.

I tillegg er vaskevannet en kilde til utslipp av tungmetaller. Tungmetaller i betong kommer hovedsakelig fra sementen. I tillegg kan tungmetaller komme fra tilslag og gjennom silika-tilsetninger. De mest vanlige tungmetallene og deres innhold i norsk sement er vist i Tabell 4.

⁸ Beregningene av energibruk for sement produksjon er basert på 1990-data fra Portland Cement Association. Energi bruk i framstilling og transport av aggregat er basert på følgende forutsetninger:

Sement transportert 80 kilometer til betongfabrikk
 Aggregat transportert 16 kilometer til betongfabrikk
 Ferdigbetong transportert 8 kilometer til byggeplass

Tabell 4 Innhold av tungmetaller i norsk sement

Tungmetall	Variasjonsområde (mg per kg sement)
Bly	5-254
Kadmium	0-6
Sink	21-679
Nikkel	17-97
Krom	25-124
Kobber	30-70

Kilde: Vik (1996)

Som det vises i tabellen er det spesielt bly, sink og krom det kan forekomme høyt innhold av i norsk sement. Utslipp av disse tungmetallene representerer en kilde til forurensning av vann som forsterkes ved at de kan akkumuleres i næringskjedene.

Foruten utslipp av CO₂ så er både sement- og betongproduksjon kilde til betraktelige utslipp av en rekke andre luftforurensnings-komponenter. Støv er vanligvis den mest synlige av disse forurensningsformene. Dette er et reelt problem for Ryfoss Betong. Støvgenerering fra sandtaket hvor bedriften foretar masseuttak har bedriften mottatt klage på fra folk bosatt i et boligfelt nær bedriftsområdet.

En del av støvet som genereres ved sement og betongproduksjon består av partikler med diameter helt ned til 1 mikrometer (Wilson, 1996). Disse utslippene inngår dermed i kategorien PM_{2,5} som er en fraksjon av svevestøv som det er økende grad av oppmerksomhet rettet mot på grunn av helsemessige konsekvenser som kreftfare og økt dødelighet.

Andre former for luftforurensning fra sement- og betongproduksjon har sin årsak i forbrenning av fossilt brennstoff i produksjonen og tilknyttede transportaktiviteter. Luftforurensnings-komponenter som er vanlig ved sement og betongproduksjon inkluderer SO₂ og NO_x.

Årlig forbruk av råvarer ved Ryfoss Betong avdeling Øvre Årdal er vist i Vedlegg 2.

Avfall fra betongproduksjonen utgjøres bl.a. av restbetong fra produksjonen. For Ryfoss Betong skjer dette ved at det på en fylling på bedriftsområdet dumpes restbetong. Det er imidlertid fra ledelsens hold uttalt at denne aktiviteten kommer til å bli innstilt, og det vil bli satt i gang arbeid med å utnytte restbetongen.

3.1.4 Nedbryting/Gjenvinning

Gjenvinning av betong er mulig ved at brukt betong-materiale knuses og benyttes om igjen i produksjonsprosessen. Den irregulære overflaten på materialet som lages på denne måten er imidlertid mindre effektiv enn sand og knust stein fordi det kreves mer sement-blanding for å fylle alle krinkelkroker. Faktisk kan utnytting av knust betong som erstatning for grus øke det totale energi-forbruket i betongproduksjonen. Hovedgrunnen til dette er nettopp at det kreves mer sement, og denne er som nevnt svært energi-krevende å produsere (Wilson, 1996).

Derimot kan det gi miljømessig gevinst hvis betongstrukturene kan gjenbrukes hele eller som deler i en annen konstruksjon (Miljøstyrelsen, 1995).

Fra Nederland kan det hentes eksempel på at gjenvinning blir mer vanlig i betongprodukter. Ved å erstatte en del av sanden og grusen som inngår i betongproduksjonen med knust bygningsavfall (opp til 20 % i betong for byggeanvendelser, opp til 100% i gateelementer av betong). Gateelementene oppfyller således kriteriene for miljømerking (Eco-labelling) i Nederland.

Ryfoss Betong har en framtidig strategi om å benytte mere gjenvunnet materiale i betongproduksjonen. Kvaliteten på råstoffene er imidlertid en barriere i forhold til å oppnå standardiserte spesifikasjoner på produkter som inneholder resirkulert materiale.

3.2 Overordnede miljøutfordringer for Ryfoss Betong

Det har vært relativt stor miljøpolitisk oppmerksomhet omkring sement- og betongindustrien i bærekraftssammenheng. Dette er spesielt utfra de inngrep i naturen (i form av løsmasseuttak) bransjen forårsaker. Dette har vært spesielt sterkt fokusert på i England, hvor problematikken omkring løsmasseforbruk er mer åpenbar enn i Norge. Spesielt sementproduksjonen er ressurskrevende og bidrar til store utslipp av klimagassen CO₂. Dette innebærer at Ryfoss Betong vil måtte forholde seg til framtidige krav til reduksjon i utslipp av klimagasser.

Bedriften må være forberedt på framtidige krav om miljømerking av betong. Miljømerking innebærer økt vektlegging på miljøaspektene ved bruk av ressurser, gjenbruk av bygg- og anleggsavfall samt kontroll på utslipp. Ikke minst blir energibruk og forurensing knyttet til transporten av råvarer inn og produkt ut viktig i merke-utfordringen. De europeiske merke-reglene er mer vidtrekkende og kommet lenger i utvikling enn de norske. Bl.a. er det ikke etablert kriterier for Svanemerke⁹ betong. I denne sammenheng kan det neves at de amerikanske miljøvernmyndighetene (Environmental Protection Agency) har utgitt en omfattende sektorhåndbok for "Stone, Clay, Glass and Concrete Industry". Denne inneholder informasjon om den industrielle prosessen, utslipp av forurensing, toksisitet, hindring av forurensing (pollution prevention), myndighetskrav og lovverk samt en beskrivelse av hvordan denne industrien historisk har tilpasset seg myndighetskravene. Det er viktig for Ryfoss Betong å sette seg inn i hvilke krav som stilles i miljømerke-sammenheng. Dette kan gjøres ved, i tillegg til å vurdere andre lands myndighetskrav, å bruke de livsløpsvurderingene som er utført til å identifisere aktuelle miljøutfordringer for Ryfoss Betong AS.

En god kjennskap til komponentene i og den totale sammensetningen av utslippene fra bedriftens virksomhet vil også høyst sannsynlig være en forutsetning for å oppnå en evt. miljømerking av produktet. Tilstrekkelig god kunnskap om hvilke miljømessige konsekvenser utslippene fra bedriften har, spesielt i forhold til utslippene til vann og luft, er nødvendig. Når bedriften blir konfrontert med slike spørsmål må det eksistere god oversikt over forholdene. Dette er nødvendig for at bedriften skal ha troverdighet i forbindelse med evt. miljømerking av produktene.

⁹ Svanemerke er et nordisk system for miljømerking av produkter. I Norge har Stiftelsen Miljømerking (<http://www.ecolabel.no/>) ansvaret for etablering av kriterier for merkeordningen. Stiftelsen ledes av et styre som består av representanter fra Barne- og familiedepartementet, Miljøverndepartementet/Statens forurensningstilsyn, Utenriksdepartementet, Næringslivets Hovedorganisasjon, Handelens og Servicenæringens Hovedorganisasjon, Landsorganisasjonen og Forbrukerrådet.

Det brukes en rekke tilsetningsstoffer i betong. En kartlegging av miljømessige aspekter ved produksjon og bruk av disse tilsetningsstoffene kan gjøre bedriften bedre i stand til å redusere de miljømessige belastningene ved betongproduksjonen og betongproduktet. Dette er inkludert i merkeproblematikken, ved at en vurdering av potensialet for erstatning av tilsetningsstoffer med alternative, biologisk nedbrytbare og generelt mindre farlige stoffer må gjøres. Dette er også i tråd med det som gjennom prinsippene i overgangen til en industriell økologi betegnes som *endringskrav til produksjonssystemene*.

3.3 Metode for prosjektarbeidet ved Ryfoss Betong

Arbeidet med å kartlegge miljøutfordringene ved Ryfoss Betong har vært konsentrert rundt av følgende aktiviteter:

- Grunnlagsmaterialet fra kartleggingen fra prosjektet Grønt Næringsliv ble bearbeidet og supplert med nye opplysninger. Dette ble gjennomført i samarbeid med daglig leder ved avdelingen i Øvre Årdal ved hjelp av intervjuer og konstruktiv dialog.
- Supplerende materiale om bedriften ble framskaffet gjennom besøk ved to av bedriftens andre avdelinger, ved Ryfoss og Leira.
- Analyse av mulige miljøkrav fra omgivelsene ble gjennomført ved innhenting av materiale fra bransjeorganisasjoner, leverandører og kunder. De ulike firma/organisasjoner, deres funksjon i forhold til Ryfoss Betong og kontaktpersonene er vist i Tabell 5.

Tabell 5 Ryfoss Betongs aktuelle miljøkravstillere som er blitt kontaktet i prosjektet

Firma/organisasjon	Funksjon i forhold til Ryfoss Betong	Kontaktperson
PreBas Gruppen	Utviklings- og markedsføringsgruppe	Terje Reiersen
Hydro Aluminium	Miljøsjeff Hydro Årdal	Steinar Frosta
	Teknisk sjef Hydro Årdal	Jan Leirstad
	Teknisk direktør Hydro Årdal	Bjørn Fruset
	Kvalitetssikring ved Hydro Årdal	Jan Martin Damli
Hydro Årdal Karbon	Miljøsjeff Årdal Karbon	Olav Eldegard
Bertel O. Steen	Leverandør av Mercedes betongbiler	Anders Vestengen
		Sverre Skesmo
		Jostein Hagen
		Kai Berger
		Jarle Viulf
Scania	Leverandør av Scania betongbiler	John Lauvstad
Hydro/Texaco Årdal	Lokal drivstoffleverandør	Johnny Bjorvik
Hydro/Texaco Bergen	Regional drivstoffleverandør	Arne Hansen
Stiftelsen Miljømerking	Utarbeider kriterier for Svanemerking	Erik Svannes
Svensk SIS-miljømerking	Utarbeider kriterier for miljømerking i Sverige	Gunn Nylander
Norcem, Brevik	Leverandør av mikrosilika	Kjell Skjeggerud
Elkem, Kristiansand	Utarbeider produktspesifikasjon på mikrosilika	Reidar Andresen
		Kirsti Meyer
Rescon	Leverandør av tilsetningsstoffer	Johannes Mundal
SINTEF Bygg og miljøteknikk	Leder for prosjekt med Ryfoss Betong	Jan Lindgård

I forbindelse med en vurdering av overgang til biodiesel ble det utarbeidet en oversikt over bedriftens bilpark. Denne er vist i Vedlegg 3. Resultatet av vurderingen var at uten lokalt eller regionalt distribusjonssystem for biodiesel kunne ikke biodiesel konkurrere prismessig med fossil diesel. Det ble i tillegg vurdert som vanskelig å få garantier fra produsentene av betongbiler om at biodiesel kan benyttes. Bedriften konkluderte derfor med å ikke ta i bruk dette drivstoffet i prosjektperioden.

Kartleggingen av miljøutfordringene for bedriften har gitt grunnlag for konkretisering av strategiske satsningsområder. Dette er et resultat av prosjektarbeidet med Vestlandsforskning, men bedriften har også i stor grad selv bidratt til å velge de konkrete langsiktige målene. De tre strategiske satsingsområdene som er de viktigste for bedriften i framtida er konkretisert til å være:

1. Produksjon av betong og betongprodukter
2. Reparasjon av betongkonstruksjoner
3. Resirkulering/gjenvinning

I forbindelse med de tre hovedsatsingsområdene er det formulert en langsiktig målsetning for bedriften å tilfredsstille fremtidige krav til miljømerking av produktene. To strategiske arbeidsområder som er sentrale for denne langsiktige målsetningen er:

1. Resirkulering/Gjenvinning. Det vil i bedriften bli fokusert på å utnytte muligheter for å anvende brukt bygningsmateriale og annet avfall eller biprodukter til erstatning for løsmasseuttak fra grus/sandtaket. Konsekvenser av dette for bedriftens totale energibruk vil bli vurdert kontinuerlig.
2. Tilsetningsstoffer. Bedriften vil arbeide med å opparbeide økt kunnskap om de ulike tilsetningsstoffer som benyttes i betongproduksjonen, og hva slags mulige effekter på helse- og miljø disse stoffene har.

3.4 Resirkulering/Gjenvinning

I Tyskland er det sterk fokus innen betongindustrien på å anvende brukt bygningsmateriale som et råstoff i betongproduksjon. Det finnes spesielle mobile maskiner (slag-knuser) som i tillegg til å knuse brukt materiale, også sorterer ut armeringsjern ved hjelp av magnet. Ryfoss Betong AS vurderer å anskaffe seg slikt mobilt utstyr, slik at bedriften kan utføre knusing der hvor rivingsarbeider pågår. Det kan også bli aktuelt å gjenvinne slammet fra vasking av betongbilene og blandestasjonene. Det finnes utstyr på markedet ("Concrete Disclaimer" fra firmaet Tekno-Nor A/S) som separerer sand, grus og vann fra vaskevannet.

Det er planlagt at bedriften skal motta steinmasser som skal sprenges ut av fjellet i forbindelse med den utvidelsen av Hydros vannkraftanlegg ved Tyin. Steinmassene vil bli knust og brukt i betongproduksjonen. Det er inngått en avtale med Hydro om dette, og aktuell start for denne aktiviteten er år 2000. Bedriften ser det også som mulig at ekstra steinmasser som bedriften ikke har kapasitet til å bearbeide, kan bli skipet med båt fra Årdalstangen til Tyskland, hvor det er bygd opp et større mottaksapparat for stein til knusing. Vurderinger omkring energibruken ved en slik transport bør imidlertid gjøres, og veies opp mot alternativet å bruke ressursen lokalt.

3.5 Tilsetningsstoffer

Det tilsettes en rekke stoffer i betongproduksjonen for å gi produktet ulike egenskaper som kreves ved de forskjellige anvendelsesområdene. Dette aspektet ved betongproduktene har relevans for miljømerking. Additiver og disse stoffenes innvirkning på helse- og miljø representerer utfordringer for bedriften. Spredning av miljøgifter og andre stoffer som forstyrrer naturens økosystemer skjer i stadig større grad gjennom distribusjon, bruk og kast av industrielle produkter. En rekke tilsetningsstoffer har i tillegg den forsterkende virkningen at de akkumuleres i næringskjedene. Oversikt over hvilke tilsetningsstoffer som benyttes i ferdigbetong og som benyttes/forhandles av Ryfoss Betong er vist i Vedlegg 4. Disse er alle produsert av Rescon AS. Informasjonen i Vedlegg 4 er imidlertid ikke en komplett oversikt over tilsetningsstoffene som benyttes av bedriften, ettersom det er mange referanser til uspesifiserte stoffer. Tabellen utgjør imidlertid et startpunkt for kartleggingen over bruken, og de miljømessige aspektene ved tilsetningsstoffene som bedriften befatter seg med.

Som det framgår av Vedlegg 4 benyttes det i betongprodukter stoffer med svært alvorlige effekter på dyr og mennesker. Hormonhermere, f.eks. bisphenol-A-forbindelser inngår i flere av produktene som Ryfoss Betong selger. Dette er forbindelser som har vist østrogenliknende effekt i dyrestudier (Bond, 1980) og i cellekulturer (Krishnan, 1993). Produkter som inneholder PVC er ofte kilde til spredning av en annen klasse hormonhermere, nemlig ftalater. Et eksempel på denne kategorien fra lista over produkter som Ryfoss Betong selger er "Våtroms-lim". Flere av de mest brukte ftalatene har i tillegg til østrogenliknende effekt, høy

toksisitet og er vist å være reproduksjonsskadelige på dyr (Price, 1990 og Ema, 1995). De fleste ftalater er også bio-akkumulerende. Det er i økende grad rettet oppmerksomhet mot den økende forekomsten av slike syntetiske stoffer som virker inn på hormonsystemene. Hormonhermere er også mistenkt for å forstyrre menneskers forplantningsevne. I tillegg inneholder enkelte betongprodukter også polyakrylater som i tillegg til å være toksiske, også er mistenkt for å være kreftframkallende (Lewis, 1996). Kromforbindelser finnes i enkelte typer spesialmørtel til slamming av betong. Av disse er kromsalter mistenkt for å fremkalle lungekreft. Kromsaltene er i tillegg svært allergifremkallende og virker irriterende på øynene, luftveiene og huden. En del tilsetningsstoffer som fungerer som akseleratorer i betongen er etsende og kan inneholde aluminater. Disse er helseskadelig ved innånding og kontakt med øynene.

I tillegg til de kjemikaliene som er listet opp i Vedlegg 4 tilsettes det i produksjonen av ferdigbetong også andre stoffer. Bl. a. polypropylen plastfibre av typen "Harbourite". Disse tilsettes for å unngå sprekkdannelse i betongoverflaten, spesielt på støpte betongflater, som f. eks. elementer til hage- og gangveier. Etter at betongen har størknet bryter sollys ned de delene av fibre som stikker opp av betongen. Dette skjer ved at plastfibre fordampes. Dermed er dette en kilde for utslipp av forurensing til luft. Den delen av plastfibre som ikke fordampes blir kilde til forurensing av vann og grunn ved utvasking og annen nedbrytning av betongen. Polypropylen er klassifisert som "questionable carcinogen" d.v.s. at det ikke kan utelukkes at stoffet er kreftframkallende (Lewis, 1996). Leverandør av plastfibre er firmaet Byggekjemi AS i Drammen.

Aluminiumsstøv tilsettes for å gi betongen ekspanderende egenskaper. Bedriften fikk erfare dette til gangs ved at en produsert blanding ved et tilfelle holdt på å eksplodere. Det viste seg da at sanden som var benyttet var forurenset med store mengder aluminiumsstøv. Aluminiumsstøv har også alvorlige helse-effekter, bl.a. er det rapportert om at innånding har gitt lungefibrose (Lewis, 1996).

3.6 Oppsummering om miljøutfordringer for Ryfoss Betong

Ryfoss Betong møter utfordringer knyttet til industriell økologi gjennom produktene som produseres. Miljøkonsekvensene som følge av bruk av de ulike produktene representerer framtidige utfordringer. Strategisk sett kan derfor bedriften ha nytte av en kontinuerlig vurdering av miljømessige sider ved produktene, bl.a. som følge av ulike råstoffvalg, energibruk knyttet til produksjonen og ikke minst energibruk knyttet til transport av råstoff og produkter. Spesielt er det knyttet utfordringer til en overgang mot å benytte mer gjenvinning i materialressurs systemene. Det knyttes store utfordringer til energibruken i denne sammenheng. Både for gjenvinningsprosessene og den tilknyttede transporten inngår energibruksproblematikk. En vurdering av bedriftens nære omgivelser er i denne sammenhengen relevant. Mulige alternative kilder til råstoff kan tenkes å avdekkes gjennom en analyse av det industrielle "økologiske" klusteret Øvre Årdal. Det er behov for ytterlig kunnskap om hvilke muligheter og begrensninger som ligger i en slik tilnærming til miljøutfordringene. Industriell økologi kan benyttes som et rammeverk i denne sammenhengen.

Innen problemstillingen knyttet til internasjonale krav til produktene som bedriften produserer, er miljømerking av betong sentralt. Det er i Norge ennå ikke fastsatt kriterier til betong innen miljømerke-systemet Svanemerking. Det finnes imidlertid internasjonale krav, såkalt eco-labelling, som omfatter betong. En framtidig strategisk aktivitet for Ryfoss Betong

bør derfor være å holde seg orientert om hvilke krav som stilles i denne sammenheng. Industriell økologi kan benyttes som rettesnor for synliggjøring av aktuelle krav som kan bli stilt til produktene gjennom merkeproblematikken. Gjenvinning, transport-energi og produktenes bidrag til spredning av stoffer med uheldig virkning på miljøet er sentrale i denne sammenheng.

4 Avsluttende diskusjon

I denne rapporten synliggjøres hva industriell økologi innebærer av miljøutfordringer for små bedrifter i distriktene. Dette er forsøkt gjort gjennom en vektlegging på to aspekter ved begrepet industriell økologi. Det er søkt å vise 1) hva vår forståelse av begrepet industriell økologi er og 2) hvilke muligheter og begrensninger som er forbundet med anvendelse av prinsippene innen industriell økologi.

4.1 IØ forståelse

Sentralt innen det som vanligvis forbindes med industriell økologi står prinsippet om bytting av avfall mot råstoff. Dette innebærer at det skal oppnåes reduksjon av utslipp fra industrien ved å konvertere avfallet til nyttbart materiale som kan gå inn i en produksjonsprosess. Dette er et viktig område innen industriell økologi som det blir fokusert sterkt på. Det er imidlertid ikke reflektert av en forståelse om at miljøproblemene har endret karakter de siste tre-fire tiårene. Endringen består i at mens industriens miljøproblemer på 60- og 70-tallet var fokusert på *punkt-utslipp*, er det i dag de *diffuse kilders problematikk* som er viktigst. Dette har sin bakgrunn i at myndighetene gjennom flere tiår har lagt press på industrien for at utslippene fra de enkelte industri-fasilitetene skulle reduseres. Dette har industrien for en stor del klart gjennom å innføre bedre renseteknologier og forbedringer i produksjonsprosessene. Samtidig har det blitt klart at spredning av miljøgifter og annen forurensning i stadig større grad kommer fra produktene som produseres. Distribusjon, bruk og kast av industrielle produkter er blitt en viktig kilde til forurensning. De viktigste kildene til forurensning fra industriell aktivitet er ikke lenger de enkelte utslippene fra fabrikkene, men diffuse kilder som blir spredt ytterligere med globaliseringen. Endringen har altså ført til at fokus er flyttet fra *produksjon til produkt*.

Knyttet til *produktenes miljøproblematikk* står miljøkrav til produktene sentralt. Kriterier for miljømerking, som f.eks. den nordiske Svanemerking-ordningen blir etablert for stadig flere produkter. Dette er i tråd med den økende aksepten for at de viktigste miljøproblemene stammer fra produktene som produseres. Det er imidlertid ikke ennå i nevneverdig grad etablert kriterier for transporten som inngår produksjonen av produktene. Uten at energibruk og forurensning knyttet til transporten av råstoff og ferdig industrielt produkt inkluderes i kriteriene til miljømerking, blir systemet mangelfullt. Det virker for eksempel problematisk å snakke om miljømerking av oppdrettsfisk, når en stor del av oppdrettsfôret kommer fra Sør-Amerika og det ferdige produktet i stor grad transporteres med fly til Japan. Et antydning av at transport også begynner kommer inn som kriterium i miljømerkingen, er imidlertid det svenske "Bra miljöval" -systemet som er utviklet av det svenske naturvernforbundet. I denne merkeordningen er det etablert miljøkriterier for transporter (Svenska Naturskyddsföreningen [www-sider](http://www.sids.se)). En miljømerking av transporten som inngår i distribusjonen av råvarer og ferdig produkt vil måtte inkludere kriterier for transport avstander. Kortest mulige transportavstander med det mest energi-effektive og minst forurensende transportmidlet er det optimale i denne sammenheng.

For case-bedriften Ryfoss Betong vil større krav til produktenes miljøbelastning også omfatte transport. Både transport av råstoff og ferdig produkt inngår i denne sammenheng. Kravene vil gå i retning av kortest mulige transportavstander av råstoffet som inngår i betongproduksjonen, og tilsvarende kort transport av den ferdige betongen, forutsatt at transporten foregår med de mest energi-effektive og minst forurensende transportmidlene.

Et annet aspekt ved produktene som også har relevans for miljømerking, er innholdet av tilsetningsstoffer. Additiver og disse stoffenes innvirkning på helse- og miljø representerer utfordringer for begge case-bedriftene. Vi kommer her tilbake til de diffuse kilders problematikk. Spredning av miljøgifter og andre stoffer som forstyrrer naturens økosystemer skjer i stadig større grad gjennom distribusjon, bruk og kast av industrielle produkter. En rekke tilsetningsstoffer har den forsterkende virkningen at de akkumuleres i næringskjedene. Det er det en utfordring for Ryfoss Betong å få kartlagt omfanget og bruken av produkter med miljøskadelige stoffer, og å identifisere aktuelle substitutter. Bedriften bør langsiktig satse på å redusere bruken av disse stoffene. Dette vil være miljøstrategisk riktig, begrunnet ut fra det som er kjent om disse stoffenes skadelige virkninger og deres økende utbredelse.

For Eineteig Transport innebærer en eventuell overgang til bruk av det fornybare drivstoffet biodiesel utfordringer knyttet til additiver. Det er rekke problematiske sider forbundet med additiv-bruk som bedriften kan bli konfrontert med gjennom framtidige krav til transportnæringen. Dette inngår også i merkeproblematikken som nevnt fordi kriterier til miljømerking av produkter vil måtte inkludere transporten av produktene.

Transport er et sentralt tema i vår forståelse av industriell økologi. Ikke minst p.g.a. at energibruk forbundet med transporten av råvarer, halvfabrikata og ferdigprodukter utgjør økende del av totalt energiforbruk fra industriell produksjon. Det blir stadig viktigere å imøtekomme krav som kommer til å gå i retning av å redusere transportomfanget. Reduksjon av transportavtandene blir dermed sentralt. Dette leder oss tilbake til teorien om industrielle økosystemer eller industrielle økologiske klustere som ble nevnt innledningsvis. Her er hovedprinsippet at utveksling av avfall og biprodukter mellom ulike industrielle fasiliteter bare kan gjøres effektivt når de ligger i nærheten av hverandre. Er avstandene store, blir energibruken for transporten stor, og dermed strider imot prinsippene om energi-effektive systemer, som industrielle økosystemer må være for å ha en berettigelse i framtida. Dette representerer derfor spesielle utfordringer for bedrifter lokalisert i distriktene. Med lange avstander mellom enkelt-bedriftene vil det ikke være mulig å etablere energi-effektive resirkuleringsnettverk hvor bedriftene inngår. Bare der hvor det finnes relativt store ansamlinger av bedrifter innen begrenset avstand mellom dem, er tanken om industrielle økosystemer relevant. Ryfoss Betong i Øvre Årdal kan betraktes å inngå i et industrielt økologisk kluster, og resirkulerings-problematikken for bedriften vil gjenspeile dette. For store deler av bedriftene i distriktene gjelder imidlertid ikke dette. Mulighetene for å effektivisere returtransporter er i utgangspunktet også større for bedrifter lokalisert i klustere. En slik effektivisering ved hjelp av samordning med andre bedrifter er vanskeligere dersom bedriftene ligger spredt.

Overgang fra dagens intense forbruk av lagerressurser som råstoff for drivstoff, til å benytte alternative kilder basert på fornybart materiale er i tråd med industriell økologi prinsipper. Alternative energikilder representerer imidlertid store utfordringer, ikke minst for bedrifter i distriktene. Spesielt er barrierene i form av manglende infrastruktur for distribusjon av nye typer drivstoff store.

En overgang til bruk av drivstoff basert på fornybare kilder kan forsvares ut fra problematikken rundt CO₂-utslipp. En overgang til drivstoff basert på fornybare energikilder er imidlertid ikke nok til å oppnå betydelige reduksjoner i klimagassutslipp. Det totale omfanget av transportaktiviteter må reduseres. For bedriften Eineteig Transport er det imidlertid vanskelig å redusere transporten uten videre. Siden transporttjenester er

hovedproduktet til bedriften vil aktuelle strategiske aktiviteter for å imøtekomme volumproblematikken kunne omfatte reduksjon i tomkjøring og bedring i kapasitetsutnyttelse.

4.2 IØ muligheter og begrensninger

Vi har i denne rapporten innledningsvis gitt en omtale av exergi-begrepet som en inngang til å forstå mulighetene og begrensningene forbundet med industriell økologi. Med fysisk ressursteori som grunnlag leder prinsippet om kaskade kobling fram til at resirkulering av ressurser er nødvendig. I denne sammenheng skilles det mellom bruk av *jomfruelige ressurser* og *resirkulerte ressurser*. Med jomfruelige ressurser menes naturens råstoff som ikke har vært gjennom en industriell resirkulering-prosess. Et eksempel på et jomfruelig råstoff er grus fra et grustak, mens et eksempel på en resirkulert ressurs er knust bygningsmateriale. Begge typer ressurser kan benyttes som råstoff for produksjon av betong. Imidlertid er resirkulert materiale i utgangspunktet å foretrekke, fordi jomfruelig ressurs spares. Dette er også et av hovedprinsippene i industriell økologi.

En hovedforutsetning for at prinsippet om resirkulering skal bidra til exergi-økonomisering er imidlertid lite fokusert på innen industriell økologi. For å gjenvinne en ressurs, må det tilføres exergi i form av energi og materialressurser. Denne tilførte exergien må komme et steds fra, og må ikke være så stor at det totale exergifallet blir forsterket. Dette kan uttrykkes ved at den exergi-økonomiserende effekten av kaskadekobling minskes ved at energi brukes og materialressurser forbrukes i resirkuleringsprosessen. For industriell økologi er dermed exergi-betraktninger med på å sette begrensninger for resirkuleringens omfang. Det kan med rette hevdes at det innen anvendelsen av industriell økologi -begrepet ofte er en manglende forståelse for resirkuleringens begrensninger. Ikke minst er det mangel på betraktninger om transportens bidrag til energibruk og utslipp av forurensning i resirkuleringssystemene. Dette gjelder for transporten av avfall, fra avfalls-genereringen til avfalls-behandlingsystem, videre til gjenvinnings-fasiliteter for halvfabrikata, og til slutt til råmateriale som kan benyttes i en industriell produksjonsprosess. Kaskade kobling med exergibetraktninger understøtter dermed at gjenvinning er en riktig strategi for bedriftene, men setter også vilkår i denne sammenhengen. Vilkårene for at Eineteig Transport skal kunne ta i bruk drivstoff basert på fornybare råstoffer er at energi-innsatsen i produksjon og distribusjon av drivstoffet er minimal. For Ryfoss Betong kan det settes vilkår for at brukte betonginstallasjoner skal kunne inngå som erstatning for den jomfruelige ressursen grus i betongproduksjonen. Kort transportavstand og lav material- og energiinnsats er slike vilkår.

5 Referanser

5.1 Litteratur

Andersen, O. (1998) *Miljøutfordringer for små og mellomstore bedrifter i distriktene. Hva innebærer krav til en industriell økologi?* Rapport 1/98. Vestlandsforskning, Sogndal.

Andersen, O., Lundli, H.E., Brendehaug, E. og Simonsen, M. (1998) *Biodiesel in heavy-duty vehicles – Strategic plan and vehicle fleet experiments*. Final report from European Commission ALTENER-project XVII/4.1030/Z/209/96/NOR. Rapport 18/98. Vestlandsforskning, Sogndal.

Ayres, R.U. and L.W. Ayres (1996): *Industrial Ecology. Towards Closing the Materials Cycle*. Edward Elgar, UK.

Bond mfl. (1980) 19th Annual Meeting of the Society of Toxicology, Washington DC, 1980, paper 69 (abstract).

Brundtland, G.H. mfl. (1987) *Vår Felles Framtid*. Oslo: Tiden Norsk Forlag.

Clothier, P.Q.E., Aguda, B.D., Moise, A. and Pritchard, H.O. (1993) How Do Diesel-fuel Ignition Improvers Work? *Chem. Soc. Rev.*, Vol. 22, s 101-108.

Coughenour, G.E., Kesling, H.S., Liotta Jr., F.J., McFarland, J.M. and Nandi, M.K. (1997) Di-t-butyl peroxide as a diesel fuel additive. *CHEMTEC: The innovator's magazine*, August, s 38-41.

Dunn, R.O. and Bagby, M.O. (1994) Aggregation of Unsaturated Long-Chain Fatty Alcohols in Nonaqueous Systems. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 72, No. 1, s 123-130.

Ema mfl. (1995) *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, Vol. 28, pp. 223-228.

Figenbaum, E. (1995) *Biodiesel – En livsløpsanalyse*. Teknologisk Institutt, Oslo.

Frosch, R.A. and N.E. Gallopoulos (1989) Strategies for Manufacturing, *Scientific American*, 261 (September), s 144-152.

Høyer, K.G. og K. Groven (1995) *Fisk og miljø. Hvordan står det til med bærekraften?* Rapport 5/95, Vestlandsforskning, Sogndal.

Høyer, K.G. (1996) Bærekraftig mobilitet – finnes det et globalt rettferdig nivå? *ProSus – tidsskrift for et bærekraftig samfunn*, 4/1996, ProSus, Oslo.

Kinoo, B., De Keukeleere, D., Lenaers, G., Craps, R. and Ketels, T. (1996) *Biodiesel Demonstration in Belgium. Final Report from ALTENER project XVII/4.1030/93-22*, VITO-report ABS.RB96-01, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, Belgium.

Knothe, G. and Bagby, M.O. (1994) ¹³C-NMR Spectroscopy of Unsaturated Long-Chain Compounds: An Evaluation of Carbon Signals as Rational Functions. *J. Chem.*

Soc., Perkin Trans 2.

Knothe, G., Bagby, M.O., Weisleder, D. and Peterson, R.E. (1994) Allylic Mono- and Di-hydroxylation of Isolated Double Bonds with Selenium Dioxide-tert-Butyl Hydroperoxide. NMR Characterization of Long-chain Enols, Allylic and Saturated 1,4-Diols, and Enones. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2*, s. 1661-1669.

Knothe, G., Dunn, R.O. and Bagby, M.O. (1995) Surface Tension Studies on Novel Allylic Mono- and Dihydroxy Fatty Compounds. A method to Distinguish erythro/threo diastereomers. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 72, No. 1, s 43-47.

Krishnan mfl. (1993) *Endocrinology*, Vol. 132, No 6, pp. 2279-2286.

Landels, R., Harold, S. and Gill, R. (1995) *Fuel additives for biodiesel*. Proceedings of International Conference on Standardisation and Analysis of Biodiesel, Vienna, Austria, November 6-7, 1995.

Lewis, R.L. (1996) *Sax' Dangerous Properties of Industrial Materials*. 9th Edition. Van Nostrand Reinhold. A Division of International Thomson Publishing Inc. New York.

Lundli, H.E. og Andersen, O. (1998) *Håndbok for bruk av biodiesel i tyngre kjøretøy. Barrierer mot bruk av biodiesel i tyngre kjøretøy i Norge og mulige tiltak for å overvinne disse*. Rapport 20/98, Vestlandsforskning, Sogndal.

Lundli, H.E. (2000) *Motor-alcohols from wood resources in heavy duty vehicles. Analysis of barriers and stakeholder groups*. Rapport 10/00 (under utgivelse). Sogndal: Vestlandsforskning.

McGrattan, B. J. (1994) Examining the Decomposition of Ethylene Vinyl Acetate Copolymers Using TG/GC/IR. In *Appl. Spec.* V.48 (12).

Michaelis, L. (1996) Mitigation Options in the Transportation Sector, i *IPPC: Climate Change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*. Cambridge: Cambridge University Press.

Miljøverndepartementet (1998) *Norges oppfølging av Kyotoprotokollen*. Stortingsmelding nr 29 (1997-98). Oslo: MD.

Miljödepartementet (2000) *Förslag till Svensk Klimatstrategi*. SOU 2000:23. Stockholm: Miljödepartementet.

Miljøstyrelsen (1995) *Brancheanalyse beton – renere teknologi ved betongfremstilling. Miljøpåvirkninger og livscyklusanalyser*. København: Miljøstyrelsen.

Price, C.J., Elwell, M.R., Cardy R.H. mfl. (1990) Subchronic toxicity of butyl benzyl phtalate and modified mating trials in male f-344 rats, *Toxicologist* 7, 145, abstr. no. 578.

Rathbauer, J. (1995) Fatty Acid Methyl Ester (FAME) as special winter fuel. In: Chartier, Ph., Beenackers, A.A.C.M. and Grassi, G. (eds.), *Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry, Proceedings of the 8th European Biomass Conference, Vienna, Austria, 3-5 Oct 1995*, Elsevier Science Ltd. p. 1174-1177.

Robbins, W.E., Audette, R.R. and Reynolds, N.E. III (1951) Diesel Fuel Ignition

Quality Improvers. In *SAE Quarterly Transactions, Society of Automotive Engineers*, July, Vol. 5 No. 3.

SFT - (1996) *Kartlegging av stoffer med mulige hormonliknende effekter*. Rapport 96:12, Statens forurensningstilsyn, Oslo.

Vik, B. (1996) Miljø i og omkring betongfabrikkene. FABEKO miljøprosjekt Vest-Agder. Intern prosjektrapport. FABEKO Norsk Fabrikkbetongforening.

Wilson, D. (1997) *Improving the quality of Rapeseed Methyl Ester (RME) by the use of Lubrizol's performance chemicals*. Paper at the First International Colloquium Fuels, January 16-17, 1997, Ostfildem, Esslingen, Germany.

Watanabe, C. (1994) Japan's Approach to Energy Issues. *Industrial Ecology: U.S. & Japan Perspectives*. Washington, National Academy Press.

5.2 Personlige meddelelser

Demoulin, A. (1997) Fina Oleochemicals, Fina Research S.A., Zone Industrielle C, 7181 Seneffe (Feluy), Belgium. Tel.: +32/64/51.42.29, Fax: +32/64/51.46.58.

Dorsey G.F., Googin, J.M., Griffith, W.L. and West, B.H. (1996) U.S. Patent and Trademark Office, 1996, ESID 1531X, Tech. Area Environmental Technologies, Compere A. L., (615) 574-4970.

Dunn, R. (1997) USDA, ARS, NCAUR, 1815 N. University St., Peoria, IL 61614. DUNNRO@mail.ncaur.usda.gov, Personlig meddelelse.

Pritchard, H. (1998) Chemistry Department, York University, Toronto, Ontario. huw@gkcl.yorku.ca, Personlig meddelelse.

Sopata, J. (1997) United States Environmental Protection Agency, SOPATA.JOE@epamail.epa.gov, Personlig meddelelse. 3. mars.

Liotta, F. (1997) ARCO Chemical Company, CNSFJL@arcochem.com, Personlig meddelelse.

Laird, M. (1997) FLD CHEMICALS, marklaird@fld.co.uk, Personlig meddelelse.

5.3 Internet

Svenska Naturskyddsföreningen, <http://www.snf.se/bmv/prod-transporter/index.cfm>, 13.09.00

ICSHLF (1994) *International Conference on Stability and Handling of Liquid Fuels in Rotterdam, the Netherlands, October 3-7, 1994. Synopsis of Technical Activities*. <http://www.iash.nrl.navy.mil/5thconf.html>

Wilson, A. (1996) Cement and Concrete: Environmental Considerations. *Environmental Building News*. EBN Volume 2, No. 2 - March/April 1993, Revised: July 8, 1996. <http://buildinggreen.com/features/cem/cementconc.html#ToC1>

6 Vedlegg 1: Additiver for biodiesel

Generelt om additiver benyttet i biodiesel

De fleste additiver som markedsføres for bruk med biodiesel ble opprinnelig utviklet for å forbedre egenskapene til fossil diesel. Additiver for biodieselbruk består nesten alltid av flere typer additiver som skal tjene ulike funksjoner samtidig. Det er lagt ned et betydelig forskningsarbeide for å forbedre drivstoffers egenskaper ved hjelp av å tilsette en kombinasjon av ulike typer additiver (se f.eks. Wilson, 1997). Dette betyr at miljøeffektene av additivbruk ikke er begrenset til effekten av de enkelte forbindelsene isolert. Det må tas hensyn til mulige synergieffekter når man skal vurdere virkning av additiver på helse og miljø. En slik vurdering må gjøres både for utslipp ved lekkasje/uhell, forbrenningsproduktene, og fysisk kontakt med biodiesel.

Miljømyndighetene i USA (US Environmental Protection Agency, EPA) antyder at miljøproblemer fra biodiesel-additivers forbrenningsutslipp i hovedsak er knyttet til nitrogenoksider og aldehyder (Sopata, 1997, personlig meddelelse).

De fleste additivene benyttet i USA anbefales anvendt i konsentrasjoner på opp til 2000 PPM (2%). Dette innebærer at opp til 20 gram av additivet kan tilsettes til 1 liter biodiesel. Det bør bemerkes at den østerrikske normen for biodiesel har en lavere tillatt øvre grense, på 1%.

Det kan identifiseres minst fire grunner til at det er nødvendig å bruke additiver i RME-biodiesel som benyttes som drivstoff i dieselmotorer:

1. Ved temperaturer lavere enn ca. $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ er det nødvendig å bedre strømningsegenskapene slik at plugging av bl.a. drivstoffiltre unngås. To forskjellige betegnelser brukes for å beskrive drivstoffets egenskaper i denne sammenheng. CCFPP er en forkortelse både for *Critical Cold Filling Pour Point* og *Critical Cold Filter Plugging Point*. Med et CCFPP på $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ menes at drivstoffet er egnet til bruk ved temperaturer ned til $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Additiver som forbedrer strømningsegenskapene ved å senke CCFPP betegnes "*Pour Point Depressors*" (PPD).
2. Bruk av biodiesel har en tendens til å gi avleiringer i dieselmotorene, i første rekke på inntaksventilskaft og i injektorsystemet. Additiver som har til formål å redusere slik avleiring betegnes "*Dispersant Supplements*".
3. RME-biodiesel har en høy andel av umettede fettsyremetylestre (Fatty Acid Methyl Esters, FAME). Dobbeltbindingene i disse forbindelsene er sårbare for oksidering. Kontakt med metall kan også føre til oksidering, som igjen reduserer stabiliteten av drivstoffet. En rekke antioksidanter og metallpassivatorer (som øker metallkompatibiliteten) benyttes for å øke holdbarheten til RME-biodiesel.
4. De ulike FAME som inngår i biodiesel, har varierende tenn-egenskaper. Cetan-tall er et mål for tenn-egenskapene til biodiesel. Tilsetning av additiver kan forbedre tenn-egenskapene ved å redusere tiden mellom injeksjon og antenning. En slik reduksjon øker cetan-tallet for drivstoffet.

PPD-additiver (Pour point depressors)

Det er drevet omfattende forskning omkring vinter-additiver for biodiesel ved Northern Agricultural Energy Center og National Center for Agricultural Utilization Research (NCAUR) i Peoria, Illinois. Forsøkene her er gjort hovedsakelig med metylestre fra frøene til soyaplanten, men den fysiske kjemien i forhold til additiver i RME er sammenlignbar.

Nesten alle av additivene som har blitt testet av NCAUR var opprinnelig utviklet og markedsført som additiver for fossil diesel. De fleste av disse additivene har aktive forbindelser som f.eks. etylen-vinyl-acetat-kopolymer, alkenyl-ravsyre-amider, høymolekylære langkjedete poly-akrylater, fumarat-vinylacetat kopolymer og kopolymer av lineære alfa-olefiner og akryl-, vinyl- og maleinsyre-forbindelser. Additivene inneholder normalt også et petroleums-basert løsningsmiddel (for eksempel aromatisk nafta) som fungerer som løsningsmiddel for den aktive forbindelsen i additivet. Nafta kan forårsake kreft ved hudkontakt, og kan gi luftveislidelser og koma ved høye konsentrasjoner i luft. Kronisk eksponering for nafta kan medføre hodepine, nedsatt appetitt, sløvhhet, søvnmangel, dårlig fordøyelse og kvalme (Lewis, 1996).

Det er også forsøkt å blande inn metanol og middelslange alkoholer (Dunn & Bagby, 1994; Knothe, Dunn & Bagby, 1995; Knothe, Bagby, Weisleder & Peterson, 1994; Knothe & Bagby, 1994). Konklusjonene fra denne forskningen er at det ikke er funnet additiver som vil senke CCFPP bedre enn ved å blande inn parafin, på samme måten som det gjøres på fossil diesel. En forskningsgruppe ved Department of Biological and Agricultural Engineering ved University of Idaho har kommet fram til liknende konklusjoner. Innblanding av parafin i tillegg til additiver er vanlig praksis. Ulempen ved å tilsette parafin er at man samtidig reduserer drivstoffets cetan-tall, noe som medfører et behov for å tilsette et additiv som øker cetan-tallet igjen.

Lubrizol International Laboratories i Derby, England markedsfører PPD-additiver basert på følgende tre hovedgrupper:

- I. Melan-styren estere
- II. Polymetakrylat
- III. Etylen-vinyl-acetat

En av forbindelsene i gruppe II er polymetylmetakrylat. Den er bedre kjent som materialet "flytende plexiglass" og er antatt å være kreftfremkallende (Lewis, 1996).

Etylene-vinyl-acetat kopolymer brukt som additiv vil ved forbrenning degraderes til et stort antall forskjellige rettkjedete hydrokarboner, og gi bidrag til luftforurensing på samme måten som andre flyktige organiske forbindelser (McGrattan, 1994). I tillegg er forbrenningsavgassen fra dette additivet karakterisert som skarp, bitter og irriterende (Lewis, 1996).

Ved det belgiske forskningsinstituttet VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek) har man benyttet C8-C10 fraksjonen av kokos metylester (CME) for å overkomme kuldeproblemene ved biodiesel bruk. Ved å bruke en 20% innblanding av CME er det rapportert en reduksjon i CCFPP ned til -15 °C (Kinoo mfl., 1996). Den CME som ble benyttet i disse forsøkene var produsert av Fina i Belgia. Det ble imidlertid rapportert om økt luktproblem som følge av CME bruk. VITO la bort disse forsøkene delvis på grunn av den

lange transportavstanden for kokos (fra tropene til kalde klimatiske områder) (Demoulin, 1997, personlig meddelelse).

Dispersant supplements

Dannelsen og oppbyggingen av avleiringer i injektorsystemet, spesielt i injektoren, kan forårsake svikt i diesel-injeksjonen. Hyppig svikt her øker drivstofforbruket, og utslipp av partikler. Rensemiddel brukes for å hindre oppbygging av slike avleiringer på metall-overflater som for eksempel forbrenningskammer, innsugnings-ventiler og diesel-injektorer. Detergenter benyttes til periodisk rensning for å fjerne avleiringer etter at disse er dannet. Additiver som benyttes til slik rensing betegnes "avleirings-kontroll additiver" og utgjør en vesentlig del av diesel-additiv pakker.

Antioksidant/metall-passivatorer

Tert-butyl hydroquinon (TBHQ) en antioksidant for biodiesel som det er knyttet visse forventninger til (Dunn, 1997, personlig meddelelse). Denne antioksidanten er imidlertid ikke egnet i blandinger av biodiesel og fossil diesel fordi den har begrenset løselighet drivstoffer basert på middel-petroleumsdestillat. Dette innebærer at TBHQ felles ut i blandinger av biodiesel og fossil diesel. Tilsetning av andre additiver er dermed nødvendig for å hindre utfelling i blandinger basert på biodiesel og fossil diesel. TBHQ er moderat giftig ved fortæring. Forbindelsen er også antatt å være kreftfremkallende (Lewis, 1996).

De ofte benyttede antioksidantene butylerte xyleneoler og butylert hydroksytoluen (BHT), er også egnet i biodiesel (Laird, 1997, personlig meddelelse). BHT er giftig, teratogen, og irriterer hud og øyne (Lewis, 1996). En annen antioksidant som kan benyttes i biodiesel er tokoferol, en naturlig antioksidant (vitamin E) som finnes i de fleste oljefrø. Fenyldiamin er fastslått å være den mest effektive antioksidanten i en studie gjennomført av International Society for Stability and Handling of Liquid Fuels (ICSHLF, 1994 Internet referanse). Både o-, p- og m-isomeren av fenyldiamin er imidlertid antatt å være kreftfremkallende for mennesker med mutagene og teratogene effekter (Lewis, 1996). De slipper alle ut NO_x når de forbrennes. o-fenyldiamin er i tillegg bekreftet å være kreftfremkallende for dyr. p-fenyldiamin finnes på listen over skadelige luftforurensninger (HAP, Hazardous Air Pollutants) til EPA Clean Air Act.

Additiver som forbedrer antenningen (tenntilsats)

Cetan-tallet er en viktig indikator for kvaliteten på biodieselen. Det er en indikator for tidsforsinkelsen mellom injeksjonen og den spontane antenningen av drivstoffet i brennkammeret. Cetan-tallet er konseptuelt sett lik oktanbetegnelsen som benyttes for bensin (men mekanistisk forskjellig). Generelt er det slik at jo kortere tidsforsinkelsen er mellom injeksjon og antenning, jo høyere er cetantallet. Cetan-skalaen benytter to standardforbindelser: Cetan (n-heksadekan) er gitt verdien 100, og heptanonylnonane er gitt verdien 15. Den østerrikske normen for biodiesel forutsetter et cetantall på minimum 48. De fleste fossil diesel-typene er lite egnet som drivstoff hvis cetantallet er lavere enn 40. I kaldt vær vil det kunne oppstå problemer med å starte motoren som følge av at både cetantallet og temperaturen synker. Additiver som øker cetantallet består av forbindelser som lett blir brutt ned til frie radikaler, noe som fremskynder en kjede reaksjon, som dermed akselererer antenningen. Kjemiske forbindelser som alkylnitrater, noen peroksider, tetraazoler og thioaldehyder kan bli benyttet som additiver for å forbedre cetantallet. På grunn av lave

kostnader har alkylnitrater vært det mest kommersielt benyttede additivet (Coughenour mfl., 1997). 2-etylheksylnitrat har blitt benyttet for å øke cetantallet i mange år og er for tiden det dominerende additivet på markedet. Tabell 6 lister opp noen av de mest vanlige additiver som brukes for å øke cetantallet. Det er også angitt hvilke helse- og miljøeffekter de har.

Tabell 6 Liste over noen av de vanligste additiver som forbedrer antenningen samt deres tilknyttede helse- og miljøeffekt

ID	Forbindelse	Helse- og miljøeffekt
1	1,1-di-(t-butylperoksi)-3,3,5-trimethylsykloheksan	toksisk, irriterende, eksplosiv
2	2,5-dimetyl-2,5-di-(t-butylperoksi)-heksan	toksisk, irriterende, eksplosiv
3	di-t-butyl peroksid (DTBP)	toksisk, irriterende, eksplosiv
4	2-etylheksyl nitrat	NO _x utslipp
5	n-butyl-4,4-bis-(t-butylperoksi)-valerat	toksisk, irriterende, eksplosiv
6	O,O-t-butyl-O-(2-etylheksyl)-monoperoksy-karbonat	toksisk, irriterende, eksplosiv
7	t-butyl perbenzoat	toksisk, irriterende, mulig karsinogen

Kilde: Clothier mfl.. (1993)

DTBP er blitt framhevet som en av de mest effektive additivene til å øke cetantallet i biodiesel (Liotta, 1997, personlig meddelelse). Additiver som forbedrer cetantallet har også et potensiale for å redusere utslippet av CO, partikler og NO_x som stammer fra forbrenningen av dieseldrivstoffer. At dette faktisk skjer er konstatert ved at for eksempel DTBP reduserer utslippet av både partikler og NO_x fra forbrenningen av biodiesel (ibid.). De organiske nitraterne (i tabellen ovenfor representert ved 2-etylheksylnitrat) vil imidlertid medføre økte utslipp av NO_x ettersom forbindelsen inneholder nitrogen. Det eksisterer også et amerikansk patent for å bruke melamin cyanurat som et additiv for å forbedre cetantallet (Dorsey 1996). Denne forbindelsen er et synonym for 2,4,6-Triamino-s-Triazin forbundet med S-Triazine-Triol (CAS: 37640-57-6). Forbindelsen er giftig ved fortæring, inhalering og ved hudeksponering. Den slipper også ut NO_x ved forbrenning.

Flere polyaromatiske nitrater, for eksempel 3-nitro-benzanthrone, blir også vurdert som potensielle additiver for å forbedre tenningen. De fleste av disse forbindelsene er meget kreftfremkallende (Pritchard, 1998, personlig meddelelse).

De fleste organiske peroksidene (ID 1, 2, 3, 5, 6, 7 i Tabell 6 er eksempler på slike) er meget toksiske og irriterer hud, øyne og slimhinner (Lewis mfl., 1996). Det er også en betydelig brann- og eksplosjonsfare knyttet til disse forbindelsene når de blir eksponert for reduksjonsmidler eller varme. I tillegg er tert-butyl perbenzoat klassifisert som mulig kreftfremkallende.

Også nitroalkaner og nitrokarbamater kan anvendes som additiver for å forbedre antenningen (Robbins mfl., 1950). Mange karbamater er giftige og noen kreftfremkallende, teratogene eller mutagene. Flere nitrokarbamater i små doser har fremkalt kreft i forsøk med dyr (Lewis, 1996).

Et annet eksempel på et additiv som forbedrer antenningen er ”Bycosin”. Det selges under navnet ”Fuelsaver” av firmaet Ing. Holme & Sandbakken AS i Oslo. I følge databladet er dette produktet et metallorganisk karboksylat løst i petroleumsnafta. De helse-, sikkerhets- og miljømessige sidene ved dette additivet er beskrevet i Tabell 7.

Tabell 7 Helse-, sikkerhets- og miljømessige sider ved Bycosin

Område	Effekt
Innånding	Kan forårsake helseproblemer ved gjentatt innånding
Hudkontakt	Kan gi permanente helseeffekter, inkludert eksem, ved gjentatt og langvarig eksponering
Øyne	Sprut i øyne kan gi sterk irritasjon og smerte. Høy konsentrasjon i damp kan forårsake irritasjoner.
Fortæring	Kan gi diare og brekninger. Dette kan resultere i at stoffet ender i lungene og forårsaker ”kjemisk lungebetennelse”.
Miljøeffekt	Farlig for levende organismer i vann. Kan forårsake langvarige skadelige effekter i akvatiske miljøer. Vanskelig for å bli brutt ned biologisk. På grunn av lav løselighet i vann kan stoffet bioakkumuleres i akvatiske organismer.
Brann- og eksplosjonsfare	Produktet i gassform er tyngre enn luft og legger seg langs gulv hvor det kan antennes. I tillegg kan produktet hvis det blir varmet opp avgi brennbare gasser som kan forårsake eksplosjoner i blanding med luft.

Alternativer til bruk av additiver

I tillegg til å tilsette additiver er det utviklet andre metoder for å forbedre drivstoffegenskapene til biodiesel. Begreper som ”winterizing” og ”declouding” benyttes på en prosess hvor fettsyremetylestrene (FAME) med høyt smeltepunkt fjernes fra biodieselen. Dette gjøres ved at biodieselen kjøles ned langsomt til en kritisk temperatur hvor FAME med høyt smeltepunkt felles ut og blir liggende på bunnen av oppbevaringstanken. Bunnfallet fjernes og benyttes om sommeren som et drivstoff med høyere CCFPP. Ved hjelp av denne metoden er det mulig å framstille vinterbiodiesel med en CCFPP på -38 °C. Dette er imidlertid bare mulig i en kombinasjon med bruk av additiver (Rathbauer, 1995). Denne prosessen, som innebærer strenge krav til nøyaktig temperaturkontroll, fulgt av fysisk separering er imidlertid en energikrevende prosess. Fettsyresammensetningen i denne typen vinterbiodiesel (vinter-RME) er vist i Tabell 8. Tabellen viser at spesielt andelen av den mettede FAME C_{16:0} (palmitinsyre) er redusert.

En annen egenskap ved biodiesel som kan forbedres er tendensen til polymerisering i drivstoffet. Denne egenskapen er delvis bestemt av andelen umettede fettsyrer. Tendensen til polymerisering blir mindre hvis omfanget av umetthet (antall dobbeltbindinger) reduseres. Lav flyktighet kan medføre at uforbrent drivstoff blir vasket ned langs sylinderveggene og ende opp i motoroljen. Høy temperatur og trykk kan så føre til at dobbeltbindingene

polymeriseres, og dette gir avsetninger og fare for skade på motoren på sikt, hvis ikke hyppigheten av oljeskift økes. For å redusere dette problemet er det under utvikling nye hybrider av rapsplanten. Bl. a. er det utviklet en ”high oleic rape seed oil” (HORO) som har et jodtall¹⁰ på 100, sammenliknet med 118 for vanlig raps (Landels, 1995). Som vist i Tabell 8 inneholder denne rapsoljen mindre av de flerumettede fettsyrene C_{18:2} og C_{18:3}, og mer av den enkelt-umettede oljesyre (C_{18:1}).

Tabell 8 Andelen av ulike typer fettsyrer i vanlig RME, spesial-vinterbiodiesel (RME) og ”high oleic rape seed oil”

Fettsyre	% vekt		
	Vanlig RME	Vinter-RME	HORO
C _{16:0}	4	1	4
C _{18:0}	1	-	2
C _{18:1}	60	61	72
C _{18:2}	22	25	15
C _{18:3}	10	11	2
C _{20:0}	-	-	1
C _{20:1}	1	2	-
C _{20:2}	-	1	1

Kjemiindustrien i spesielt Tyskland og Frankrike arbeider for å utvikle genetisk modifiserte rapsvarianter som råvarer for produksjon av biodiesel. Ciba-Geigy er en av hovedaktørene i denne forbindelsen.

Utviklingen av nye planteegenskaper ved hjelp av genteknologi kan imidlertid være i konflikt med føre-var prinsippet, siden det ikke er mulig å utelukke at uventede miljøeffekter kan oppstå i framtiden som følge av bruken av disse. Føre-var prinsippet innebærer at vitenskapelig usikkerhet om mulige irreversible miljøeffekter ikke skal hindre tiltak for å redusere effektene.

¹⁰ Jodtallet er et mål på graden av umettethet, d.v.s. antall dobbelt- og trippelbindinger i fettsyremetylestrene. For høyt jodtall er ugunstig, fordi dette gir større grad av polymerisering, som fører til utfelling.

7 Vedlegg 2: Forbruk av ulike råstoff ved Ryfoss Betong avd. Øvre Årdal. 1996-tall

Type	Mengde pr. år/kostnad	Leverandør
Sand, singel	18 000 tonn	Grustaket i Øvre Årdal (Ryfoss Betong AS/Hydro)
Sement	1000 tonn	Norcem i Oslo
Silika	50-60 tonn	Elkem (Bjølvfossen, Svelgen, Kristiansand).
"P-tilsetning"	3000 liter	Saugbrugsforeningen via Rescon
Formolje	400 liter	Shell, Fina
HP (S) (Vannreduserende/ ikke retarderende)	1000 liter	Rescon
Syklisk jernoksid (til produksjon av farget betong)	35 kg	Bayer
Conoil (Øker smidigheten til betongen d.v.s. gjør at den glir lett)	1000 liter	Rescon
Armeringsjern	100 tonn	Jernverket i Mo i Rana
Mørtel	100 tonn	Rescon, Vestnorske Mørtel på Sotra
Epoksy	1 tonn	Rescon
Vann	300 000 liter	Hydro
Elektrisitet	For kr 57 000 (1995-tall)	Hydro Energi
Diesel til total bilpark	For kr 154 000	Shell (tank på området)

8 Vedlegg 3: Oversikt over betongbiler ved Ryfoss Betong avd. Øvre Årdal

	Årsmodell	Merke	Typebetegnelse ¹¹	Motor	Tilleggsopplysninger
1	70	Mercedes	Pumpebil (19-29)		Går på farget diesel
2	90	Mercedes	29-29	BR 402	
3	89	Mercedes	33-35	BR 402	Påmontert pumpe (19-29)
4	98	Mercedes	Actros 41-40	BR 501 LA 12 Liter 6 cyl	m/EDC
6	86	Volvo	F12		
7	82-97	Scania	112		
8		Scania	112		
9		Scania	112		
10		Scania	112		
11		Scania	112		
12	84	Scania	82		
13	78-82	Scania	111		
14		Scania	111		
15		Scania	111		
16		Scania	111		

¹¹ De to første siffer angir totalvekt chassis i tonn, de to siste sifferne angir motorstyrke i antall hestekrefter (/10), slik at for eksempel har bilen med betegnelse 41-40

9 Vedlegg 4: Produkter fra Rescon som benyttes/forhandles av Ryfoss Betong AS (produkt navn, funksjon/bruksområde, sammensetning og miljøeffekter)

Produkt- navn	Funksjon/ Bruks- område	Sammensetning	Miljøeffekter
Epoksy L/LS/LR	Betonglim	Lettflytende epoksyharpiks og et akselerert polyamin. Inneholder diglycidyleter og Bisphenol-A-diglycidyleter og homologer med MW<700	Etsende, korroderende, allergi-framkallende. Inneholder stoff med mulig østrogenliknende ¹² effekt.
Epoksy CEM-L	For belegging og liming av betong	Vannbasert sementepoksy (harpiks og herder) og sementbasert fyllstoff	Irriterende og allergiframkallende
Epoksy BI-R	For injisering i betong og fjell	Lettflytende harpiks herdet med et aromatisk amin. Inneholder lavmolekylær epoksyharpiks, 4,4-diamino-difenyl-metan og benzylalkohol.	Helseskadelig, farlig ved innånding, hudkontakt og svelging. Allergi-framkallende
Epoksy BI 1,8	Injisering i grove sprekker og tynne understøp.	Lettflytende epoksyharpiks herdet med et polyamin. Inneholder lavmolekylær epoksyharpiks.	Etsende, korroderende og allergiframkallende
Epoksy UV-S / UV-L	Sparkel for bruk under vann	Lettflytende epoksyharpiks herdet med et akselerert polyaminoamid/spesialformulert polyamin.	Etsende, korroderende og allergiframkallende
Epoksy DV	Im-pregnering av drikkevannstanker	Lettflytende epoksyharpiks herdet med et polyamin. Inneholder glycidyleter, Bisphenol-A – diglycidyleter og homologer med MW<700.	Etsende, korroderende, allergiframkallende. Inneholder stoff med mulig østrogenliknende effekt.
Epoksy MS	Sparkel	Lettflytende epoksyharpiks herdet med et polyamin. Inneholder glycidyleter, benzylalkohol, Bisphenol-A - diglycidyleter og homologer med MW<700.	Etsende, korroderende, allergiframkallende. Inneholder stoff med mulig østrogenliknende effekt.
Epoksy Silovern	Im-pregnering i landbruket	To-komponent epoksy impregnering. Inneholder Bisfenol A-basert lavmolekylær epoksyharpiks, 4,4-diaminodifenyl-metan og benzylalkohol.	Farlig ved innånding, hudkontakt og svelging. Allergiframkallende. Inneholder stoff med mulig østrogenliknende effekt.

¹² Bisphenol-A- forbindelser er klassifisert som mulige østrogenhermere (SFT, 1996).

Silimp H20	Im-pregnering av betong	Silan	Helseskadelig ved hud- og øyekontakt
Montasje-lim 4000	Fuge-fyllende og luft-herdende konstruksjons-lim	Smidig pasta med syntetisk gummi som bindemiddel	Ukjent
Våtroms-lim	Vinyl-PVC-tekstillim	Ukjent	Ftalater, som er hormonforstyrrende, finnes ofte i PVC-produkter
Conoil	Smørende/stabiliserende tilsetningsstoff	Cellulose-estre (1-5%) i vann	Vurdert som ikke merkepliktig
Rescon P	Plastiserende og vann-reduserende tilsetningsstoff	Et avfallsstoff fra skogindustrien	Vurdert som ikke merkepliktig
Rescon HP(S)	Vann-reduserende tilsetningsstoff	Modifiserte melaminharpikser (60-100%)	Vurdert som ikke merkepliktig
Rescon HP	Plastiserende og vann-reduserende tilsetningsstoff	Ukjent	Inneholder ingen merkepliktige, helsefarlige stoffer
Rescon R	Retarderende og vann-reduserende tilsetningsstoff	Hydroksoy-karboksylysyre salter	Inneholder ingen merkepliktige, helsefarlige stoffer
Rescon Latex	Emulsjon som forbedrer mørtelens strekkstyrke og heftfasthet	Dispersjon av polyvinylacetat/vinylklorid/eten	Vurdert som ikke merkepliktig

Rescon T	Flyt- forbedrende og stabiliser- ende tilsetnings- stoff for undervanns- betong	Ukjent	Inneholder ingen merkepliktige, helsefarlige stoffer
Nonset	Ekspander- ende spesial- mørtel	Portlandsement og sand, tilsatt ekspanderende, stabiliserende og plastiserende stoffer. Frostfri- typene inneholder også stoffer som bevirker at sementen herder, og at massen ikke virker sprengende.	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid
Nonset 400/75	Ekspander- ende spesial- mørtel.	Portlandsement og sand, tilsatt ekspanderende, stabiliserende og plastiserende stoffer	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid
Conbit	Limende spesial- mørtel	Portlandsement og sand, tilsatt akselererende, ekspanderende, og heftforbedrende stoffer	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid. Inneholder klorider.
Conplan KF	Selv- utjevne sparkel- masse	Sement og sand tilsatt svinn- kompenserende, flyt- og heftforbedrende stoffer	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid.
Conplan Grov	Sparkel- masse til oppretting av betonggulv	Sement og sand, tilsatt heftforbedrende og plastiserende stoffer	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid
Conplan R	Selv- utjevne sparkel- masse med rask fasthets- utvikling	Sement og sand tilsatt svinn- kompenserende, flyt- og heftforbedrende stoffer	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid
Murtett	Spesial- mørtel til slamming av betong	Portlandsement og sand, tilsatt tettende, plastiserende og heftforbedrende stoffer	Inneholder sement med spor av kromforbindelser. Irriterer øynene, luftveiene og huden. Kan forårsake allergi ved hudkontakt.

Rapp	Rask-herdende spesialmørtel	Sement med tettende spesialfiller, hurtigbindende og tettende tilsetningsstoffer	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid
Cemsil	Spesialmørtel for injeksjon/tetting	Sement med tettende spesialfiller, hurtigbindende og tettende tilsetningsstoffer. Under blanding tilsettes akselerator.	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid. Akseleratoren er etsende og inneholder aluminater. Helseskadelig ved innånding og kontakt med øynene.
Confix	Spesialmørtel for reparasjon/sprøyting	Sement og sand med tilsetningsstoffer som øker støpelighet og pumpbarhet. Confix m/fiber er tilsatt stålfiber. Confix m/pp.fiber er tilsatt polypropylenfiber.	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid. Irriterer luftveiene. Allergiframkallende ved hudkontakt.
Fixofin	Spesialmørtel for reparasjon og flikk	Sement og spesialsand med bindestoffer, latex, tilsetningsstoffer som gir god bearbeidelighet	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid
Fasade-puss	Spesialmørtel for pussing	Sement og sand med latex og tilsetningsstoffer som øker bearbeidelighet og heftegenskaper. En variant inneholder 12 mm polypropylenfibre.	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid
Conflikk	Flikkmørtel for reparasjon	Sement og sand med latex og tilsetningsstoffer som øker bearbeidelighet og heftegenskaper	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid
Murfix	Hurtigbindende spesialmørtel	Sement og sand med latex og tilsetningsstoffer som gir god bearbeidelighet	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid
Redi-sparkel	Til sparkling av porer og riss i betong	Sement med stabiliserende og plastiserende tilsetningsstoffer samt fyllstoff for økt smidighet og bearbeidelighet	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid
Redirep 25/45/75	Spesialmørtel for reparasjon av betong og mørtel	Portlandsement, sand og polypropylenfiber, samt tilsetningsstoffer som gir bedre heftegenskaper og bearbeidelighet	Inneholder sement som er meget irriterende på hud og øyne p.g.a. innhold av kalsiumoksid

Cur-1	Membranherder	Parafin-latex-emulsjon	Inneholder ikke merkepliktige stoffer
Cur-Imp	Membranherder, karbonatiseringsbremsende impregnering samt primer for akrylmalinger	Metakrylpolymer løst i white spirit	Polyakrylater er mistenkt for å være kreftframkallende (Lewis, 1996)
Formretard	Hurtigtørkende retarderende middel for frilegging av betong	Sterkt retarderende midler, hvitt fargestoff, denaturert sprit	Brannfarlig