



SINTEF Fiskeri og havbruk AS
Internasjonale prosjekter og rådgivning

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse:
SINTEF Sealab
Brattørkaia 17B

Telefon: 4000 5350
Telefaks: 932 70 701
E-post: fish@sintef.no
Internet: www.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Energibruk og klimautslipp i eksport av norsk sjømat

FORFATTER(E)

Ellingsen, H., Emanuelsson, A., Skontorp Hognes, E., Ziegler, F. og Winter, U.

OPPDRAGSGIVER(E)

Fiskeri- og kystdepartementet

RAPPORTNR. A19097	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Karen Elisabeth Udgaard	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG 45
ELEKTRONISK ARKIVKODE SINTEF Fiskeri og havbruk - Energibruk og klimautslipp i eksport av norsk sjømat - 2009_11_04.docx	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Harald Ellingsen	VERIFISRT AV (NAVN, SIGN.) Ulf Winter: <i>Ulf Winter</i>	
ARKIVKODE	DATO 2009-11-04	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Vegar Johansen, Forskningsjef: <i>Vegar Johansen</i>	
SAMMENDRAG <p>Et antall transportkjeder av fisk er i denne rapporten sammenlignet med hensyn til energibruk og klimapåvirkning. Kjedene omfatter transport av fersk, fryst og superkjølt fisk, hel sløyd fisk og ulike typer filet. Videre er effekten av bruk av ulike transportformer, som lastebil, containerfartøy, RoRo bilferge, hurtigbåt, tog og fly analysert. De forskjellige transportmetodene og produktformer er kombinert i tolv ulike hovedkjeder av norsk eksport av laks og hvitfisk som det videre er gjort analyser av energibruk og klimapåvirkning for.</p> <p>For å illustrere mulige effekter av å endre transportstrategier, er det videre definert en rekke scenario. Disse er ment å skulle reflektere mulige alternativer som vil kunne introduseres under gitte forhold med en viss grad av realisme.</p> <p>Frakt på tog og containerbåt har vist seg å være de mest effektive transportformene for transport fra Norge til Europa spesielt for superkjølt eller fryst filet. I den andre enden av skalaen ligger de interkontinentale transportene med fly og hurtigbåt som alle krever store mengder energi og fører til store utslipp av klimagasser.</p> <p>Generelt kan det konkluderes at transportmidlet er viktigere enn produktformen for det totale resultatet og at et betydelig forbedringspotensial i å gå over fra veg- og luft- til sjø- og togtransport, men også i å gå over fra å frakte hel sløyd fisk til å frakte filet og fra tradisjonell kjøling til superkjøling.</p> <p>Rapporten er åpnet (07.04.2011) etter ønske fra Fiskeri- og kystdepartamentet. Tidligere prosjektnummer var SFH80 F096026.</p>			
STIKKORD	NORSK	ENGELSK	
GRUPPE 1	Klimaeffekter	Climate Effects	
GRUPPE 2	Transportkjeder	Transport Chains	
EGENVALGTE	Sjømat	Seafood	

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Sammendrag	3
2	Innledning	4
2.1	Bakgrunn.....	4
2.2	Om transportsektorens betydning i klimasammenheng.....	5
2.3	Om eksport av fisk fra Norge	5
2.4	Sjømatprodukter og klimaeffekter	6
2.5	Kort om pågående prosjekt	7
3	Miljøanalyser innen fiskeri og kunnskapsstatus	8
4	Mål og omfang	12
4.1	Mål	12
4.2	Omfang	12
4.3	Funksjonell enhet	13
4.4	Allokeringsstrategi	14
4.5	Beskrivelse av transportkjeder	14
4.6	Beskrivelse av scenario	16
4.7	Om ulike konserveringsmetoder	17
5	Nærmere om livssyklusanalyser	19
5.1	Kort om LCA	19
5.3	Datainnhenting	20
6	Datagrunnlag	22
6.1	Veitransport	22
6.2	Sjøtransport	23
6.3	Lufttransport	24
6.4	Tog	24
6.5	Transportlengder	24
6.6	Transportforpakning og isproduksjon	26
6.7	Energibærere og elkraft	26
6.8	Energibruk til kulde	27
6.9	Kort om NTM databasen	27
6.10	Ecoinvent databasen	27
7	Resultater	28
7.1	Transportkjedene	28
7.2	Resultater fra scenarioanalysene	34
8	Diskusjon	38
8.1	Hva forteller analysen av transportkjedene?.....	38
8.2	Hva forteller scenarioene?	39
8.3	Kort vurdering om svinn og holdbarhet.....	39
9	Konklusjon	41
10	Referanser	42

1 Sammendrag

Et antall transportkjeder av fisk er her sammenlignet med hensyn til energibruk og klimapåvirkning. Kjedene omfatter transport av fersk, fryst og superkjølt fisk, hel sløyd fisk og ulike typer filet. Videre er effekten av bruk av ulike transportformer, som lastebil, containerfartøy, RoRo bilferge, hurtigbåt, tog og fly analysert. De forskjellige transportmetodene og produktformer er kombinert i tolv ulike hovedkjeder av norsk eksport av laks og hvitfisk som det videre er gjort analyser av energibruk og klimapåvirkning for.

For å illustrere mulige effekter av å endre transportstrategier, er det videre definert en rekke scenario. Disse er ment å skulle reflektere mulige alternativer som vil kunne introduseres under gitte forhold med en viss grad av realisme. Generelt er scenarioanalyser et egnet verktøy for å fremskaffe beslutningsunderlag for å iverksettelse av tiltak spesielt på lang sikt. I dette tilfelle kan tiltak være rettet mot å påvirke aktørene til å velge transportløsninger i en mer klimavennlig retning.

Frakt på tog og containerbåt har vist seg å være de mest effektive transportformene for transport fra Norge til Europa spesielt for superkjølt eller fryst filet. Superkjøling gjør is overflødig hvilket er positivt ut fra to forhold: Man unngår energibruken for å produsere is, og man får lastet mer fisk i rommet på lastebilen eller i containeren.

I den andre enden av skalaen ligger de interkontinentale transportene med fly og hurtigbåt som alle krever store mengder energi og fører til store utslipp av klimagasser. Utslippene er likevel lavere ved transport med hurtigbåt enn med fly over Atlanteren hvilket, kan tyde på at det finnes et betydelig forbedringspotensial ved overgang til sjøtransport hvis denne optimaliseres.

En annen kjede som gir høye utslipp er transport av hvitfisk på båt til Kina for prosessering og retur tilbake til Europa. Her er det spesielt den lange transportavstanden som bidrar til høye utslipp.

Mellom ytterpunktene finner man lastebiltransport av filet og hel sløyd fisk. Av filetransportene på lastbil ligger både den lite bearbejdede og den MAP-pakkete fisken høyt. Dette skyldes i det første tilfelle at en noe større mengde må transporteres i og i det andre tilfelle at man kan pakke betydelig mindre per lastebil.

Avslutningsvis kan det konkluderes at transportmidlet er viktigere enn produktformen for det totale resultatet og at et betydelig forbedringspotensial i å gå over fra veg- og luft- til sjø- og togtransport, men også i å gå over fra å frakte hel sløyd fisk til å frakte filet og fra tradisjonell kjøling til superkjøling.

Beregningene av det totale energiforbruket og klimapåvirkningen av norsk fiskeeksport tyder på at selv om den andelen som fraktes med fly i dag representerer en liten del i vekt så står denne for en betydelig del de totale klimagassutslippene fra norsk sjømateksport. Fremtidsscenarioene viste at en reduksjon av de totale utslippene med omtrent 16% kan være mulig om det som fraktes fersk med fly i dag heller overføres til båt i frossen tilstand. Dette forutsetter store tiltak for å endre konsumentenes innstilling til fryst fisk. Å senke hastigheten på containerfartøyene fra 23 til eksempelvis 14 knop vil i tillegg kunne medføre en betydelig forbedring isolert sett.

2 Innledning

2.1 Bakgrunn

De miljømessige konsekvenser av å transportere mat over lengre avstander kontra tilsvarende effekter av mat produsert og distribuert mer lokalt, eller langreist kontra kortreist mat, har lenge vært et tema innen den offentlige debatten. Denne debatten relateres også ofte til klimaeffekter som følge av energiforbruk under transport. Ofte er det noe uklart hvilke klimamessige konsekvenser ulike transportmetoder, forpakkingsmaterialer og transportavstander egentlig har.

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Fiskeri- og kystdepartementet som har ønsket å få utredet hvilke konsekvenser ulike typer transport- og emballering av sjømat har på miljøet. Hovedvekten har vært på å utrede klimabelastningen ved distribusjon av sjømat. Departementet har videre ønsket å få utarbeidet en oversikt over tiltak basert på tilgjengelig teknologi som kan iverksettes for å redusere utslippene samt forslag til hvordan næringen best mulig kan forberede seg på, og tilpasse seg endrede rammebetingelser i lys av klimaeffekter innen emballering og transport og distribusjon.

Rapporten er utarbeidet av en prosjektgruppe på SINTEF Fiskeri og havbruk i Trondheim i samarbeid med forskere tilknyttet SIK (Institutet för Livsmedel och Bioteknik AB) i Gøteborg. Prosjektet har rapportert til Karen Elisabeth Udgaard i Fiskeri- og kystdepartementet.

Prosjektet har videre sin begrunnelse i et økende fokus nasjonalt og internasjonalt fra forbrukergrupper, matvarekjeder, miljøvernorganisasjoner og myndigheter om å dokumentere at all virksomhet foregår i henhold til prinsipper om bærekraft. Med økt oppmerksomhet på miljøeffekter ved matproduksjon, blir det stadig viktigere å dokumentere i hvilken grad fiskeri- og havbruksnæringen påvirker miljøet.

Miljøanalyser innen fiskerisektoren er fortsatt et forholdsvis jomfruelig område, men likevel et område som forventes å få økt betydning og aktualitet i tiden fremover. Opinionsundersøkelser med forbrukere og ikke minst sterke matvarekjeder i spissen vil kunne legge premisser for næringens aktiviteter ut ifra mer eller mindre veldefinerte krav til miljøprestasjoner. Hvis oppfatninger og krav skulle bli etablert på et i verste fall tilfeldig og feilaktig grunnlag, kan det slå ut i lite forutsigbare konsekvenser.

Norge er en betydelig eksportør av fisk noe som igjen krever en betydelig innsats knyttet til distribusjon med anvendelse av en rekke transportalternativ og forpakkingsmetoder. Mye av denne transporten skjer i dag på landeveien hvor store mengder fersk fisk transporteres nedkjølt med bruk av is nedover i Europa. Denne transportformen bidrar til en rekke miljøbelastninger som at det båndlegges store arealer til veier, det genereres ulykker og støy langs hovedveiene, avrenning av smeltevann i tillegg til at det slippes ut klimagasser og partikler av ulike slag som direkte følge av energiforbruket. Dessuten skaper bruk av ulike forpakkingsløsninger sine problemer i form av avfall i tillegg til den miljømessige belastning selve produksjonen av forpakkingsystemet medfører. Også flerbruks forpakkingsystemer som ulike type fiskekasser, kan medføre problemer som opphopning i mottakerleddet og behov for returtransport som ikke alltid lar seg utnytte effektivt.

2.2 Om transportsektorens betydning i klimasammenheng

Regjering har i Stortingsmelding nr. 26 (2006-2007) ”Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand” erklært at det er et overordnet resultatmål at Norge skal overholde forpliktelsen i Kyotoprotokollen om at klimagassutslippene i perioden 2008 – 2012 ikke skal være mer enn 1 prosent høyere enn i 1990.

I følge Loe Hansen et. al. (2008) var de samlede norske klimagassutslippene på 55 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2007. Dette er nær 10 prosent over det nivået vi kan slippe ut i forhold til forpliktelsene i Kyotoprotokollen. Transportsektoren står samlet for ca. 32% av disse utslippene. Aktiviteten innen denne sektoren har også vokst kraftig i de siste årene selv om utslippene av klimagasser ikke har vokst like raskt på grunn av en vridning mot mer energivennlige kjøretøyer. SSB påpeker videre at utslippene fra veitrafikk er den viktigste kilden til klimagassutslipp innen transportvirksomheten, og at det også er denne som har vært i raskest vekst. Utslippene har vokst med 35% siden 1990, og lå i 2007 på 10,4 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Utslippene fra kysttrafikk, innenriks luftfart, jernbane og andre mobile kilder vokser, men ikke like hurtig. Økning innen godstrafikken henger videre sammen med sentralisering av produksjon og lager (globalisering og effektivisering) hvilket oftest fører til at gods nå må fraktes over lengre avstander enn tidligere. Selv om det fortsatt vil være et potensial i å utvikle stadig bedre teknologi og mer energi- og klimavennlige kjøretøyer, er det liten tvil om at mye allerede er oppnådd innen veitrafikken. Et alternativt perspektiv kan derfor være å se på om man kan oppnå det samme netto transportarbeid, eller nytteeffekt, med redusert totalt transportarbeid ved å introdusere alternative transport- eller logistikk-løsninger.

Hverken utenriks sjøfart eller internasjonal luftfart er inkludert i Kyotoprotokollen. Årsaken ligger i åpenbare vanskeligheter med å tilegne tilhørende utslipp og ansvar til enkeltland. Norsk skipsfart står for rundt 5% av verdens samlede tonnasje. Anslagene over utslippene fra norsk skipsfart er usikre og varierer fra 10-20 millioner (Loe Hansen, 2008) til hele 50 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Det siste anslaget er basert på en foreløpig ikke publisert studie i regi av FN's klimapanel (Forskning.no, 2008). Klimagassutslippene fra utenriks sjøfart er uansett av en betydelig størrelsesorden og tilsvarer noe mellom 20 til nær 50% av de samlede norske utslippene.

De samlede utslipp fra norsk utenriks flytrafikk står på sin side bare for ca. 1 til 1,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (Loe Hansen, 2008) noe som tilsvarer 2 til 3 prosent av de samlede norske utslipp.

2.3 Om eksport av fisk fra Norge

Volummessig er laks og pelagiske arter som sild og makrell de viktigste fiskeslagene som eksporteres fra Norge. Verdimessig dominerer laks og ørret med nærmere 51 % av eksportverdien alene i 2008. Dette i følge tall fra Statistisk Sentralbyrå og Eksportutvalget for fisk (Eksportutvalget for fisk, 2008). Nærmere 59 % av det totale volumet av norsk fisk eksporteres til EU, som er et spesielt viktig marked når det gjelder norsk laks. I 2008 var Frankrike, Polen, Danmark og Russland de viktigste enkeltmarkedene for norsk laks.

Eksporten av laks fra Norge domineres av fersk sløyd laks med hode og denne andelen ser også ut til å øke over år. I følge tall fra Statistisk sentralbyrå utgjorde denne andelen i 2002 69 % av den totale eksportverdien, mens den i 2008 er oppe i 77 %. Eksportverdien av fersk- og frossen filet og røkt laks er redusert fra 22,7 % i 2002 til 17 % i 2008. I samme periode steg den totale eksportverdien av laks fra ca. 9,2 mrd. kroner i 2002 til ca. 18 mrd. kroner i 2008. Den økte eksporten av norsk laks ser følgelig ut til å finne sted innen et segment med lav foredlingsgrad.

Det kan være gode økonomiske grunner til dette, som eksempelvis tollbarrierer, men det kan også være grunn til å se på om dette har noen miljømessige konsekvenser. Et forhold som det kan være god grunn til å undersøke, er om økt foredlingsgrad og tilpassete forpakkingsløsninger kan bidra til eksempelvis å redusere klimautslippene som genereres som følge av distribusjon av norsk sjømat.

2.4 Sjømatprodukter og klimaeffekter

Når det gjelder fangst, produksjon og distribusjon av sjømat i en totalsammenheng, har flere studier vist at transportarbeidet oftest ikke er den dominerende bidragsyter når det gjelder utslipp av klimagasser (Ziegler et. al. 2003, Thrane 2004, Ellingsen og Aanonsen 2006, Ellingsen et. al. 2009) selv om det fins unntak når gjelder flytransport (Seafish, 2008).

De viktigste klimagassene fra mobil forbrenning er karbondioksid (CO₂), metan (CH₄) og dinitrogenmonoksid (N₂O). Utvalget av klimagasser som er inkludert i denne analysen er basert på en kvantifiseringsmetode utviklet av Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) som dekker mer enn 70 av utslippene til luft. Denne metodikken omregner det globale oppvarmingspotensialet fra disse utslippene i såkalte CO₂ ekvivalenter ut fra deres kjemiske og fysiske egenskaper. Tabell 2.1 viser omregningsfaktorene for de viktigste utslippene til luft (IPCC, 2007)

Tabell 2.1 IPCC omregningsfaktorer (100 års perspektiv)

Utslipp		Omregningsfaktor [kg CO ₂ ekv/kg]
Carbon dioxide	CO ₂	1
Dinitrogen monoxide	N ₂ O	298
Methane	CH ₄	25

Ellingsen og Aanonsen (2006) fant i en studie av miljøeffekter av sjømat at bidragene langs kjeden var dominert av selve fangstfasen for vill fisk og av oppdrettsfasen inkludert fôrproduksjonen for lakseoppdrett. Denne analysen tok i hovedsak utgangspunkt i miljøeffekter på grunn av energiforbruket. I begge tilfelle sto transport av fiskeprodukter for rundt 10% av det totale energiforbruket når fisken fraktes frem til en konsument på Østlandet. Beregningene av utslippene fra transport viste på sin side at forbrukerens sluttransport av varen fra butikken og hjem isolert sett ga det mest dominerende bidraget.

I en studie foretatt av Olaussen et. al. (2008) konkluderes tilsvarende med at transportfasen har en relativt beskjeden innvirkning. Her vises også at de totale klimagassutslippene øker med i størrelsesorden 10% ved å forlenge transport til konsumenter i Paris i forhold til konsumenten på Østlandet. Tilsvarende konklusjoner støttes av Thrane (2004 og 2006), Ziegler (2003 og 2006) og Ziegler & Valentinsson (2008). Fikseaunet (2007) har på sin side vist at transportarbeidet ved transport tur/retur Kina står for rundt halvparten av klimagassutslippene for produksjon av hvitfisk tatt med bunntål i Barentshavet, og at bidraget fra transporten dermed likevel blir betydelig når avstanden øker sterkt.

Som vist til over, er også det totale klimabidraget fra transportsektoren betydelig, og det er derfor gode grunner til å se isolert på hvordan disse kan reduseres. Vurderes distribusjonen av sjømat isolert, antas at alternative distribusjonsløsninger vil kunne bidra til å redusere de relative miljøbelastningene i betydelig grad knyttet til dette i fremtiden.

2.5 Kort om pågående prosjekt

Det henvises her til at pågående prosjekt hvor SINTEF Fiskeri og havbruk og Institutet för Livsmedel och Bioteknik AB i Göteborg (SIK) på oppdrag fra Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening (FHL) og Norges Fiskarlag gjennomfører en studie med hovedmål å foreta en komparativ analyse av utvalgte produkter fra fiskeri, havbruk og landbruk for få fram tall for energiforbruk og klimagassutslipp.

Denne analysen skal gjennom å benytte sammenlignbare metoder basert på internasjonale standarder gi grunnlag for å se hvordan de utvalgte produktene av fisk presterer sammenlignet med de utvalgte landbruksproduktene og hvordan de ulike produktene av fisk presterer sammenlignet med hverandre.

Analysen skal også kunne vise hvor i verdikjeden energiforbruk og klimagassutslipp er størst for å gi grunnlag for å kunne sette inn relevante tiltak.

Det gjøres oppmerksom på at det er betydelig vekselvirkning mellom denne studie og det pågående arbeid referert til over. Studien i regi av FHL og Norges Fiskarlag skal avsluttes innen utgangen av 2009.

3 Miljøanalyser innen fiskeri og kunnskapsstatus

Det gjennomføres for tiden et økende antall studier av miljøkonsekvensene knyttet til sjømatsektoren. I det følgende refereres til noen representative arbeider for å gi et inntrykk av situasjonen med hensyn til kunnskapsstatusen innen dette område. Fremstillingen er basert på en studie foretatt av Olaussen et. al. (2008) og omfatter også enkelte tilsvarende arbeider innen produksjon fra landbruket. De enkelte studier presenteres punktvis.

- Ziegler og Hansson (2003) presenterte utslippsdata per kilo torsk landet av svenske fiskere i en LCI analyse (Life Cycle Inventory). Her ble utslipp av CO₂, NO_x, CO, HC og SO_x analysert under tre scenario. Det første scenarioet reflekterte situasjonen i torskefisket i 1999, det andre så på effekten av en overgang til moderne motorer, mens de i det tredje scenarioet skisserte effekten av en framtidig flåte med en moderat økning i bruk av passive redskap som garn og line samt en overgang fra enkeltrål til dobbeltrål. Studien viser at garnfiske ga lavere utslipp per kilo torsk enn trålfiske. De fant at 2400 g CO₂, 0,5 g SO₂ og 55 g NO_x ble sluppet ut per kg torsk og at samlet energiforbruk per kg torsk landet var på 38 MJ. Studien konkluderer med at det er store muligheter for å redusere utslippene betydelig ved relativt moderate endringer i redskapstyper og motorteknologi.
- Ziegler et al. (2003) presenterte resultatet av en LCA for fryst torskefilet i konsumentforpakning på 400 gram. Produktene ble fulgt fra garn- og trålfiske i Østersjøen till konsum i Sverige. Studien inkluderer en rad vanlige LCA kategorier samt en viss metodeutvikling når det gjelder kvantifisering av effekter på havbunnen samt utkast.
- Thrane (2004) gjennomførte en LCA analyse for flyndre i doktorgradsavhandlingen: *Environmental Impacts from Danish Fish Products. Hot spots and Environmental Policies*. Han så på effektkategoriene global oppvarming, ozonnedbrytning, forsuring, næringsstoffer og miljøgifter. Undersøkelsen viser at fiskefasen, bruksfasen og salgsfasen er såkalte hot spots, men som i mange andre studier viser også Thrane at fiskefasen er den viktigste fasen. I avhandlingen hevdes det at det er mulig å få til en halvering av miljøpåvirkningen i alle seks effektkategorier ved å substituere bunntåling med snurrevad. Thrane så også på effektkategorier som; utnytting av fiskeressurser, utkast, bifangst av sjøpattedyr, forbruk av grunnvann, habitat/bunnpåvirkning og helse/sikkerhet.
- Foster et al (2006) så på miljøeffektene av et bredt spekter av matprodukter i oversiktsstudien *Environmental Impacts of Food Production and Consumption. Final Report to the Department for Environmental Food and Rural Affairs*. Majoriteten av studier som er beskrevet i analysen er livsløpsanalyser og matvarene inkluderer frukt og grønt, kjøttprodukter, fiskeprodukter, drikkevarer (med og uten alkohol), blandede produkter, snacks og lignende. Når det gjelder fiskeprodukter støtter analysen tidligere funn, nemlig at det er fiskefasen for villfisk og oppdrettsfasen for oppdrettslaks som i hovedsak står for produktenes miljøpåvirkning. Det er viktig å merke seg at dette gjelder selv om en ikke tar hensyn til effekter som ikke dekkes i konvensjonell livsløpsanalyse, som effekten på fiskebestander og økosystem.
- Ellingsen og Aanonsen (2006) sammenliknet miljøeffekten av norsk torskefiske (trål) og lakseoppdrett med kyllingproduksjon. Studien fokuserer på forforbruk, energiforbruk, begroingshindrende middel, arealbruk og utslipp av næringsstoffer. Både trålfiske etter torsk og lakseoppdrett ble funnet å være mer energiintensivt enn kyllingproduksjon. Som flere undersøkelser også har pekt på, viser de at det er i selve produksjonsfasen (oppdrett, fangst, kyllingproduksjon) at miljøpåvirkningen i all hovedsak skjer. Dette er også analogt

med hva en noe overraskende har vist innen resirkuleringsprosesser, nemlig at for eksempel transport i liten grad påvirker miljøregnskapet. For kylling og laks betyr det at miljøeffektene hovedsakelig kommer fra utvinning/fangst og produksjon av føret, mens det innen torskefisket er knyttet til energiforbruket under fisket. Videre peker studien på at livsløpsanalyser hovedsakelig er anvendt på landbasert produksjon, og at fiske og oppdrett derfor krever spesifikk videreutvikling av LCA metodikken.

- Ellingsen et. al. (2009) gir en generell gjennomgang av status med hensyn til bruk av miljøanalyser innen fiskeri- og havbrukssektoren. Samme arbeid foretar videre en analyse av klimagassutslipp forbundet med produksjon av norsk oppdrettslaks som fraktes til kunder både i Norge og i Paris. Økt transportarbeid ved å forlenge transporten til Paris i forhold til en kunde nær Oslo, gir en økning i størrelsesorden 10% med hensyn til utslipp av klimagasser. Gjennom et litteratursøk foretas videre en sammenligning med andre matvarer som kylling, gris og storfe, men det viser seg vanskelig å trekke klare konklusjoner på grunn av stort sprik i tallmaterialet. Kylling er imidlertid gjennomgående en relativt effektiv kjøttprodusent målt i forhold til utslipp av klimagasser og langt bedre enn storfe.
- Utne (2007) har analysert den norske fiskeflåten ved bruk av systemanalyse i sin doktorgradsavhandling. Et av hovedbidragene er et metodisk rammeverk som strukturerer beslutningstaking innen fiskeriforvaltning med hovedfokus på bærekraftighet. Bærekraftighet innen norske fiskerier beskrives og evalueres spesifikt i torskeflåten og innenfor torskeoppdrett. Utne viser blant annet at desto mer vekt det legges på faktoren ulykkesrisiko, desto mer bærekraftig er havfiskeflåten i forhold til kystflåten. Avhandlingen viser også hvordan fiskeriforvaltningen kan evaluere bærekraftighet i fiskeflåten ved bruk av blant annet miljøindikatorer og indekser.
- Schau et. al. (2009) har analysert energiforbruket i norske fiskerier gjennom å hente data fra årene 1980 til 2005. Det spesifikke forbruket er analysert for en rekke fiskeslag og redskapstyper. Trendlinjer er identifisert for forbruket innen ulike redskapstyper og det identifiseres ingen systematisk nedgang i det spesifikke energiforbruket parallelt med eksempelvis introduksjon av ny og bedre teknologi innen fangstfasen. Det spesifikke energiforbruket varierer sterkt fra år til år mye avhengig av tilgjengeligheten av fisk, men det identifiseres likevel en overordnet korrelasjon mellom synkende oljepris og økende spesifikt forbruk og omvendt.
- Phillips et al. (2000) tok for seg systemanalyse innen akvakultur. Systemanalyse er en tverrfaglig måte å evaluere hvordan ulike faktorer påvirker havbruk, og hvordan gode løsninger kan utvikles basert på en forståelse av hvordan havbrukssystemer fungerer. En slik analytisk tilnærming har blant annet bidratt til identifisering av viktige forskningsspørsmål, utvikling av bedre forvaltningsmetoder, forbedring av bedriftseffektivitet, design og uttesting av nye havbrukssystemer og mer effektive utdanningsløp.
- Fet et. al (2001) så på bruk av miljøindikatorer i dagligvaresektoren. I denne studien ble det utviklet miljøindikatorer for innkjøpsfasen, transportfasen, energibruk og avfallsfasen. Indikatorene for innkjøpsfasen var typisk knyttet til graden av miljømerking i innkjøpsporteføljen. To eksempler på miljøindikatorer for innkjøpsfasen er: Antall økologisk merkede varer tilgjengelig for salg (stk), og antall miljømerkede produkttyper tilgjengelig for salg. Som beskrevet overfor er derfor disse indikatorene kritisk avhengig av at miljømerkesystemene fungerer etter hensikten. I transportfasen er indikatorene

knyttet til omsetning per kostnad til utkjøring og omsetning per dieselforbruk til utkjøring. Energiindikatorene omfatter både omsetning per energibruk, omsetning per energikostnad, total energibruk i virksomheten, andel fornybar energi som benyttes, hvorvidt det foreligger enøk analyser og hvorvidt varmegjenvinning er etablert. Avfallsindikatorene gjenspeiler hvor mye av ulike avfallstyper som sorteres ut, for eksempel andel utsortert ren blank folie (kg/måned). Videre har de indikatorer for total avfallsmengde generert og mengde utsortert avfall av ulike kategorier i forhold til omsetningen.

- I LCA Food Database (Faculty of Agricultural Sciences, 2007) ser en på de samme effektkategoriene for kjøttproduksjon av artene kylling, storfe, gris, oppdrettsørret og villfanget torsk. Disse kategoriene er: Global oppvarming, forsuring, opphopning av næringsstoffer, fotokjemisk smog og arealbruk. For disse miljøeffektene er derfor matvareproduksjonen for de ulike artene direkte sammenlignbare. Den totale miljøeffekten er likevel ikke sammenlignbar siden flere mulige miljøeffekter åpenbart mangler i en slik sammenligning som påpekt av (Ellingsen, 2006). For eksempel mangler bunneffekter, utkast, rømming, vannforbruk samt støy og luktproblemer. Resultatene tyder likevel på at fisk kommer relativt godt ut i forhold til landbruksproduksjon når det gjelder miljøeffekter.
- Williams et. al (2006) ser på effektkategoriene: Energiforbruk, global oppvarming, eutrofiering, forsuring, pesticider, abiotisk nedbryting og arealbruk i sin LCA baserte oversikt over miljøeffekter fra fjærkreproduksjon.

En god oversikt over hva som er gjort for øvrig innen miljøanalyser for matvarer internasjonalt finnes i (Foster, 2006) og en oversikt over nyere LCA analyser for matproduksjon kan finnes i (SIK, 2007).

En oppsummering av noen relevante miljøregnskapsstudier innen produksjon av fisk og enkelte landbruksprodukter er gitt i Tabell 3.1 (hentet fra Olaussen, 2008).

Tabell 3.1 Oppsummering av miljøregnskapsstudier (Olaussen et. al. 2008)

Land	Hvem/når	Metode	Studieobjekt	Miljøeffekter/indikatorer
Norge	(Ellingse, 2006)	LCS	Torskefiske, lakseoppdrett, kylling-produksjon (funksjonell enhet: 0.2 kg filet)	Fôrforbruk, energiforbruk, begroingshindrende middel, arealbruk og utslipp av næringsstoffer
Sverige	(Ziegler, 2003)	LCA	Torskefiske	CO ₂ , NO _x , CO, HC og SO _x
Danmark	(Thrane, 2004)	LCA	Flyndre	Global oppvarming, ozon forminking, forsuring, næringsstoffer og miljøgifter
Danmark	(Thrane, 2004)	LCA, kvalitativ	Flyndre	Utnytting av fiskeressurser, utkast, bifangst av sjøpattedyr, forbruk av grunnvann, habitat/bunnpåvirkning og helse/sikkerhet
Norge	(Utne, 2007)	System-teknikk	Torsk/ torske-produserende system	Ulykkesrisiko, Sysselsetting, Årsverk per fartøy, lønnsomhet, kvalitet på fisk, fangstkapasitet, GHG utslipp, Drivstoffforbruk per kg fisk
Stor-britannia	(Foster, 2006)	LCA	Frukt og grønt, kjøttprodukter, fiskeprodukter, drikkevarer (med og uten alkohol), blandede produkter, snacks etc.	Vann og eutrofieringseffekt, energibruk, global oppvarmingspotensiale og forsuring, Ikke CO ₂ relaterte oppvarmings effekter, Foredlingseffekter, fryse og pakke relaterte effekter, andre effekter.
Norge	(Fet, 2001)	Indikatorer	Norsk daglivarebransje	Innkjøpsindikatorer (grad av miljømerkede produkter), transportindikatorer (omsetning i forhold til transportutgifter/drivstoffforbruk), energibruk, Avfall.

4 Mål og omfang

I denne delen gis en beskrivelse av mål og omfang med avgrensning av studien. Som informasjon tas også med en kort beskrivelse av de viktigste konserveringsmetodene for sjømat som har definert mye av utgangspunktet for dette arbeidet.

4.1 Mål

Denne utredningen har til hensikt å avdekke hvilke konsekvenser ulike typer transport og emballering av sjømat har på miljøet med vekt på energibruk og klimaeffekter.

Utredningen skal videre gi en oversikt over tiltak basert på tilgjengelig teknologi som kan iverksettes for spesielt å redusere de klimarelaterte utslippene forbundet med transport av norsk sjømat. Den skal også inneholde forslag til hvordan næringen best mulig kan forberede seg på, og tilpasse seg endrede rammebetingelser i lys av energibruk og klimaeffekter innen emballering, transport og distribusjon.

Studien retter seg først og fremst mot forvaltning og tilrettelegging av rammebetingelser for distribusjon av norsk sjømat.

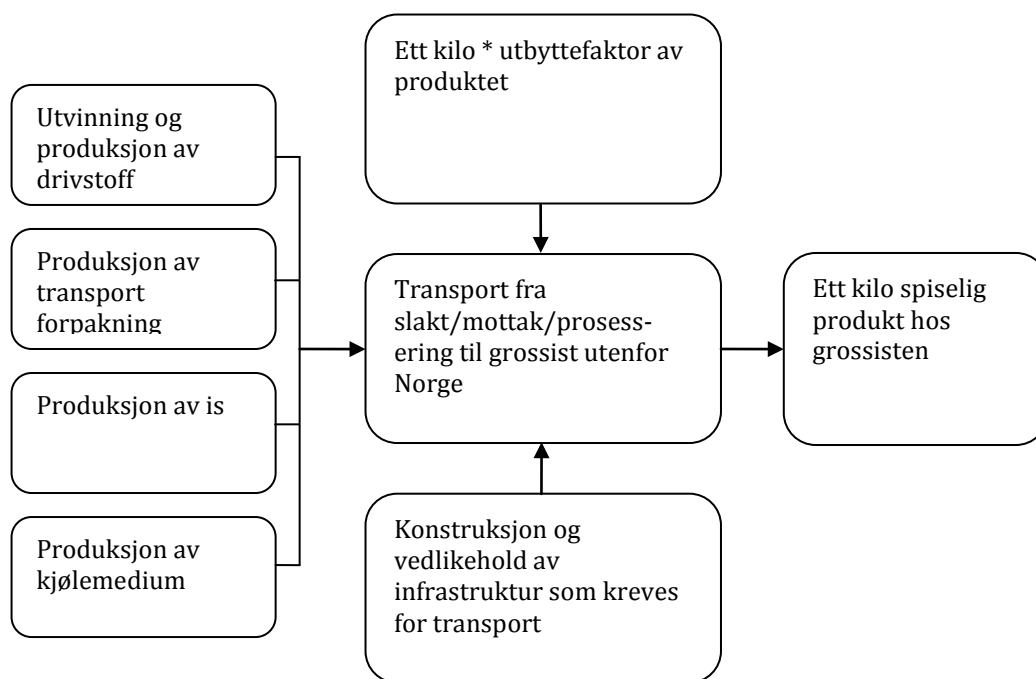
4.2 Omfang

Studien avgrenses til å analysere klimaeffekter og energibruk.

Vi har i denne studien valgt å ta utgangspunkt i laks som er det fiskeslaget med størst økonomisk betydning og bruke funn herifra i en videre generalisering innen øvrige områder. Det antas at mye av konklusjonene som gjøres når det gjelder eksport av ulike lakseprodukter, også vil kunne gjøres gjeldene for tilsvarende eksport og transport av hvitfisk som torsk. Vi har imidlertid også inkludert en analyse av frakt av norsk hvitfisk til Kina for å kunne anslå de klimarelaterte konsekvenser av en slik produksjonsstrategi, og videre sammenlignet den med en analyse av filet produsert i Norge transportert direkte til Paris på lastebil.

Systemgrensene inkluderer transportprosesser fra fisken forlater slakteri eller mottaksanlegg til den når grossist i mottakerland. I det ligger at klimarelaterte utslipp knyttet til operasjon og drift av transportmiddel, fremskaffelse av materialer til transportforpakning og energibruk til kulde under transport er inkludert. Infrastruktur, kapitalinvesteringer og vedlikehold er videre inkludert for vei, sjø og togtransport da bidraget fra infrastruktur ofte er relativt stort for transportprosesser (Frischknecht, 2008).

Systemgrensene for analysen er illustrert i Figur 4.1.



Figur 4.1 Illustrasjon av systemgrenser

Analysene inkluderer heller ikke forbrukerforpakninger. Først og fremst er årsaken til dette at alle produkter som studeres før eller siden skal pakkes i forbrukerforpakninger, slik at bidraget vil bli omtrent like stort uansett kjede.

I noen av kjedene skjer denne typen forpakning allerede i Norge, som eksempelvis er tilfelle for kjeden med MAP-forpakning (MAP: modifisert atmosfære), mens for andre kjeder skjer denne typen forpakning etter at fisken er levert grossist i utlandet. I det første tilfelle ville forbrukerforpakningen blitt inkludert i analysen i og med at forpakningen her skjer på innsiden av systemgrensene, mens i det siste tilfelle ville ikke forbrukerforpakningen blitt inkludert i det hele tatt. En sammenligning ville dermed ha blitt foretatt under ulike forutsetninger. I tillegg kommer at det er stor variasjon mellom ulike forbrukerforpakninger og at det dermed er vanskelig å finne representative forpakkingsløsninger spesielt for produkter som videreføres i utlandet. Når det gjelder MAP-forbrukerforpakninger, må disse uansett legges i kartong for å kunne stables på paller. MAP har først og fremst en fordel mht. kvalitet og hylletid.

4.3 Funksjonell enhet

Felles for livsløpsanalyser er at en velger en såkalt funksjonell enhet. Denne defineres som en kvantifisert prestasjon for et produktsystem, mens referansestrømmen er den mengden produkter som er nødvendig for å produsere den funksjonelle enheten. Et av formålene med å velge funksjonell enhet i stedet for produkt er at det letter sammenligningen med andre produkter produsert i andre produktsystemer. Å spesifisere hvor i kjeden den funksjonelle enheten befinner seg, er videre en vesentlig del av definisjonen. For sjømat vil en typisk kunne velge en enhet konsumferdig fisk levert til detaljist.

Den funksjonelle enheten som benyttes i denne studien, er ett kilo spiselig produkt transportert fra produsent til grossist. Det medfører at når produktet eksempelvis er sløyd fisk, økes kvantumet transportert til grossisten slik at det tilsvarer det som skal til for å kunne omsettes til ett kilo spiselig produkt. For eksempel kan den funksjonelle enheten være 1 kg skinn- og benfri filet.

4.4 Allokeringstrategi

Utfordringen når det gjelder allokering av ressursforbruk i en prosess som avgir flere delprodukter, er hovedsakelig knyttet til spørsmålet om hvor stor del av forbruket som skal legges på hovedproduktet og hvor mye som skal legges på biproduktene som i dette tilfelle kan være hode, avkapp, skinn og bein. Vi har i denne analysen valgt å legge alle utslipp av klimagasser fra transportarbeidet på hovedproduktet, den funksjonelle enheten, da en sammenligning mellom ulike transportstrategier ellers vil bli vanskelig. I tilfeller der filetering skjer i utlandet, legges dermed alle utslipp fra transportfasen på den funksjonelle enheten selv om også biproduktene kanskje blir tatt vare på og benyttet til ett eller annet formål. I prinsippet har vi med dette benyttet en strategi som betegnes masseallokering der biproduktene ikke anvendes som forøvrig gir det samme resultat som om vi hadde benyttet en såkalt økonomisk allokering hvor biproduktene ikke er tilegnet noen verdi.

En allokering, eller fordeling, av ressursforbruket også på biprodukter, ville i denne analysen ført til en reduksjon av belastningen på hovedproduktet i for de kjedene som frakter mindre bearbejdet produkt til utlandet. Metodemessig vil det imidlertid være vanskelig å tilordne biproduktene en andel av belastningen da det i mange tilfelle ikke er kjent hva som skjer med biprodukter fra fisk som fraktes til utlandet.

4.5 Beskrivelse av transportkjeder

I denne studien er en rekke transportkjeder analysert for å kunne finne måter å effektivisere transporten av sjømat fra Norge i et klimaperspektiv. Arbeidet presenterer i alt 12 hovedkjeder som i hovedsak omfatter transport av fersk laks til Europa med lastebil, tog eller båt. Laksen er enten bearbejdet i Norge eller i Europa og transporteres enten på is i fiskekasser, i superkjølt tilstand eller i modifisert atmosfære. I tillegg er det inkludert transport av laks til USA og Japan med fly. Transporten til USA er videre sammenlignet med bruk av et hurtiggående fartøy. I tillegg er transport av frossen sløyd hvitfisk til Kina og tilbake til Europa som filet sammenlignet med transport av frossen filet direkte fra Norge til Europa.

I beskrivelsen av kjedene er referert til ulike filettyper. Disse er kort beskrevet:

- Lite bearbejdet: Filet med skinn og noen bein igjen. Filetutbyttet er 75% fra sløyd laks med hode.
- Vanlig filet (rent spisbart produkt): Skinn- og beinfri filet. Filetutbyttet er 56% fra sløyd laks med hode.

Tabell 4.1 Oversikt over transportkjeder som er analysert

Kjede	Beskrivelse
Kjede 1	Fersk sløyd laks til Paris på lastebil lagret på is i isoporkasser. Bilferge Göteborg-Fredrikshavn.
Kjede 1b	Superkjølt sløyd laks på lastebil til Paris. Lagret i kartong.
Kjede 2	Fersk sløyd laks til filetering i Polen (Gdansk) og videre til Paris i forbrukerpakninger. Bilferge mellom Karlskrona-Gdansk.
Kjede 3	Fryst filet av laks til Paris på lastebil. Filetering nær oppdrettsanlegg i Norge. Bilferge Göteborg-Fredrikshavn.
Kjede 4	Fryst filet av laks til Paris med bil/tog. Filetering nær oppdrettsanlegg i Norge. Lastebil til Trondheim og tog via Helsingborg/Helsingôr
Kjede 5	Fersk lite bearbeidet filet av laks, (75% utbytte fra sløyd med hode) for endelig prosessering og salg i Paris. På lastebil.
Kjede 6	Fersk filet av laks i MAP til Paris på lastebil. Filetering nær oppdrettsanlegg i Norge. Bilferge Göteborg-Fredrikshavn.
Kjede 7	Superkjølt filet av laks til Paris direkte på lastebil. Bilferge Göteborg-Fredrikshavn.
Kjede 8	Superkjølt filet av laks med container skip (23 kn) til Europa (Le Havre) fra Trondheim. Videre til Paris med lastebil.
Kjede 9	Fersk sløyd laks til Tokyo med fly. Lagring i isoporkasser med is. Lastebil til Oslo. Referansecase versus kjede 9b og 9c.
Kjede 9b	Fersk sløyd laks uten hode til Tokyo med fly. Isoporkasser med is. Lastebil til Oslo.
Kjede 9c	Fryst hel laks med båt til Japan.
Kjede 10	Fersk filet av laks med fly fra Oslo til New York. Isoporkasser med is. Transport i Norge lik andre eksporter, men det er antatt at fisken leveres direkte til auksjon i New York. Referansecase versus kjede 10b.
Kjede 10b	Superkjølt filet av laks til New York med hypotetisk hurtigbåt i nærmere 40 knop. Utskipning fra Trondheim. Transport i Norge lik andre eksporter, men det er antatt at fisken leveres direkte til auksjon i New York.
Kjede 11	Fryst sløyd norsk hvitfisk med båt til Kina for bearbeiding og retur til Europa for salg. Fra Kina på båt til Rotterdam og deretter med lastebil til Paris.
Kjede 12	Fryst filet av norsk hvitfisk til Paris på lastebil.

4.6 Beskrivelse av scenario

For å illustrere mulige effekter av å endre transportstrategier, har vi definert en rekke scenario. Disse er ment å skulle reflektere mulige alternativer som vil kunne introduseres under gitte forhold med en viss grad av realisme. Generelt er scenarioanalyser et egnet verktøy for å fremskaffe beslutningsunderlag for å iverksettelse av tiltak spesielt på lang sikt. I dette tilfelle kan tiltak være rettet mot å påvirke aktørene til å velge transportløsninger i en mer klimavennlig retning. Vi har imidlertid ikke tatt stilling til hvilke tiltak som eventuelt skulle kunne iverksettes for å påvirke næringsaktørene i en retning beskrevet i disse scenarioene. Scenarioene er kort presentert under.

Scenario 0: Basecase

Dekker den totale norske transport av sjømat i 2008 som et referansescenario.

Scenario 1: Fra bulk til produkt

Her erstattes 50% av det volumet av laks som fraktes fersk, sløyd til Europa med bil med superkjølt eller fryst, sløyd fisk. Endringen medfører først og fremst en bedret lastutnyttelse under transporten. Forskjellen i energiforbruk til kjøleaggregatene mellom en kjølt eller fryst kjede har vist seg å være av mindre betydning.

Scenario 2: Fra vei til bane

Her overføres 50% av transporten av laks til Europa (fryste og kjølte produkter) fra bil til tog drevet av norskprodusert, vesentlig vannkraftgenerert elektrisitet i Norge og en større andel hovedsaklig kullkraftgenerert elektrisitet i Europa. Omlastingen vil kunne skje i Narvik, Trondheim og Bergen.

Scenario 3a og 3b Smartere veitransport og flyfrakt

I dette scenarioet forutsettes at rund sløyd laks erstattes med tilsvarende fileter produsert i Norge for a) veitransport og b) flyfrakt. Dette innebærer en direkte nedskalering av transportert produktmengde tilsvarende en antatt filetfaktor på 0,59 som er forholdet mellom 1 kg sløyd fisk med hode og 1 kg filet.

Scenario 4: Mindre plast og papp

Formålet med dette scenarioet er å illustrere den relative betydning forpakning har i forhold til utslipp til luft under transportfasen. I scenarioet reduseres bruken av forpakkingsmateriale med 20% av plastforpakningen for den ferske fisken og 20% av pappforpakningene for den fryste fisken. Scenarioet er hypotetisk, men dette kan tenkes realisert gjennom ulike tiltak som forbedret design av forpakning ved å opprettholde egenskapene med mindre bruk av materiale, bruk av alternative materialer med bedre egenskaper osv. For MAP vil valget av gass eksempelvis påvirke hvor mye forpakning (volum) en må ha i forhold til fiskemengde.

Scenario 5: Fra vei til sjø

Overføre 50% av transporten av laks til Europa fra bil til et mindre containerfartøy som går en antatt middellavstand på 4000 km. f. eks. mellom Nord-Norge og Syd-Europa.

Scenario 6: Fra luft til sjø

Her overføres all frakt over Atlanteren fra luft til en hypotetisk hurtigbåt som har et betydelig høyere spesifikt energiforbruk enn konvensjonell sjøtransport, men likevel bedre enn med fly..

Scenario 7: Ny produktform

Her overføres 70% av den ferske laksen som i dag transporteres med fly, til sjøtransport med et konvensjonelt, saktegående fartøy der laksen i stedet fryses ned.

Scenario 8: Ned med farten

Dette scenarioet illustrerer miljøgevinsten ved å senke fartøyhastigheten fra 23 knop til 14 knop på et containerfartøy. Det er ikke foretatt noen statistisk gjennomgang av hvilke hastigheter dagens sjøtransport av fiksprodukter foretas med, men antatt at transport av fisk eksempelvis i containere følger normale transportstrømmer med gjennomsnittlige hastigheter som annen containertransport beskrevet i Lindstad og Mørkve (2009).

4.7 Om ulike konserveringsmetoder.

Fisk er lett bederelig og må i de fleste tilfeller på en eller annen måte konserveres for å kunne transporteres frem til forbruker eller på annen måte lagres over litt lengre tid. Tradisjonelt har tørking, salting og røking vært benyttet mens nedkjøling og frysing etter hvert har blitt mye benyttet. Ved å senke temperaturen i fiskekjøttet ned mot eller under frysepunktet øker fiskens holdbarhet betydelig i forhold til lagring i romtemperatur. Som eksempel kan nevnes at holdbarheten for laks ved 0°C er ca. 18 dager mot 9 dager ved 5°C, dvs. en halvering på av holdbarhet ved en temperaturstigning på 5°C (Nordtvedt, 2009).

I denne analysen har følgende metoder blitt benyttet i transportkjedene:

- Frysing
- Tradisjonell transport i fiskekasser på is
- Superkjøling
- Modifisert atmosfære

De ulike metodene er kort beskrevet under.

Frysing

Fisk fryses både som hel, sløyd og som fillet eller i andre med bearbejdede former både ombord på fartøyene og i anlegg på land. En rekke metoder for innfrysing benyttes som ulike typer platefrysere, blåsing med kald luft og også bruk av kjølemedium som flytende nitrogen (koker ved -196°C) som sprayes direkte på fiskekjøttet. Kvaliteten på sluttproduktet påvirkes både av teknologi benyttet til innfrysing og tining og temperatur under lagring. Den åpenbare fordel ved bruk av frysing er økt holdbarhet, selv om denne ikke er evig, og mulighet for en langt mer robust transportkjede med mindre svinn og mindre behov for hurtig forflytning. I senere år er også utviklet metoder for såkalt superfrysing der produktet fryses ned i hele -60°C i stedet for til rundt -20°C som ofte benyttes ved vanlig innfrysing. Ved siden av ytterligere økt holdbarhet skal superfrysing føre til meget god kvalitet på produktet, men effekten av kvalitet er ikke lagt inn i denne studien.

En utfordring for frysede produkter er at markedet ikke oppfatter disse som ferske selv om kvaliteten kan være meget god og endog bedre enn "fersk" fisk som har vært lagret en tid.

Tradisjonell transport i fiskekasser på is

Bruk av is er den tradisjonelt mest brukte metode for å kjøle ned fisk av flere årsaker. Is i løs vekt er vanligvis lett å oppdrive, isen er i tillegg relativt billig og har stor kuldekapasitet. Ved ising, lagres fisken vanligvis sløyd i fiskerkasser der 25 til 30% av vekten er is. Isen bidrar både til å kjøle ned fisken og også til å fjerne bakterievekst ved at avrenning av smeltevann har en viss rengjørende effekt. Ved siden av økt volum og vekt, medfører også bruk av is problemer med avrenning av blodvann etc. på landeveier og ferger langs de største transportrutene.

Superkjøling

I følge Nordtvedt (2009) er superkjøling vanligvis definert som lagring ved temperaturer like under frysepunktet for varen, -1 til -2°C. Fordelene med denne lagringsformen er reduksjon av kvalitetsnedsettende prosesser samt magasinerings av kulde i produktet. Samtidig kan dette gi noen av frysingens negative effekter avhengig av blant annet den temperatur og frysehastighet som benyttes. Et viktig mål med superkjøling er likevel at muskelcellene ikke skal sprenges på grunn av isdannelse, som ved vanlig frysing, og at fileten dermed skal beholde de egenskapene som kjennetegner kvaliteten til en fersk filet.

Gjennomføres en nedkjøling til under 0°C og ned mot -1°C til -2°C, kan man forvente en holdbarhet på opptil 30 dager for laks. Metoden er under utvikling, men forventes å kunne bidra til å effektivisere transportarbeidet betydelig spesielt for filleterte produkter. Med så pass økt holdbarhet kan man også nå relativt fjerne markeder, som østkysten av USA, med båttransport selv ved relativt moderate hastigheter. En utfordring i forbindelse med superkjøling er å kontrollere temperaturen i fiskekjøttet innenfor snevre toleranser under hele transportkjeden.

Modifisert atmosfære

Modifisert atmosfære innebærer at oksygenet erstattes av andre gasstyper for å hemme bakterieveksten og dermed forlenge holdbarheten. I dag benyttes modifisert atmosfære i stor vesentlig innen kjøttindustrien som tilbyr et bredt utvalg av forbrukerpakninger med kjøtt i de fleste butikker. Metoden kombineres også ofte med superkjøling uten bruk av is i fiskekassene for å redusere transportvolum og vekt. Metoden brukes bare på fileter, eller andre ferdigprodukter, som vanligvis pakkes i konsumentforpakning.

Metoden er under utvikling og nyere forsøk med bruk av CO₂ foretatt av Matforsk (Matforsk, 2007) på fileter av oppdrettsk har gitt forlenget holdbarhet og god kvalitet selv etter lagring i hele 21 dager.

5 Nærmere om livssyklusanalyser

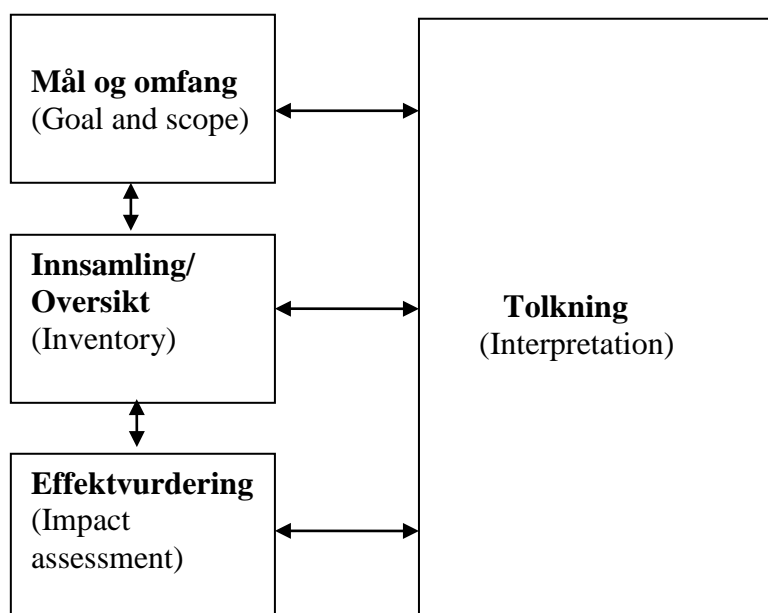
Livsløpsanalyser eller LCA (Life Cycle Assessment) er benyttet som hovedmetode i analysene. LCA-metoden er kort beskrevet i det følgende sammen med forutsetninger og strategier som er lagt til grunn med hensyn til datainnhenting, beregning av klimaeffekter osv. LCA ble opprinnelig utviklet som verktøy for å kunne beregne miljøkonsekvenser av ulike produksjonsstrategier innen vareproduserende industri, men er senere utvidet til også å omfatte matvaresektoren. Bruken av metoden er økende og i dag publiseres også et økende antall arbeid innenfor sjømatsektoren (e.g. Ellingsen & Aanonsen (2006), Ellingsen et. al. (2009), Thrane (2004), Hospido & Tyedmers (2005), Ziegler et al. (2003)).

5.1 Kort om LCA

Livsløpsanalyse er en ISO sertifisert (ISO, 2006) metode for å vurdere et produkts miljøpåvirkning gjennom dets livsløp: Fra råvareuttak, underleverandører, produksjon, distribusjon, bruk og avhending. LCA metoden består av 4 iterative faser:

1. Målsetning og omfang (goal and scope)
2. Datainnsamling (Inventory)
3. Effektanalyse (Impact Assessment)
4. Tolkingsfase (Interpretation).

Det er viktig å merke seg at LCA er en iterativ prosess hvor funn på et steg gjerne påvirker valg på et annet steg. Denne interaksjonen er illustrert i Figur 5.1.



Figur 5.1 Oversikt over iterative hovedfaser i LCA

Som tidligere beskrevet, er begrepet funksjonell enhet et nøkkelbegrep i LCA metoden. Et av formålene med å velge funksjonell enhet i stedet for produkt er at det letter sammenligningen med

andre produkter produsert i andre produktsystemer. For sjømat er valg av funksjonell enhet forholdsvis greit, og en vil typisk kunne velge 1 kilo fisk konsumert av forbruker.

I effektanalysen kategoriseres påvirkningene fra produktets livsløp i ulike miljøpåvirkningskategorier. Miljøpåvirkningene kvantifiseres i effektkategorier, og det kan være flere årsak/virkning sammenhenger som må kartlegges. For eksempel har utslipp av CO₂ en annen effekt på global klimaendring enn metan, og det gjøres derfor omregning til for eksempel CO₂-ekvivalenter. LCA gir en samlet vurdering av flere effektkategorier i stedet for å fokusere på enkelteffekter, samtidig som hele livsløpet til produktene belyses ved at alle inn og utstrømmer av produksjonsprosessen vurderes.

Klimaeffekten er angitt i Globalt Oppvarmingspotensial (GWP) der alle utslipp som kan påvirke klimaet er omregnet til CO₂-ekvivalenter. Omregningsfaktorene er hentet fra FN's klimapanel (IPCC, 2007) sine modeller. Her er omregningsfaktorene beregnet i et 100 års perspektiv.

I retningslinjene til IPCC tas det hensyn til at ulike gasser har forskjellig effekt med hensyn til klimapåvirkning. Beregning av CO₂-ekvivalenter foretas ved å omsette alle klimarelaterte utslipp til hvor mye CO₂ som skal til for å gi tilsvarende effekter på klimaet som de ulike gassene.

I denne analysen er kjedenes energibruk beregnet med den såkalte Cumulative Energy Demand-metoden (CED) som summerer alle direkte og indirekte forbruk av primærenergi. CED-metoden er en del av SimaPro 7.1 programvaren (PRé Consultants, 2009).

5.2 Systemgrenser

En av de største utfordringene med denne metoden er å sette systemgrenser og definere hvilke effekter som skal inkluderes. Ideelt sett skal systemgrensene defineres slik at alle de viktigste miljøeffekter av prosessene i analysen kommer frem, uten at datainnsamling og modellering blir u håndterlig.

For eksempel kan et dilemma være hvorvidt miljøbelastninger som påløper hos utstyrsløperleverandører til kjøleanlegg skal inkluderes. I så fall, hva med underleverandører til utstyrsp produsenten osv? Å sette fornuftige systemgrenser er derfor en kritisk vurdering som må tas alvorlig.

Selv om LCA har sine svakheter, først og fremst at det er en kompleks metodikk, at den er forholdsvis ressurskrevende og at det alltid vil hefte en viss grad av usikkerhet ved resultatene, så er dette en metode som er i rask fremmarsj. Metoden representerer pr. i dag det dominerende verktøy innen miljøregnskap.

5.3 Datainnhenting

I prosjektet er det innhentet data fra en rekke kilder av ulik kvalitet. Som hovedstrategi har vi valgt å prioritere innhenting av data i henhold til følgende hierarki:

1. Offisiell statistikk.
2. Gjennomsnittsdata på aggregert nivå som representerer transportsektoren innhentet via representative næringsorganisasjoner.
3. Publiserte data fra litteraturen.
4. Data fra enkeltfirma.
5. Ikkepubliserte data fra tidligere prosjekt.

Hierarkiet gjenspeiler målet med å presentere resultater som er gyldig for gjennomsnittet av de ulike transportkjedene.

6 Datagrunnlag

Å fremskaffe et tilstrekkelig og pålitelig underlag med grunnlagsdata er av avgjørende betydning for kvaliteten på denne type analyser. Vi vil i dette kapittelet gi en beskrivelse av hvordan data er hentet inn og samtidig presentere de viktigste hoveddata.

6.1 Veitransport

Vanlige lastebiler benyttet til fisketransport over lengre strekninger er eksempelvis Volvo FH og Scania R500. Disse lastebilene har en totalvekt på ca. 40 tonn, godskapasitet på ca. 25 tonn og total lengde på ca. 16,5m. I Europa er last på hengeren lovregulert lavere (ca. 23 tonn) enn lastebilens maksimale kapasitet. Et vanlig isolert hengerskap har gulvareal til 33 europaller.



Figur 6.1: Bilde av en Volvo FH semitrailer (www.volvo.com)

Lastebilene går på vanlig diesel og forbruket pr. km er differensiert i forhold til veikvalitet og høydeforskjeller. Dette gir et spesifikt forbruk for strekningen i Norge/Sverige og Europa. Tabell 6.1 viser resultat av intervju av sentrale aktører i verdikjeden. Verdiene som ble benyttet i analysen, 0,42 l/km for transporten i Norge og 0,32 l/km for transporten i Europa, ble gitt av en av Norges største lakseprodusenter og –ekspeditører. NTM-verdiene representerer gjennomsnittlige verdier der mange ulike varetransporter er inkludert.

Tabell 6.1: Dieselforbruk i semitrailer

Norsk kupert vei [l/10km]	Europeisk flat motorvei [l/10km]	Referanse
5,7	2,9	(Gurigard, 2009)
4,2 (4,1-4,3)	3,2 (3,1-3,3)	(Raugstad, 2009)
3,96 (uspes. landevei)	3,60 (uspes. motorvei)	(NTM, 2009)

Infrastruktur (konstruksjon og vedlikehold av veier), kapitalinvesteringer (produksjon av lastebilen) og vedlikehold av lastebilen ble modellert med data fra EcoInvent 2.0 databasen. Sammenlagt har disse prosessene et bidrag på 0,0225 CO₂-ekv/tkm. Konstruksjon og vedlikehold av vei står for ca. 60% og resten er produksjon og vedlikehold av lastebilen. Relativt til lastebiltransportens totale klimapåvirkning per tonnkilometer kan infrastruktur, kapitalinvesteringer og vedlikehold bidra med opptil 28%.

Tabell 6.2 viser lastefaktor for fisk på bil er funnet via intervju og forespørsler til sentrale næringsaktører, forskermiljø og transportører. Lastefaktoren er gitt som masse produkt per lastebil. Tallene i parentes viser dataspennet. I tillegg til selve produktet kommer vekten av transportforpakning.

Tabell 6.2: Produktspesifikke lastefaktorer for lastebil

Produkt	Lastefaktor benyttet	Referanser
	[Tonn produkt / semitrailer]	
Fersk fisk på is i isoporkasser	18 (17-19)	(Gurigard, 2009)
Frossen fisk i kartong	22 (21-24)	(Gurigard, 2009)
Fersk fisk forpakket i MAP	10,1	(Axelsson, 2009)

6.2 Sjøtransport

Sjøtransporten foretas med ferger og ulike skipstyper som containerskip med ulik hastighet. For containerskipene er det antatt at 56% av skipenes lastkapasitet er utnyttet. For ferger er utslippene allokert med 58% til varetransport og 42% til persontransport i henhold til hvor stort areal hver av dem opptar. For lastebiler på ferge er det antatt at hver bil med vogn tar 17 dekkmeter (opptar 17m av tilgjengelig areal for biler/last).

Følgende utslippsfaktorer er benyttet i forbindelse med beregning av klimaforbruket i forbindelse med sjøtransport. Faktorene hentet fra Lindstad og Mørkve (2009) er basert på en analyse av CO₂-utslipp innen en rekke sjøbaserte logistikkjeder. Beregningen av utslipp knyttet til hurtigbåten er basert på tilgjengelige data for ulike typer skip sammen med motstandskurver fra SINTEF Fiskeri og havbruk. Her er det tatt utgangspunkt i et fartøy med lastekapasitet på 10 000 tonn (1400 TEU) og det er benyttet en lastutnyttelsesfaktor på 56%.

Tabell 6.3 Utslippsfaktorer for sjøtransport

Skip	Forbruk drivstoff [g drivstoff/tkm]	Utslippsfaktor [g CO ₂ /tkm]	Referanse
Ferger	22	69,7	(NTM, 2008a).
Stort raskt (4000 TEU) containerskip, 23 knop	6,03	19,2	Lindstad og Mørkve, 2009 og SFH Fiskeriteknologi 2009
Stort sakte (4000 TEU) containerskip, 14 knop	4,54	14,4	
Middels stort (700 TEU) containerskip, 17 knop	12,4	38	
Hurtiggående containerskip 35-40 knop (hypotetisk)	142	451	Egne analyser basert på tall fra SINTEF Fiskeri og havbruk.

Utslipp fra konstruksjon og vedlikehold av havneområder og produksjon og vedlikehold av skip og ferger er modellert med prosesser fra Ecoinvent 2.0. Til sammen har disse prosessene et GWP/tkm på 0,0017 kg CO₂-ekv. For sjøtransportene utgjør infrastruktur, kapitalinvesteringer og vedlikehold fra 0 til 9 % av det totale utslippet av CO₂-ekv/tkm.

6.3 Lufttransport

Fisk på fly er transportert fersk sløyd på is i isoporkasser. Det er tatt referanse i et fly av typen Boeing 747 400ERS med maksimal last på 100 tonn totalt. Fisken transporteres typisk i containere som veier 4,5 tonn inkludert is og forpakning. Av dette er ca. 3,5 tonn fisk. Totalt kan et fly ta 50,4 tonn fisk. Flyet har en utslippsfaktor på 37,2 kg CO₂ / km inkludert et tillegg for en take-off og landing. Opplysningene kommer fra Marin Harvest (Raugstad, 2009) SAS (Hellberg, 2009) og NTM databasen (NTM, 2008b).

Bygging og vedlikehold av flyplasser samt produksjon og vedlikehold av flyet er modellert Ecoinvent 2.0 databasen. Relativt til flytransportens totale GWP/tkm står infrastruktur, kapitalinvesteringer og vedlikehold for ca. 3 %.

6.4 Tog

Når det gjelder tog, skilles det mellom transport i og utenfor Norge da mer kupert terreng i Norge fører til økt elkraftforbruk. Forbruket av elkraft er modellert med utgangspunkt i data fra EcoInvent som benytter en Europeisk blanding av elektrisk kraft utenfor Norge. Denne er en blanding av strøm fra ulike kilder som kullkraft, vannkraft og kjernekraft. I Norge benyttes norsk blanding av elektrisk kraft som i all hovedsak er basert på bruk av vannkraft

Elkraftbruken per tonn-kilometer for tog er tatt fra NTM databasen (NTM, 2008c) og tar utgangspunkt i at togenes lastekapasitet er utnyttet 50% i snitt.

Tabell 6.4 Energibruk i togtransport

Strekning	Elkraftforbruk [kWh/tkm]	Referanse
Trondheim-Helsingborg	0,043	(NTM, 2008c)
Helsingör-Paris	0,034	

Bygging og vedlikehold av jernbanelinjer og stasjoner samt produksjon og vedlikehold av tog er modellert Ecoinvent 2.0 databasen. Relativt til togtransportens totale GWP/tkm, står infrastruktur, kapitalinvesteringer og vedlikehold for opp til 86 %.

6.5 Transportlengder

Transportlengder som ble benyttet for lastebiler er vist i Tabell 6.5. Gjennomsnittlig transportlengde for laks i Norge er beregnet ut fra data fra Statistisk Sentralbyrå på fylkesvis fordeling av produksjon av slaktet laks. Tilsvarende transportlengde for hvitfisk er beregnet ut fra fylkesvis landing av torsk og torskefisk.

For fly, ferger og skip er transportlengder bestemt via kontakt med rederier og ulike nettløsninger. Omlasting er ikke inkludert og transportavstandene er beregnet som korteste avstand mellom destinasjonene. Avstandene er dermed noe underestimert. Transporttid for veitransport for de

enkelte kjedene er satt ut fra informasjon fra Bring FrigoScandia (Gurigard, 2009). For skip og fly er de beregnet ut fra hastighet/avstand.

Tabell 6.5: Transportlengder

Transportmiddel	Avstand	Referanse
	[km]	
Gjennomsnittlig avstand fra norske lakseslakterier til Oslo	942	Vektet snitt fra SSB statistikk over fylkesvis produksjon av slaktet laks i 2007. Antatt at alt går til Oslo (SSB, 2009).
Gjennomsnittlig avstand fra torsk og torskefisk mottak til Ålesund	952	Vektet snitt fra SSB statistikk over fylkesvis landing av torsk og torskefisk i 2007 (SSB, 2009). Antatt at alt går til Ålesund.
Oslo – Göteborg (bil)	296	www.viamichelin.co.uk
Fredrikshavn – Paris (bil)	1 398	www.viamichelin.co.uk
Oslo – Karlskrona (bil)	675	www.viamichelin.co.uk
Gdansk – Paris (bil)	1 570	www.viamichelin.co.uk
Gøteborg – Fredrikshavn (ferge)	93	(Stenaline, 2009)
Helsingborg – Helsingör (ferge)	8	(Green Cargo, 2009)
Karlskrona – Gdansk (Gdynia)	315	(Stenaline, 2009)
Norge – Kina (båt)	27 000	www.distance.com
Norge – kina – paris (båt)	44 000	www.distance.com
Oslo – New York (båt)	6 350	www.distance.com
Trondheim – Le havre (båt)	1 175	www.distance.com
Trondheim – Helsingborg (tog)	1 118	(Green Cargo, 2009)
Helsingör – Paris (tog)	1 582	(Green Cargo, 2009)
Oslo – Tokyo (fly)	8 380	www.airrouting.com
Oslo – New York (fly)	5 913	www.airrouting.com
Norge – Tokyo (båt)	27 000	www.distance.com

Tabell 6.6: Oversikt over totale transporttid (fra slakteri/mottak) til grossist. Inkluderer ikke mellomlagring.

Kjede nr		Totaltid [timer]
1	Fersk sløyd til Paris. Semitrailer.	65
1b	Superkjølt sløyd laks til Paris	65
2	Fersk sløyd til filetering i Polen. Fersk filet til Paris. Semitrailer.	78
3	Frossen filet til Paris. Semitrailer.	65
4	Frossen filet på tog	90
5	Fersk lite bearbeidet filet til Paris. Semitrailer.	65
6	Fersk filet i MAP til Paris. Semitrailer.	65
7	Fersk superkjølt filet til Paris. Semitrailer.	65
8	Fersk superkjølt filet til Paris. Skip og semitrailer.	74
9	Fersk sløyd til Tokyo. På fly.	27
9b	Fersk sløyd laks uten hode til Tokyo. På fly.	27
9c	Fryst sløyd laks til Japan med skip	700
10a	Fersk sløyd til USA. På fly	24
10b	Fersk sløyd til USA. På hurtigbåt.	39
11	Frossen hvitfisk til Paris via filetering i Kina	1 406
12	Frossen filet til Paris på semitrailer	65

6.6 Transportforpakning og isproduksjon

Transportforpakningene er modellert som en materialinput relativt til den funksjonelle enhet. Materialene er modellert med Ecoinvent data der resirkulert kartong har en klimafaktor på 0,776 kg CO₂-ekv/kg og isopor har en klimafaktor på 3,32 kg CO₂-ekv/kg. Det er antatt at all isopor er fra jomfruelig polystyren.

Isproduksjonen er inkludert med et forbruk av elkraft på 0,055 kWh / kg is (Thrane, 2004).

Tabell 6.7 Materialbruk i transportforpakninger

Forpakning	Materialer	Masse [kg]	Referanse
Kartong for 20 kg frossen fisk	Resirkulert kartong	2,0	(Levang, 2009)
Kartong for 40 kg frossen fisk	Resirkulert kartong	2,9	
Isoporkasse for 20 kg fersk fisk på is	Ekstrahert Polystyren (EPS)	0,499	(Carlsen, 2009)

6.7 Energibærere og elkraft

Energibærere og elkraft er modellert av Ecoinvent 2.0 databasen og inkluderer utslipp fra utvinning av råvarer, produksjon, distribusjon og infrastruktur med unntak av den kinesiske elproduksjonen som er modellert på grunnlag av statistikk fra International Energy Agency (IEA). Tabell 6.8 er gitt oversikt over klimapåvirkning for ulike energibærere benyttet i analysene. Tabell 6.9 gir videre en oversikt over sammensetningen av den europeiske strømblandingen som er benyttet. Europeisk miks er sammensatt av produksjonen i EU27 landene pluss Norge, Sveits og de tidligere baltiske statene, dagens baltiske stater er ikke inkludert.

Tabell 6.8: Klimapåvirkning fra produksjon og distribusjon av anvendte energibærere og elkraft. Forbruk av drivstoffene er ikke inkludert. (Ecoinvent 2.0)

Elkraft/drivstoff	GWP	Enhet
Diesel	0,508	kg CO ₂ -ekv / kg
Tungolje til skip og ferger	0,448	kg CO ₂ -ekv / kg
Kerosen til fly	0,502	kg CO ₂ -ekv / kg
Elektrisitet norsk mix	0,0376	kg CO ₂ -ekv / kWh
Elektrisitet europeisk mix	0,502	kg CO ₂ -ekv / kWh
Elektrisitet Kinesisk	1,14	kg CO ₂ -ekv / kWh

Tabell 6.9: Sammensetning av europeisk strømmiks (EcoInvent, 2007)

Energikilde	Andel [%]
Fossile kilder	0,56
Kjernekraft	0,35
Biomasse	0,02
Vann	0,05
Vind	0,01

6.8 Energibruk til kulde

Kjøleaggregatene på lastebiler bidrar til GWP to måter: Ved å forbrenne diesel og via utslipp av kjølemedium.

Flere kilder har bekreftet at dieselforbruket i et vanlig kjøleaggregat er fra 2 – 4 l/time avhengig av årstid, lastegrad og hengeskaps isolasjonsevne. Som referanse for dieselforbruket, ble det her benyttet opplysninger fra Thermoking (Olsson, 2009) på to av deres vanligste modeller på det svenske markedet.

Tabell 6.10 Dieselforbruk i kjøleaggregat (fra Thermoking)

Lastens temperatur [°C]	Gjennomsnittlig dieselforbruk [l/time]	Referanse
0	3,1	(Olsson, 2009)
-20	3,0	

Utslippsraten av kjølemedium er satt til 0,195 gr/hr. Lekkasje av kjølemedium er angitt til 5-10% pr. år i NTM databasen (NTM, 200bd). I kjøleaggregat for semitrailere er mengden ca. 6,5 kg og vanligste kjølemedium er R134a og R-404A. Det er antatt lik fordeling mellom disse to. Utslippsrate er beregnet ved å anta at kjøleaggregatet benyttes 2000 timer i året. Omregningsfaktorene til CO₂-ekvivalenter for disse to kjølemediene er 4470 kg CO₂-ekv/kg for R134a og 3922 kg CO₂-ekv/kg for R404a.

For kjeden som inkluderer filetering i Kina er det lagt til et elektrisitetsforbruk på 135 kWh/tonn (Dale, 2006) for innfrysning av filetene før de sendes til Paris.

6.9 Kort om NTM databasen

Nätverket för Transporter och Miljön (NTM) er en ideell svenskforening som jobber for et felles grunnlag for miljøanalyse av ulike transportmiddel. Dataene inkluderer metodikk for beregning av utslippsfaktorer, forbruk og andre påvirkninger fra person- og godstransport. NTM er medlemsfinansiert av flere store svenske bedrifter, universitet og statlige organ.

6.10 Ecoinvent databasen

Ecoinvent 2.0 er en database som omfatter datasett for mer enn 4000 industrielle prosesser i Europa. Dette inkluderer energiproduksjon, råvare utvinning, fremstilling av kjemikalier og materialer, jordbruk, avfallshåndtering og transporttjenester. Alle prosesser er modellert med input av infrastruktur og kapitalinvesteringer. Databasen er sammenfattet av en gruppe sveitsiske institutt og konsulenter fra The Swiss Life Cycle Inventory Centre.

Omkring 1000 elementærstrømmer er utviklet for hvert datasett, inkludert utslipp til luft og jord, forbruk av mineraler og fossile ressurser og forbruk av landareal. En rekke analysemetoder er inkludert. Data fra denne basen er tilgjengelig via blant annet dataprogrammet SimaPro (PRé Consultants, 2009). I dette prosjektet har vi hentet data for tilvirkning av drivstoff og forpakning samt infrastruktur fra EcoInvent, mens spesifikk innhenting av data har ligget til grunn for beregninger av hvordan transporten skjer.

7 Resultater

Nedenunder gis en gjennomgang av resultatene fra analysene. Først presenteres hovedresultatene pr. kjede og deretter resultatet av scenarioanalysene.

7.1 Transportkjedene

For hver kjede er klimapåvirkningen beregnet som totalt utslipp av klimagasser i gram CO₂-ekvivalenter per kg. spisbart produkt som er fraktet fra Norge og frem til bestemmelsesstedet, dvs. CO₂-ekvivalenter per funksjonell enhet (FU), se Tabell 7.1. Som tidligere beskrevet, vil alle utslippet bli belastet den endelige fileten som kommer frem til forbrukeren også når det eksempelvis fraktes hel, sløyd fisk.

I tillegg til totalt utslipp pr. kg. spisbart produkt for hele kjeden er det også gjort beregninger for utslipp fordelt på kildene fremdrift, energi til kulde (inkludert utslipp av kuldemiddel) og transportforpakning. Dette fremkommer i Tabell 7.1, Figur 7.1 og Figur 7.2.

Det gjøres imidlertid oppmerksom på at konsumentforpakninger ikke er inkludert.

Tabell 7.1 gir hovedresultatet pr. kjede som er analysert, og Tabell 7.2 viser de samme resultatene kjedene sortert i stigende orden med hensyn til klimapåvirkning.

Tabell 7.3 viser deretter energiforbruket pr. kjede i stigende orden. Dette er totale bruk av primær energi og beregnet med Cumulative Energy Demand (CED) metoden som summerer alle direkte og indirekte forbruk av primærenergi. For kjedene 1b, 9b og 9c er energibruken ikke beregnet (disse kjedene ble lagt til som et tillegg). Tabell 7.4 gir videre en oversikt over det spesifikke utslippet målt i gram CO₂-ekvivalenter pr. tonn km for ulike transportformer.

Videre viser Figur 7.1 hovedresultatene grafisk for kjedene med lastebil, tog og båt, og Figur 7.2 viser tilsvarende resultater for transport med fly, båt til Kina og hurtigbåt til USA.

Figur 7.3 viser antall gram CO₂-ekvivalenter pr. kg. spisbart produkt som er fraktet frem til bestemmelsesstedet sortert i stigende orden. Figur 7.4 viser deretter en grafisk oversikt over det spesifikke utslippet målt i gram CO₂-ekvivalenter pr. tonn-km for ulike transportformer.

Figur 7.5 gir en grafisk fremstilling av et utvalg sammenlikninger. Her er følgende illustrert: Effekten av å transportere hvitfisk til Kina for prosessering og retur til Europa (kjede 11) kontra å prosessere fileten av hvitfisk i Norge for frakt direkte til Europa med lastebil (kjede 12); effekten av å frakte fersk laksefilet til USA med fly (kjede 10) kontra å frakte fileten på hurtigbåt i superkjølt tilstand (kjede 10b); effekten av å frakte laks på fly til Japan med eller uten hode (kjede 9 og 9b) kontra å frakte frossen laks på båt til Japan (kjede 9c).

Til sist gir Figur 7.6 en sammenstilling av kjedenes totale bruk av primærenergi og klimapåvirkning. Energibruk på øvre akse gitt i MJ per kg spisbart produkt og klimapåvirkning på nederste akse gitt i gram CO₂-ekvivalenter per kg spisbart produkt.

Tabell 7.1 Hovedresultat pr. kjede

Kjede	TOTAL gr klimagasser/FU*	Fordeling		
		Forpakning	Kjøling	Transport
1) Fersk sløyd til Paris på lastebil	507	25,6 %	10,7 %	63,7 %
1b) Superkjølt sløyd til Paris på lastebil	446			
2) Fersk sløyd til Polen og filet til Paris	652	33,8 %	8,7 %	57,5 %
3) Fryst filet til Paris på lastebil	299	24,7 %	9,8 %	65,5 %
4) Fryst filet til Paris på tog/bil	191	38,5 %	23,4 %	38,1 %
5) Fersk lite bearbeidet filet til Paris på lastebil	402	25,7 %	10,5 %	63,7 %
6) Fersk filet i MAP til Paris på lastebil	432	8,5 %	15,2 %	76,3 %
7) Superkjølt filet til Paris på lastebil	299	24,7 %	9,8 %	65,5 %
8) Superkjølt filet til Paris på båt	187	39,4 %	21,8 %	38,9 %
9) Fersk sløyd til Japan med fly	10 950	1,2 %	0,1 %	98,7 %
9b) Fersk sløyd uten hode til Japan med fly	9 445			
9c) Fryst sløyd laks til Japan på båt	2 217			
10 Fersk filet til USA med fly	5 382	1,7 %	0,1 %	98,2 %
10b) Superkjølt sløyd til USA med hurtigbåt	3 493	2,6 %	0,9 %	96,5 %
11) Fryst norsk hvitfisk til Paris via filetering i Kina	2 461	10,9 %	25,0 %	64,1 %
12) Fryst filet av hvitfisk til Paris på lastebil	345	22,0 %	12,8 %	65,3 %

*FU: Funksjonelle enhet= 1 kg spisbart produkt

Tabell 7.2 Kjeder sortert etter stigende totale klimapåvirkning

Kjede	gr klimagasser/FU*
8) Superkjølt filet til Paris på båt	187
4) Fryst filet til Paris på tog/bil	191
3) Fryst filet til Paris på lastebil	299
7) Superkjølt filet til Paris på lastebil	299
12) Fryst filet av hvitfisk til Paris på lastebil	345
5) Fersk lite bearbeidet filet til Paris på lastebil	402
6) Fersk filet i MAP til Paris på lastebil	432
1b) Superkjølt sløyd til Paris på lastebil	446
1) Fersk sløyd til Paris på lastebil	507
2) Fersk sløyd til Polen og filet til Paris	652
9c) Fryst sløyd laks til Japan på båt	2 217
11) Fryst norsk hvitfisk til Paris via filetering i Kina	2 461
10b) Superkjølt sløyd til USA med hurtigbåt	3 493
10 Fersk filet til USA med fly	5 382
9b) Fersk sløyd uten hode til Japan med fly	9 445
9) Fersk sløyd til Japan med fly	10 950

*FU: Funksjonelle enhet= 1 kg spisbart produkt

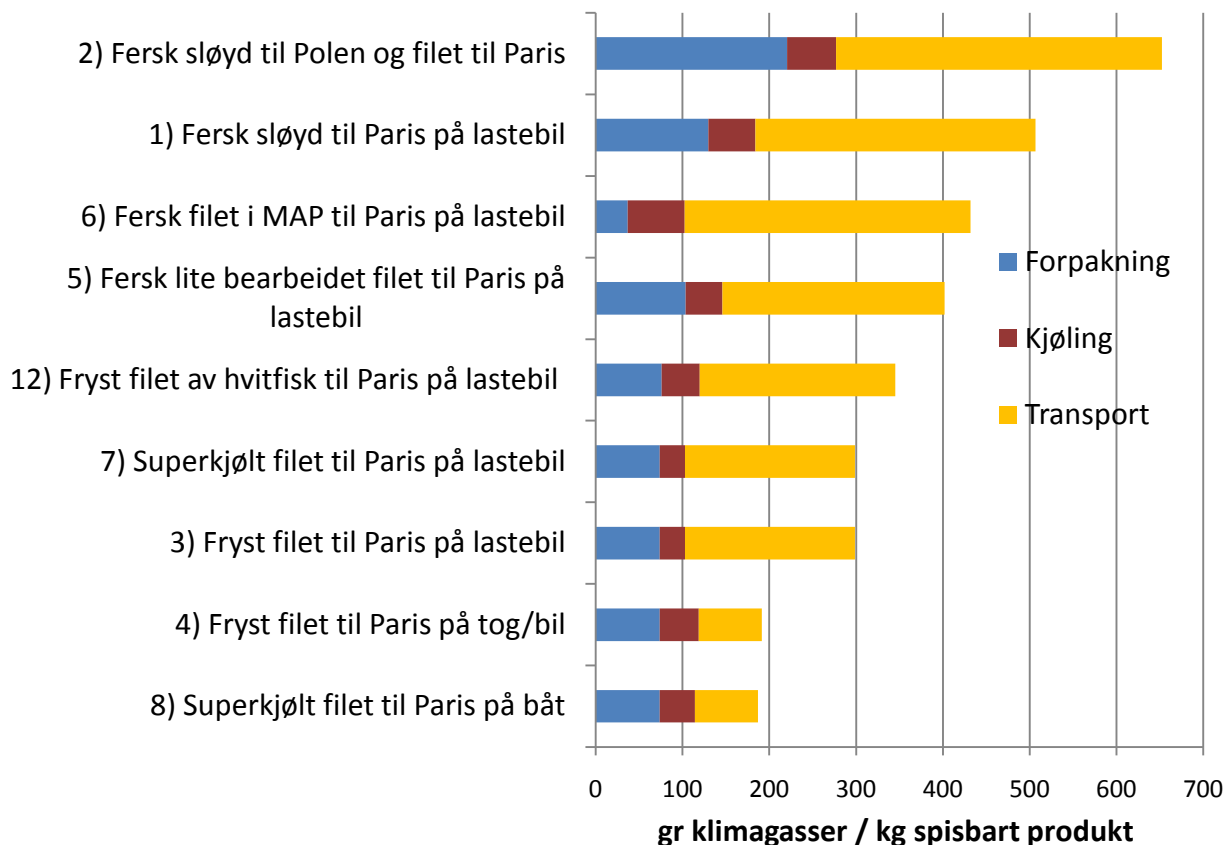
Tabell 7.3 Kjeder sortert stigende etter totale energibruk

Kjede	Total [MJ/FU*]
8) Superkjølt filet til Paris på båt	2,9
4) Fryst filet til Paris på tog/bil	3,3
3) Fryst filet til Paris på lastebil	5,3
7) Superkjølt filet til Paris på lastebil	5,3
12) Fryst filet av hvitfisk til Paris på lastebil	6,4
6) Fersk filet i MAP til Paris på lastebil	6,8
5) Fersk lite bearbeidet filet til Paris på lastebil	8,0
1) Fersk sløyd til Paris på lastebil	10,1
2) Fersk sløyd til Polen og filet til Paris	13,3
11) Fryst norsk hvitfisk til Paris via filetering i Kina	35,6
10b) Superkjølt sløyd til USA med hurtigbåt	52,8
10 Fersk filet til USA med fly	83,3
9) Fersk sløyd til Japan med fly	168,7

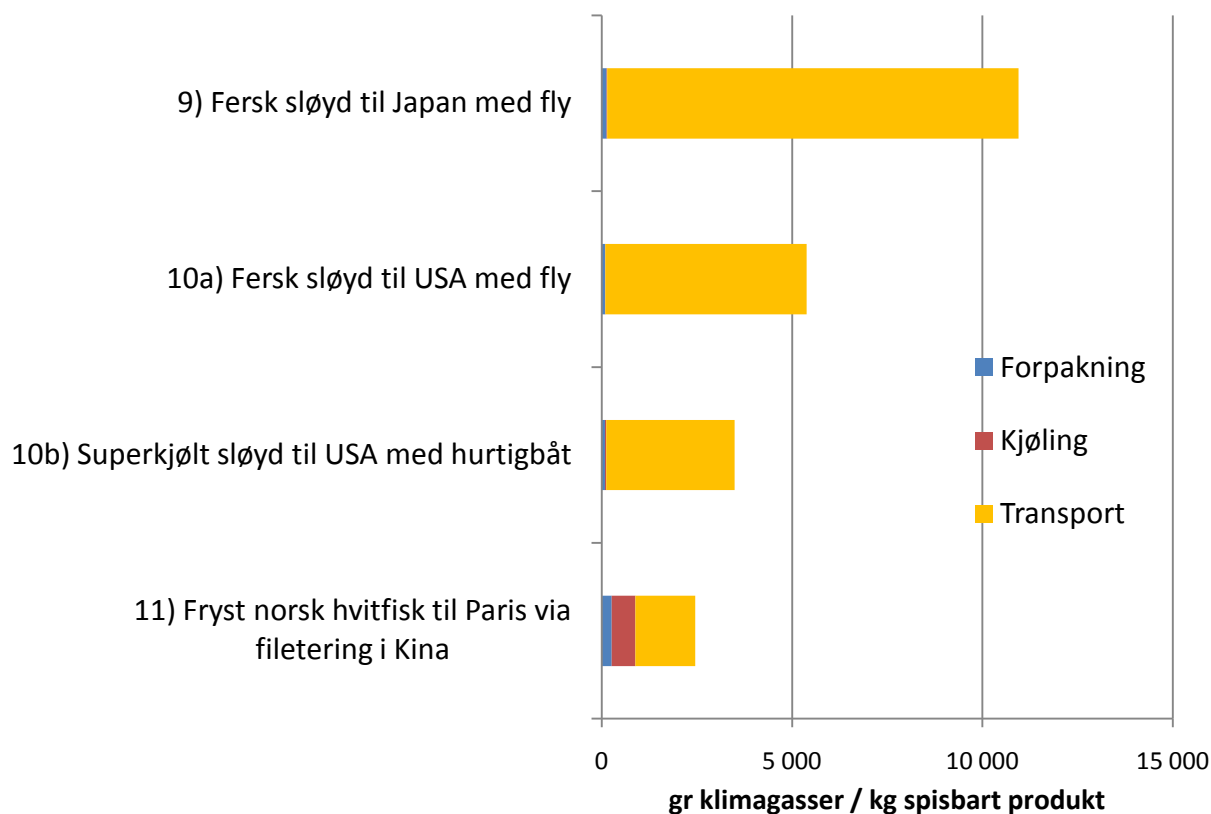
*FU: Funksjonelle enhet= 1 kg spisbart produkt

Tabell 7.4 Transportmetoder sortert etter spesifikt utslipp

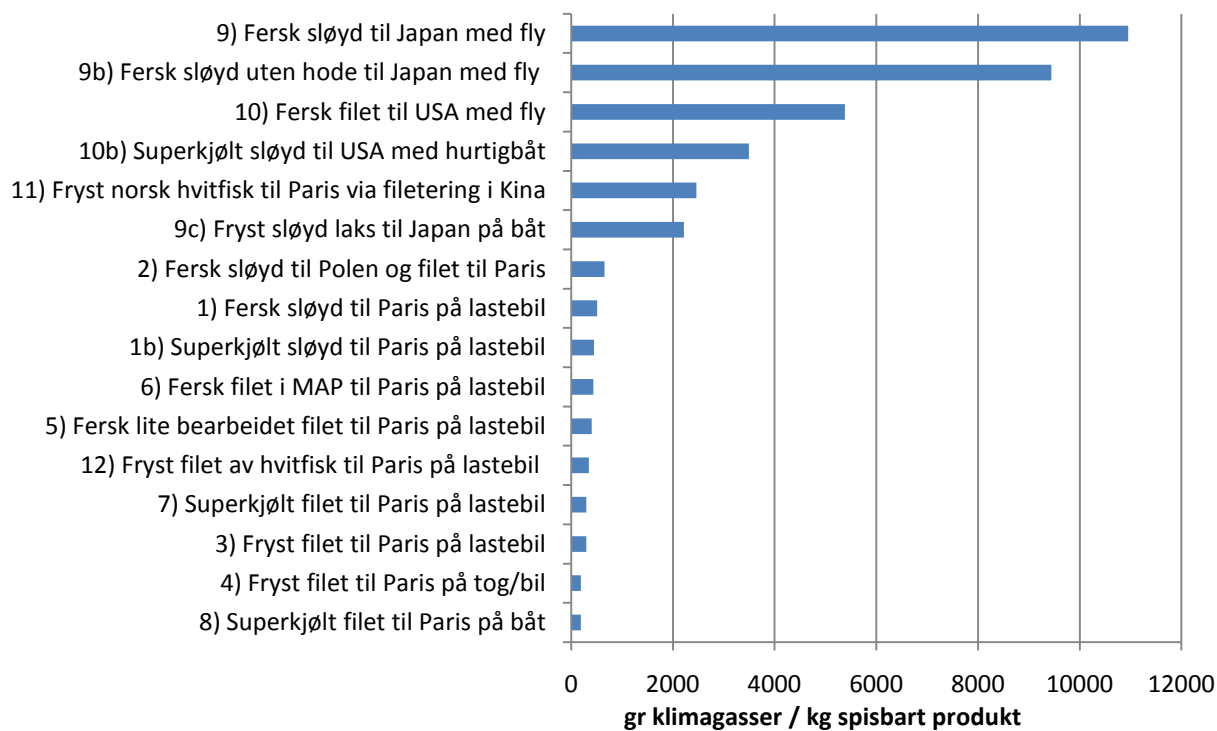
Transportmetode	gr klimagasser/(tonn*km)
Tog, kupert terreng, Norsk elmiks	12
Kontainerskip, stort (14 knop)	18
Kontainerskip, stort (23 knop)	24
Tog, flatt terreng, europeisk elmiks	27
Kontainerskip, lite (17 knop)	36
RoRo bilferge (22 tonn prod på 17 dekkmeter)	43
RoRo bilferge (18 tonn prod på 17 dekkmeter)	52
Semitrailer, Europeisk motorvei (22 tonn produkt)	67
Semitrailer, Europeisk motorvei (18 tonn produkt)	76
Semitrailer, Norske veier (22 tonn produkt)	82
RoRo bilferge (10,1 tonn prod på 17 dekkmeter)	91
Semitrailer, Norske veier (18 tonn produkt)	93
Semitrailer, Europeisk motorvei (10,1 tonn produkt)	119
Semitrailer, Norske veier (10,1 tonn produkt)	126
Hypotetisk hurtig kontainerskip (35-40 knop)	517
Fly, Boeing 747-400	879



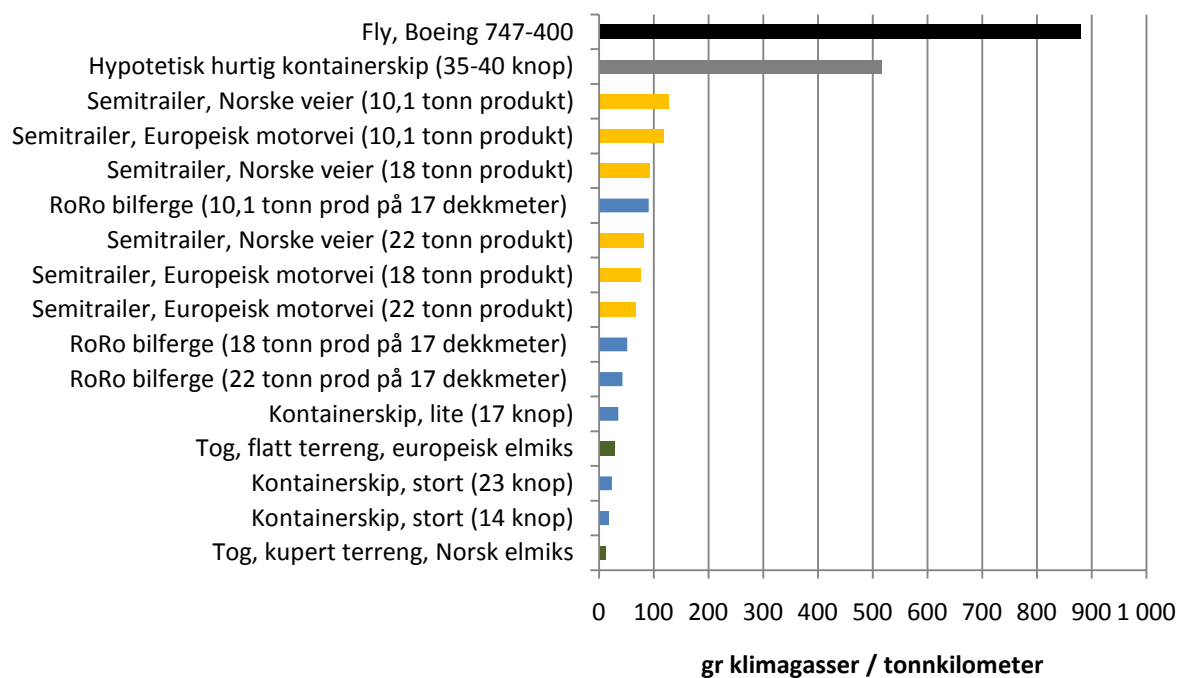
Figur 7.1 Utslipp for kjeder med lastebil, tog og båt til Europa



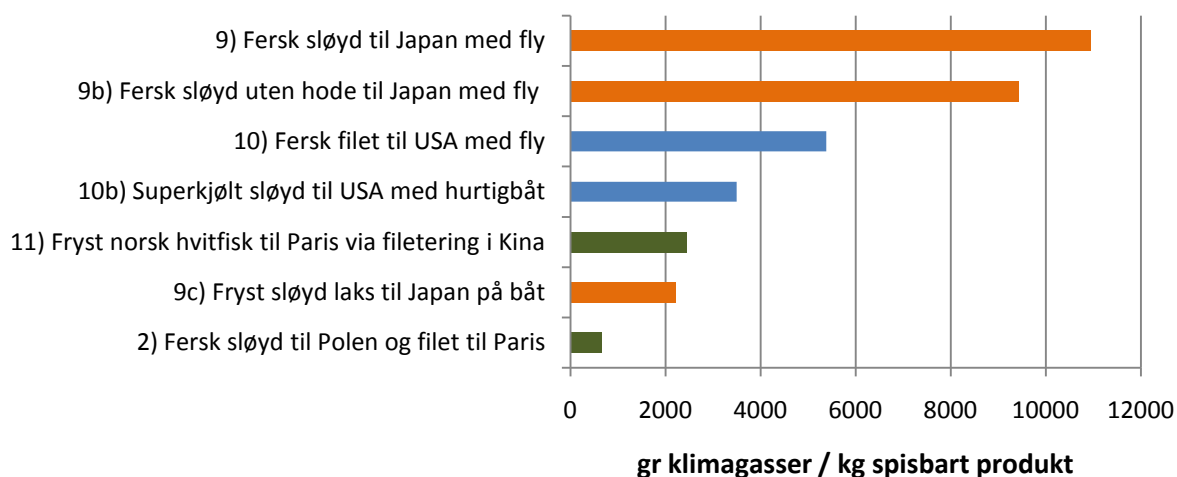
Figur 7.2 Utslipp for kjedene med fly- og båttransport til Japan, USA og Kina



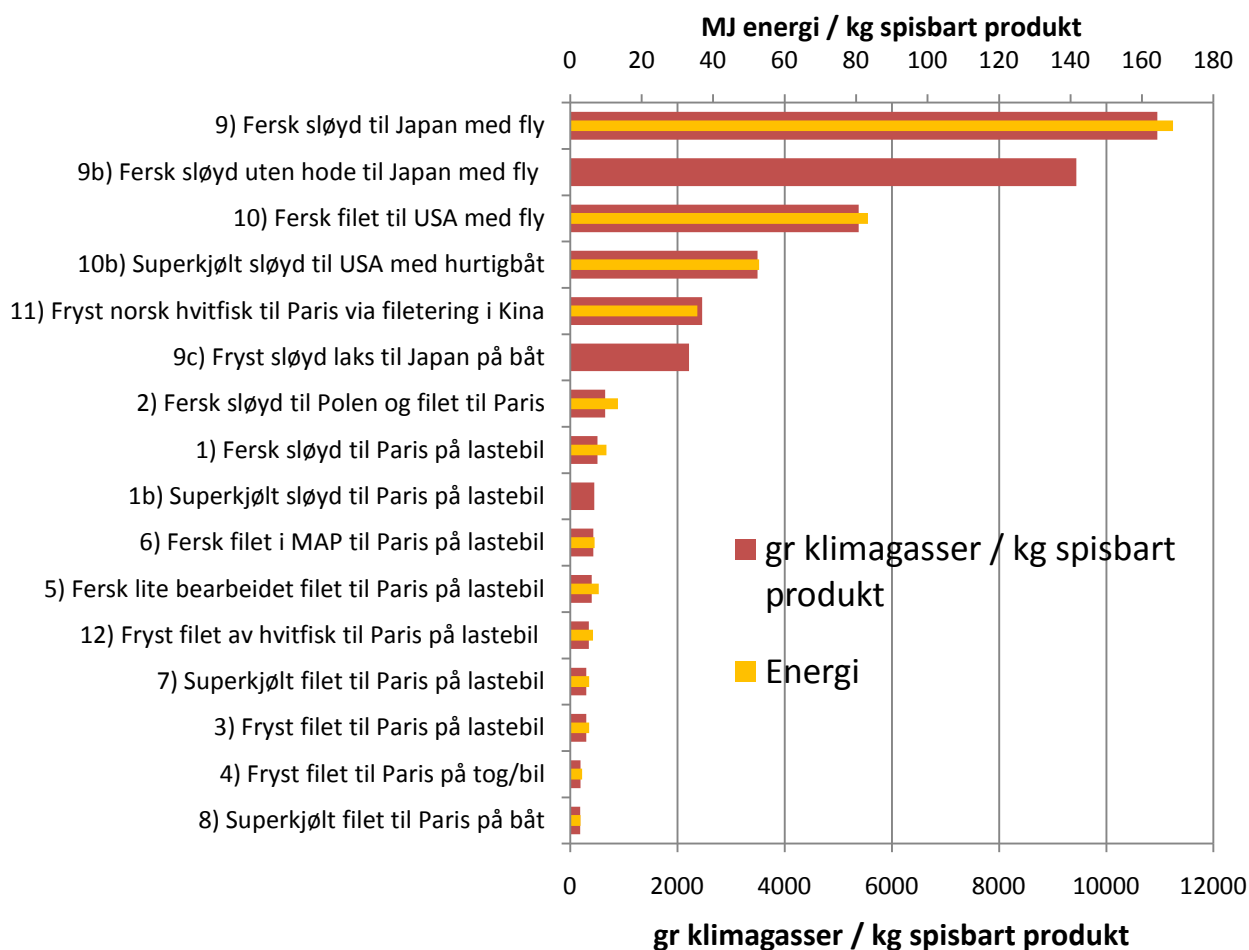
Figur 7.3 Totale klimapåvirkning fra alle kjeder sortert stigende



Figur 7.4 Transportmiddel sortert etter CO₂-ekvivalenter per tonn-km



Figur 7.5 Utvalgte sammenliknende kjeder



Figur 7.6 Sammenstilling av klimapåvirkning og energibruk for alle kjeder

7.2 Resultater fra scenarioanalysene

Scenarioanalysene er foretatt for å analysere konsekvensene av endringer i transportstrategi i forhold til klimarelaterte utslipp. Scenarioene ble definert på grunnlag av resultatene fra analysen av transportkjedene i den hensikt å vise hvilke tiltak eller endringsretninger som vil kunne gi størst positiv effekt. Scenarioene er beskrevet i kapittel 4.6, men vi vil her gi en kort beskrivelse av metodikk og datagrunnlag for utvikling av spesielt basis-caset som danner et viktig utgangspunkt for det videre arbeidet med scenarioene.

For lesbarhetens skyld gjentas imidlertid en oversikt over de forskjellige scenarioene i Tabell 7.5.

Tabell 7.5 Oversikt over scenarioene benyttet i analysen

Scenario	Beskrivelse
1: Fra bulk til produkt	Erstatte 50% av laks som fraktes fersk, sløyd til Europa med bil med superkjølt eller fryst, sløyd fisk.
2: Fra vei til bane	Overføre 50% av transporten av laks til Europa (fryste og ferske produkter) fra bil til tog.
3a og 3b: Smartere veitransport og flyfrakt	Erstatte all transport av sløyd laks med tilsvarende fileter produsert i Norge for a) veitransport og b) flyfrakt.
4: Mindre plast og papp	Illustrerer den relative betydning forpakning har i forhold til utslipp til luft under transportfasen. I scenarioet reduseres bruken av forpakkingsmateriale med 20% av plastforpakningen for den ferske fisken og 20% av pappforpakningene for den fryste fisken.
5: Fra vei til sjø	Overføre 50% av transporten av laks til Europa fra bil til et mindre containerfartøy.
6: Fra luft til sjø	Overføre all frakt over Atlanteren fra luft til en hypotetisk hurtigbåt.
7: Ny produktform	Overføre 70% av den ferske laksen som i dag transporteres med fly, til sjøtransport med et konvensjonelt, saktegående fartøy med fryst laks.
8: Ned med farten	Illustrerer effekten av å senke fartøyhastigheten fra 23 knop til 14 knop på et containerfartøy.

Basiscaset er fremkommet gjennom å kombinere transportmengder til ulike land med forskjellige transportmetoder funnet fra SSB statistikk over nasjonalregnskap og utenrikshandel (SSB, 2009) og kombinere disse volumene med utslippsfaktorene som er beregnet for de forskjellige kjedene og transportformene. Basiscaset skal definere en slags nå-situasjon og gi et anslag over volumet av utslippet av tonn CO₂-ekvivalenter generert av norsk eksport av sjømat og hvordan dette er fordelt på ulike transportformer. Dette caset er deretter variert på 9 forskjellige måter, i scenarioene, for å kvantifisere effekten av forandringene i forhold til utgangspunktet.

Det må likevel understrekes at tilgjengelig statistikk ikke er fullstendig, samt at det er foretatt enkelte generaliseringer basert på analyse av laks og noe hvitfisk som gjør at det er en betydelig usikkerhet i anslagene over det totale utslippet av tonn CO₂-ekvivalenter forbundet med sjømateksporten. Vi mener imidlertid at denne fremgangsmåten gir et godt nok utgangspunkt for å vurdere tiltak med tanke på å effektivisere sjømattransporten både kvalitativt og langt på vei kvantitativt.

Norge eksporterte i 2008 2.339.961 tonn fisk og fiskeprodukter til 134 ulike land (Eksportutvalget 2008). Tabell 7.6 gir en oversikt over transportvolum fordelt på ulike transportformer benyttet i basiscaset (0-scenarie).

Tabell 7.6 Data for basiscase i scenario analysen

Transport	Tonnasje [kton]	Produktfordeling [kton]	Kommentar
Semitrailer	1 155	636 fersk, 420 fryst, 99 filet fersk/fryst	Antatt at all eksport til EU er foretatt med semitrailer. Vektet middellavstand ble beregnet til 1979 km, noe lengre enn avstanden anvendt i Paris kjedene. Fergeforbindelser ikke inkludert. Produktfordeling fra total eksport per produkt.
Tog	0		Ikke medberegnet da den er tilnærmet null.
Fly	48	Alt fersk. 80% som sløyd til Japan og 20% som filet til USA	Det er antatt en vektet middellavstand basert på fordelingen mellom Japan og USA
Skip	1 136	Alt fryst. 519 tonn i bulkskip og 617 tonn på containerskip.	I utgangspunkt 1223 kton men redusert med 83 kton slik at totalen ikke overskrider 2,3 millioner tonn. Sjøtransport med bulkbåt er antatt å gå til Russland og den øvrige sjøtransport er antatt å foregå med større containerfartøy med hastighet på 23 knop til en middeldestinasjon anslått til å ligge 16 000 km borte. Denne middellavstanden er beregnet basert på de tre eksportsonene: Kina/Japan/Indonesia, USA/Brasil og Nigeria/Egypt.
Total	2 339		

Basiscaset er videre fremkommet gjennom at det er foretatt et anslag over gjennomsnittlige transportlengder for de ulike transportformene.

For semitrailere er en vektet middellavstand for europeisk fisketransport med lastebil beregnet til 1979 km hvilket er noe lengre enn middellavstanden som anvendt i Paris-scenarioet. Dette er basert på avstander fra Google Maps (www.maps.google.com). Eventuelle fergeforbindelser er ikke inkludert.

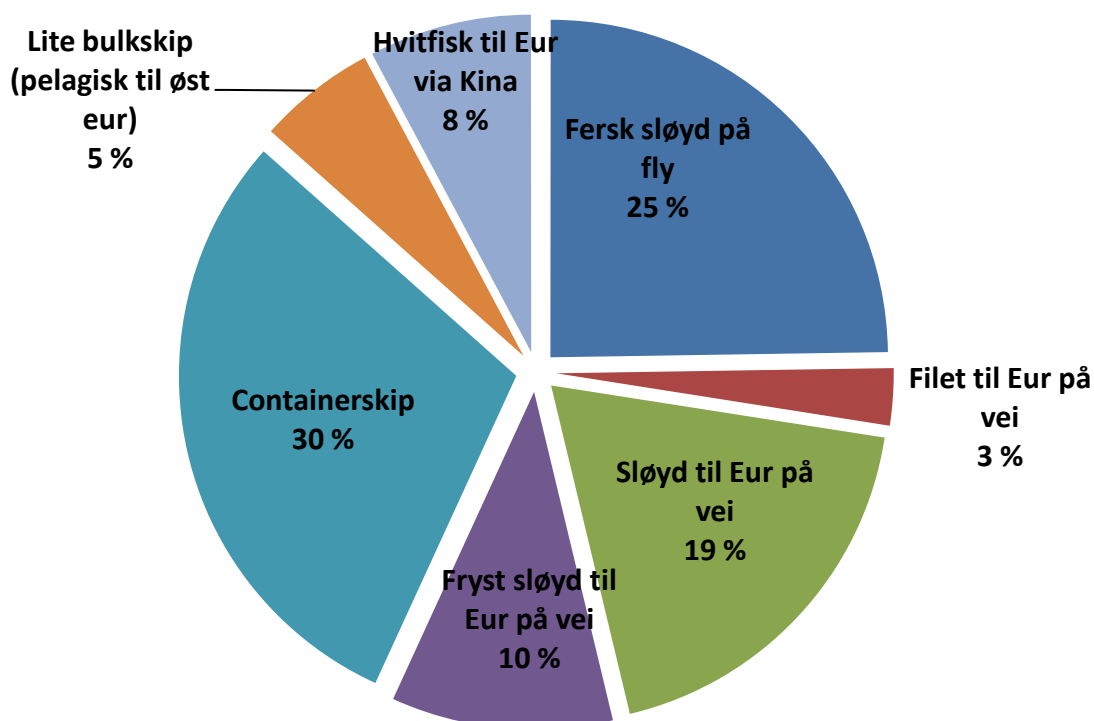
Sjøtransportene med bulkbåt er antatt å gå til Russland og den øvrige sjøtransport er antatt å foregå med større containerfartøy med hastighet på 23 knop til en middeldestinasjon anslått til å ligge 16 000 km borte. Denne middellavstanden er beregnet basert på de tre eksportsonene: Kina/Japan/Indonesia, USA/Brasil og Nigeria/Egypt. Med hensyn til flytransportene er det i basiscaset antatt at alt er fersk fisk: Sløyd med hode til Japan og filet til USA. Det er beregnet en vektet middellavstand basert på transport til Japan (80%) og USA (20%).

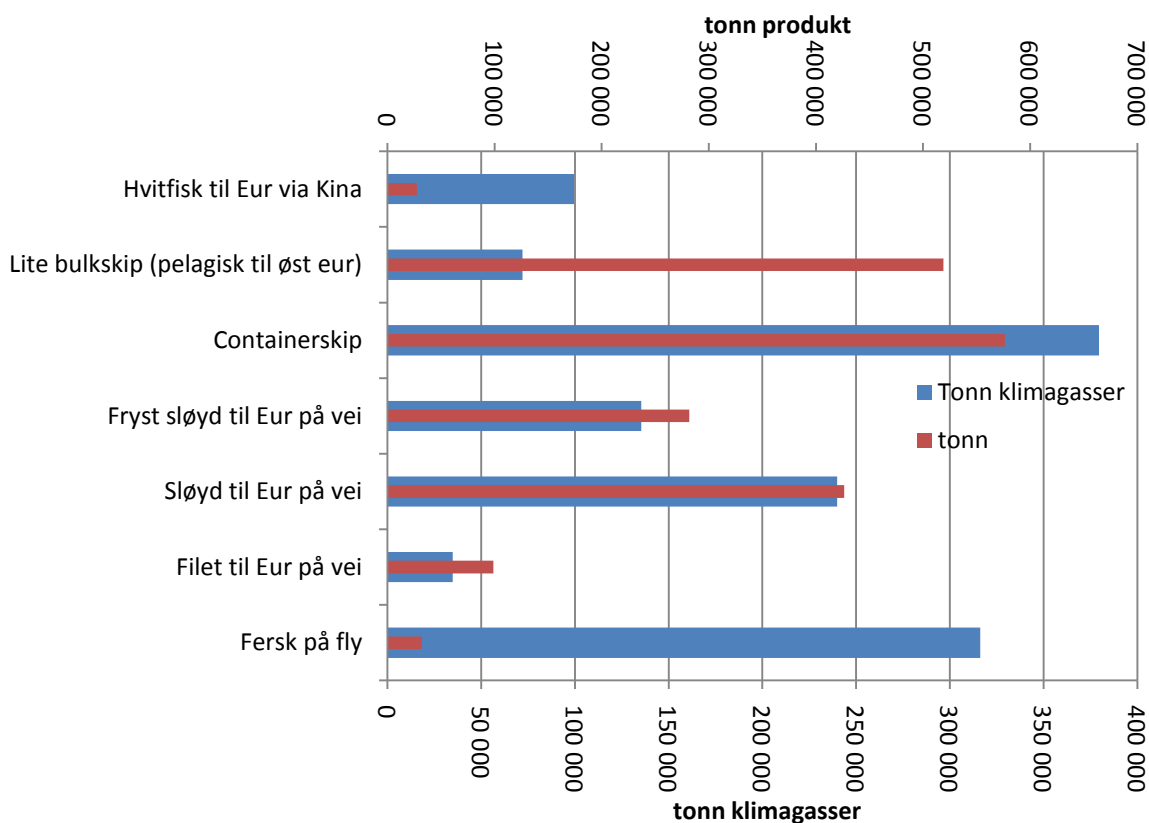
Tabell 7.7 presenterer utslipp av klimagasser med fordeling på transportformer som er beregnet for 0-scenariet. Figur 7.7 gir en grafisk fremstilling av utslipp av klimagasser knyttet til de ulike transportformene i caset og Figur 7.8 gir en fremstilling av forholdet mengden transportert med de ulike transportformene og klimapåvirkningen fra hver transport for 0-scenariet.

Tabell 7.7 Utslipp av klimagasser med fordeling på transportformer for scenario 0

	Klima- påvirkning		Masse eksportert	Klimafaktor	Eksport- avstand
	[tonn CO ₂ -ekv]	Andel	[kton]	[tonn CO ₂ - ekv / kton]	[km]
Total eksport	1.277.453		1.961.903	0,7	
Fersk sløyd på fly	316.210	24,8 %	32.147	9,8	7.886,6
Filet til Eur på vei	34.764	2,7 %	98.733	0,4	1.979
Sløyd til Eur på vei	239.904	18,8 %	426.312	0,6	1.979
Fryst sløyd til Eur på vei	135.430	10,6 %	281.700	0,5	1.979
Containerskip	379.605	29,7 %	576.409	0,7	16.271
Lite bulkskip (pelagisk til øst eur)	71.984	5,6 %	519.189	0,1	4.000
Hvitfisk til Eur via Kina	99.557	7,8 %	27.413	3,6	44.000

Fordeling klimapåvirkning 0-scenarie


Figur 7.7 Utslipp av klimagasser i 0-scenarie knyttet til de ulike transportformene



Figur 7.8 Viser forholdet mellom eksportert mengde og klimapåvirkning for 0-scenariet. På nederste akse klimapåvirkning i tonn CO₂ ekvivalenter og på øvre akse tonnasje for hver eksport

Tabell 7.8 gir en oversikt over resultatene av scenarioanalysene. Her er vist antall tonn CO₂-ekvivalenter som endring av transportstrategi i henhold til forutsetningene definert i scenarioene, vil kunne medføre målt opp imot 0-scenarie. Potensielle prosentvise endringer er også tatt med i tabellen.

Tabell 7.8 Reduksjon av tonn CO₂-ekvivalenter som følge av endret transportstrategi

Reduksjonspotensial for de ulike scenarioer	Tonn CO ₂ -ekv	Prosentvis reduksjon
0-Scenarie	1.277.453	
1) 50% av fersk laks sendes som frossen/superkjølt	1.259.978	-1,4%
2) 50% av veitransport erstattes med togtransport	1.182.972	-7,4%
3a) Filetering av fisken før veitransport	1.123.566	-12,0%
3b) Filetering av fisken før flytransport	1.147.807	-10,1%
4) 20% mindre transportforpakning	1.251.807	-2,0%
5) 50% av veitransporten erstattes av skip til Europa	1.169.186	-8,5%
6) Fra luft til hypotetisk hurtigskip til USA	1.265.312	-1,0%
7) 70% av fersk fisk på fly over til frossen fisk på båt	1.075.324	-15,8%
8) Lavere hastighet på containerskip	884.987	-30,7%

8 Diskusjon

I det følgende gjøres en gjennomgang av resultatene både med hensyn til analyse av transportkjedene og scenarioene.

8.1 Hva forteller analysen av transportkjedene?

Enkelte kjeder er mer effektive enn andre. Av Tabell 7.1 og Figur 7.1 ser vi at transport med laks til Europa med lastebil blir vesentlig mer effektivt hvis det transporteres fileter og ikke hel, sløyd fisk. Ved overgang fra lastebil til tog og spesielt båt kan dette effektiviseres ytterligere. Dette kan illustreres ved å sammenligne for eksempel referansekjeden (kjede 1), som er fersk, sløyd fisk med lastebil fra Norge til Paris med kjede 7 som er superkjølt filet transportert med lastebil til Paris. Overgang til superkjølt filet vil kunne redusere utslippene med 41%. Tilsvarende vil overgang til bruk av båt i kombinasjon med lastebil og superkjøling (kjede 8) kunne redusere utslippene med hele 63%.

Vi ser også at flyfrakt gir svært høye verdier og at selv en hurtigbåt i nærmere 40 knop er mer klimavennlig selv om høy hastighet på sjøen i alminnelighet ikke er noen klimavennlig løsning.

Kinaeksempelen er også interessant. Å filetere hvitfisk hjemmefra for forsendelse med lastebil direkte til Paris (kjede 12) i stedet for å sende den til Kina først (kjede 11) vil kunne gi redusert klimapåvirkning med 86% fra transportfasen i eksport av frossen hvitfisk til Paris.

For alle kjedene er utslippene generert av energiforbruket forbundet med fremdrift dominerende. Mest markert er dette for de kjedene med høyest spesifikt utslipp som flytransport og hurtigbåt.

Den relative betydningen av utslipp generert av kjølesystemet er høyest for de kjedene med lengst transporttid som kjede 8 "Superkjølt filet med containerskip og lastebil til Paris" og kjede 4 "Frostet filet til Paris med lastebil og tog" og i enda sterkere grad for kjede 11 "Frostet sløyd hvitfisk på containerskip til Kina og retur til Europa". Utslipp på grunn av kjøling er her beregnet til å generere hele 25,0% av klimapåvirkningen. For lange transporter vil dermed effektivisering av kjølesystemene være en viktig utfordring.

Den relative betydningen av forpakkingsmateriale er på sin side høyest for de mest effektive transportkjedene som kjede 4 "Frostet filet fra Norge til Paris med bil/tog". Forpakning bidrar her med 38,5% av utslippene. Ved å effektivisere selve transportarbeidet, blir det med andre ord stadig viktigere å optimalisere andre systemer som forpakning og kjøling.

De fleste analysene presentert her er relatert til utslipp av klimagasser, men disse utslippene henger nøye sammen med energiforbruket. Dette er illustrert i Figur 7.6 der det spesifikke energiforbruket og klimapåvirkningen er vist for alle kjedene og sortert etter stigende klimapåvirkning. Kjede 5 og 6 avviker fra trenden i resten av kjedene ved at kjede 6 har større klimapåvirkning, men mindre energibruk enn kjede 5. For kjedene 1b, 9b og 9c er energibruken ikke beregnet (disse kjedene ble lagt til som et tillegg).

Figur 7.5, med utvalgte sammenliknende kjeder, illustrer at eksport av frosne hvitfiskprodukt fra filetering i Norge til Paris kan ha 86% lavere klimapåvirkning enn ved eksport via filetering i Kina. Videre viser Figur 7.5 at eksport til USA av superkjølt laks på en hypotetisk hurtiggående båt kan ha 35% lavere klimapåvirkning enn ved eksport av fersk laks på fly. Til sist viser Figur 7.5 at eksport til Japan av fersk sløyd laks uten hode kan ha 14% lavere klimapåvirkning enn tilsvarende eksport med hode. Videre illustreres at eksport til Japan av frostet laks på båt kan ha 80% lavere klimapåvirkning enn eksport av fersk laks på fly.

8.2 Hva forteller scenarioene?

Figur 7.8 viser en sammenstilling av den totale klimapåvirkningen fra 0-scenarie fordelt på de ulike eksportformene og størrelsen på enkelte eksportene (i tonn). Figuren gir et bilde av nåsituasjonen. Selv om verdiene er heftet med betydelig usikkerhet, er det verdt å kommentere den store betydning den relativt beskjedne transporten av sjømat med fly har i klimasammenheng. Rundt 32 000 tonn eksporteres årlig i følge våre tall med fly noe som står for omtrent 2% av eksportvolumet. Disse 2% genererer imidlertid i størrelsesorden 25% av klimagassutslippene forbundet med eksport av norsk sjømat.

Scenarioanalysene presentert i Tabell 7.8 viser videre reduksjonspotensialet for de ulike scenarioene i forhold til 0-scenarie. Størst reduksjonspotensial oppnås ved å redusere hastigheten på sjøtransporten med containerskip fra en antatt middelhastighet på 23 knop til 14 knop. Selv om dette scenarioet er relativt hypotetisk, illustrerer det godt at høy hastighet med båt ikke er klimaeffektivt.

Et annet scenario med god effekt, er å skifte fra eksport med fly til eksport med båt med konvensjonell hastighet. I scenario 7 er 70% av den ferske fisken som i dag går med fly, overført til et saktegående fartøy i frossen tilstand. Dette vil kunne gi en gevinst i forhold til utslipp av klimagasser på 16% eller 200.000 tonn CO₂-ekvivalenter årlig. Dette tilsvarer ca. 0,4% av Norges samlede utslipp av klimagasser målt i forhold til forpliktelsene i Kyoto-protokollen.

Tiltak som å filetere fisken før veitransport (12% reduksjon) og før flytransport (10% reduksjon), overføre deler av fisken fra vei til båt for eksport til Europa (8,5%) og til tog (7,4%) vil alle kunne gi signifikante bidrag til reduksjon av utslippene av klimagasser.

8.3 Kort vurdering om svinn og holdbarhet

Vi har ikke klart å skaffe opplysninger om hvor mye svinn det er i de ulike produktkjedene eller hva som skjer med biproduktene ved prosessering utenlands. Fra tidligere erfaringer vet vi at det er rimelig å anta at det er større svinn i fersk transport enn i frossen transport. Dette ville forsterket de innbydes forskjellene våre resultat viser mellom transport av frossen og fersk fisk. Transportmengden av fersk fisk kunne i så fall multipliseres med en faktor tilsvarende produktets svinn.

På grunn av fangst og oppdrettsfasens store betydning er det mulig at svinn under transport og hos forhandler kan ha større betydning mht. klimapåvirkning og energibruk enn selve transporten. Dette gjelder altså om man tar for seg produktkjedene fra "bunn til munn", og ikke kun transportprosessen.

Det er ikke kommet frem noe om biprodukter fra foredling i Kina og Polen benyttes eksempelvis til dyrefôr, eventuelt hvor mye av det som går til fôr. Dette er begge store foredlingsindustrier og det er sannsynlig at biproduktene benyttes på en eller annen måte og sannsynligvis bedre enn biprodukter fra sløyd laks som går rett til filetering i en liten fiskebutikk i Paris. I de tilfeller der biproduktene ikke benyttes til fôr, kan de gå til deponi, forbrenning, fermentering og biogassproduksjon. Siden vi ikke har informasjon om eventuell bruk av biprodukter, har vi heller ikke opplysninger om avfallshåndtering. Avfallshåndtering fra foredling er altså også utelatt.

Vi har valgt å se bort fra håndtering av biprodukt både på grunn av manglende data og fordi målet med analysen var å se på ulike måter å transportere spisbar fisk på. Masseallokering mellom hoved- og biprodukt, i de tilfellene man vet at biproduktene anvendes, ville gjøre at transporten av

sløyd fisk og filet ville være lik. Denne analysen bør dermed ikke benyttes til å analysere transport av råvarer til forproduksjon, kun analyser av transporten av den spiselige delen av fisken.

Produktene i analysen har svært ulik holdbarhet. Frossen fisk har lengre holdbarhet enn ferske og superkjølte produkt, og MAP produkter har lenger holdbarhet enn vanlige ferske produkt. Produktene har altså ulik hylletid og ulik sannsynlighet for å bli spist. Dette aspektet er ikke tatt med i denne analysen siden våre systemgrenser stopper hos grossist, men i praksis vil produkter med lang holdbarhet og lite svinn hos forselger/forbruker kunne ha en betydelig mindre miljøpåvikning da de krever mindre produksjon og transport i forhold til hva som faktisk blir fortært. Produkter som MAP, som kommer dårlig ut i denne analysen, vil kunne ha en betydelig gevinst av å inkludere dette aspektet. Fryste og superkjølte produkt, som allerede kommer godt ut, kunne forsterket dette ved å inkludere holdbarhet/svinn i analysen.

9 Konklusjon

Frakt på tog og containerbåt har vist seg å være de mest effektive transportformene for transport fra Norge til Europa spesielt for superkjølt eller fryst filet (187 – 191 gr CO₂-ekv/kg spisbart produkt). Superkjøling gjør is overflødig hvilket er positivt ut fra to forhold: Man unngår energibruken for å produsere is, og man får inn mer fisk i rommet på lastebilen eller i containeren.

I den andre enden av skalaen ligger de interkontinentale transportene med fly og hurtigbåt som alle krever store mengder energi og fører til store utslipp av klimagasser (3.493 – 10.950 gr CO₂-ekv/kg spisbart produkt). Utslippene er dog lavere med ved transport med hurtigbåt enn med fly over Atlanteren hvilket kan tyde på at det finnes et betydelig forbedringspotensial ved overgang til sjøtransport hvis denne optimaliseres.

En annen kjede som gir høye utslipp er transport av hvitfisk på båt til Kina for prosessering og retur tilbake til Europa på grunn av den lange transportavstanden (2.461 gr CO₂-ekv/kg spisbart produkt).

Mellom ytterpunktene finner man lastebiltransporten av filet (299 – 432 gr CO₂-ekv/kg spisbart produkt) og hel, rensset fisk (446 – 652 gr CO₂-ekv/kg spisbart produkt). Av filetransportene på lastbil ligger både den lite bearbejdede og den MAP-pakkete fisken høyt. Dette skyldes i det første tilfelle at en noe større mengde må transporteres i og i det andre tilfelle at man kan pakke betydelig mindre per lastebil.

Avslutningsvis kan det konkluderes at transportmidlet er viktigere enn produktformen for det totale resultatet og at et betydelig forbedringspotensial består i å gå over fra veg- og luft- til sjø- og togtransport, men også i å gå over fra å frakte hel fisk til filet og fra tradisjonell kjøling til superkjøling.

Beregningene av det totale energiforbruket og klimapåvirkningen av norsk fiskeeksport tyder på at selv om den andelen som fraktes med fly i dag representerer en liten del i vekt (2%) så står denne for over 25% av de totale klimagassutslippene fra norsk sjømateksport. Fremtidsscenarioene viste at en reduksjon av de totale utslippene med over 15% kan være mulig dersom en stor andel av det som fraktes fersk med fly i dag heller overføres til båt i frossen tilstand. Dette forutsetter selvsagt store tiltak for å endre konsumentenes innstilling til fryst fisk. Å senke hastigheten på containerfartøyene fra 23 til eksempelvis 14 knop vil i tillegg kunne medføre en betydelig forbedring isolert sett.

Å filetere fisken før den sendes med fly i stedet for å frakte hel fisk gir en mulighet for en utslipsreduksjon på rundt 10% og prosessering i Norge i stedet for vegtransport av hel fisk gir en forbedring på 12%. En overgang av 50% av fisk fra lastebil til tog gir videre en forbedring av det totale utslippet med 7,4%. De transportene der det er vanskelig å anbefale forbedringer er transport av fryst pelagisk fisk eksempelvis til Russland som utgjør et stort volum (over 26%), men under 6% av utslippene.

10 Referanser

Axelsson, P. (2009), Lerøy, Mail- og telefon korrespondanse

Carlsen C. (2009), Brødr. Sunde AS, Mail- og telefon korrespondanse, Sunpack 20: www.sundolitt.no/default.asp?menu=329.

Dale, Ø. (2006), COWI AS, Framtidens enøkbedrift innen fiskeri, Prosjektrapport PELAGISK INDUSTRI.

Ecoinvent v2.0, Swiss Centre For Life Cycle Inventories, www.ecoinvent.org

Ecoinvent (2007), Strommix un stromnetz Data v2.0, Ecoinvent reports.

Eksportutvalget for fisk, (2008), Verden og vi: Tall og fakta for hele 2008, nettside: www.seafood.no/binary?id=108072

Ellingsen H., Olaussen J. O., Utne I. B. (2009), "Environmental analysis of the Norwegian fishery and aquaculture industry - a preliminary study focusing on farmed salmon", Marine Policy 33 (2009) 479–488, ISSN 0308-597X

Ellingsen, H. and Aanonsen, S. (2006), Environmental Impacts of Wild Caught Cod and Farmed Salmon- A Comparison with Chicken. International Journal of LCA, 11, pp 60-65.

Faculty of Agricultural Sciences, Danish Institute for Fisheries Research (2007), Højmarkslaboratoriet, Danish Research Institute of Food Economics, Danish Technological Institute and 2.-0 LCA Consultants (2007) LCA Food Database.

Fet, A. M., Buen, J., Johansen, L. B. and Eik, A. (2001), Utvikling av indikatorer for økoeffektivitet i norsk daglivarebransje, IØT – rapport 05/01.

Fikseaunet, T. K. (2007), Alternative Fish Finger Production Chains – Life Cycle Assessment. A comparative LCA study on four Scenarios for Fish Finger Production, Master Thesis, Trondheim, NTNU, 2007

Forskning.no (2008), Kortnytt: Skipsfartens CO2-utslipp, www.forskning.no/Artikler/2008/februar/1203325401.29

Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Flynn, A. and Mylan, J. (2006), Environmental impacts of food production and consumption: A report to the Department for Environment, Food, and Rural Affairs, Derfra, U.K., Manchester Business School.

Frischknecht, R. et al. (2007) The environmental relevance of capital goods in Life Cycle Assessments of products and services. International Journal of LCA.

Green Cargo (2009) mail- og telefonkontakt, www.greencargo.com

Gurigard, S. E. (2009), Driftsjef Bil, Bring Frigoscandia, Mail- og telefon korrespondanse

Hellberg, B. (2009), SAS Telefonsamtale 19.02.2009

Hospido, A., Tyedmers, P. (2005). Life Cycle Environmental Impacts of Spanish Tuna Fisheries. Fish. Res.76(2005):174-186.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007), Fourth Assessment Report, The Physical Science Basis, www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm

International Standardization Organization (ISO) (2006), ISO 14040 Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework.

Levang, G. H. (2009), Leder salgsstøtte Peterson Emballasje AS, mail- og telefonkorrespondanse.

Lindstad, H., Mørkve, O. T. (2009), Methodology to assess the Energy Efficiency and the environmental performance of maritime logistics chains, 10th International marine design conference, IMDC09 Tapir academic press, ISBN 978-82-519-2438-2.

Loe Hansen, K., Bye, T. Spilde D. (2008), Utslipp av klimagasser i Norge - i dag, i går og den nære framtid, SSB Rapport 2008/17 (ISBN 978-82-537-7370-4 Elektronisk versjon)

Matforsk (2007), Ferskere fisk med ny pakketeknologi, www.matforsk.no/web/wakt.nsf/ec6eb7ca6bd53d24c1256c6a0037ef41/44e4ccedfae8ae62c125737e0040be52?OpenDocument

Miljøverndepartementet (2006), St. meld. nr 26 (2006-07): Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand.

Nordtvedt (2009), Superkjøling av fisk – en litteraturstudie og prosjektoversikt, SINTEF Energiforskning AS avd. energiprosesser, ISBN: 978-82-594-3399-2.

NTM (2008a), The Network for Transport and Environment (NTM), Environmental data for international Sea cargo transport. Calculation methods, emission factors, mode-specific issues. Version 2008-10-18, www.ntm.a.se.

NTM (2008b), The Network for Transport and Environment (NTM), Environmental data for international cargo and passenger air transport. Calculation methods, emission factors, mode-specific issues. Version 2008-10-18, www.ntm.a.se.

NTM (2008c), The Network for Transport and Environment (NTM), Rail transport. Environmental data for international cargo transport. Calculation methods, emission factors, mode-specific issues. Version 2008-03-04, www.ntm.a.se.

NTM (2008d), The Network for Transport and Environment (NTM), Additional CO₂e-factors in goods transport, www.ntm.a.se.

NTM (2009), The Network for Transport and Environment (NTM), www.ntm.a.se

Olaussen J. O. Utne I. B., Ellingsen H., Aanonsen S. A. (2008) Forprosjekt - Miljøregnskap for fiskeri- og havbruksnæringen i Norge, SINTEF Fiskeri og havbruk, 2008, ISBN 978-82-14-04340-2

Olsson U. (2009), HO-Nilsson Göteborg Thermoking forhandler, mail- og telefonkorrespondanse og miljøvaredeklarasjon av modellene SL-200e og S400e.

Phillips, M. J., Boyd, C. and Edwards, P. (2000), Systems Approach to Aquaculture Management, in: R. P. Subasinghe, Bueno, P., Phillips, M.J., Hough, C., McGladdery, S.E., Arthur, J.R. (ed) Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand, NACA, Bangkok and FAO, Rome.

PRé Consultants (2007), About PRé Consultants, http://www.pre.nl/pre/pre_consultants.htm (07.11.2007).

PRé Consultants (2009), Simapro 7.1 LCA software, www.pre.nl/simapro/simapro_lca_software.htm

Raugstad I. (2009), Logistics Manager, Marine Harvest Norway AS, Mail- og telefonkorrespondanse.

Schau E. M., Ellingsen H., Endal A., Aanonsen S. Aa. (2009), Energy Consumption in the Norwegian Fisheries, *International Journal of Cleaner Production* 17 (2009) 325–334

Seafish, (2008), Briefing paper. CO2 emissions. Case studies in selected seafood chains, v.1.0. www.seafish.org/co2emissions/SeafishCO2EmissionsBriefingPaperJan2008.pdf

SIK- Institutet för Livsmedel och Bioteknik AB (ed.) (2007), *LCA in Foods: Book of Proceedings*, LCA in Foods, Gothenborg, Sweden.

SINTEF Fiskeri og havbruk (2009), Avd. for Fiskeriteknologi, intern database.

Statistisk sentralbyrå (SSB) (2009), Statistikkbanken: 10 næringsvirksomhet: 10.05 Fiske og fiskeoppdrett, http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?Productid=10.05&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=10

Statistisk sentralbyrå (SSB) (2009), [Statistikkområder»09 Nasjonalregnskap og utenrikshandel](http://www.ssb.no/ur_okonomi/), http://www.ssb.no/ur_okonomi/

Stenaline (2009), mail- og telefonkontakt, www.stenalinefreight.com

Thrane, M. (2006), *LCA of Danish Fish Products New methods and insights* (9 pp). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2006. 11(1): p. 66-74.

Utne, I. B. (2007), *Sustainable Fishing Fleet- A Systems Engineering Approach* (Ph.D.), Institutt for Produksjons- og kvalitetsteknikk, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU).

Williams, A. G., Audsley, E. and Sandars, D. L. (2006), *Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report*, UK Department for Environment, Food and Rural Affairs. Research Project ISO205. Bedford: Cranfield University and Defra.

Ziegler, F. and D. Valentinsson (2008), *Environmental life cycle assessment of Norway lobster (Nephrops norvegicus) caught along the Swedish west coast by creels and conventional trawls—LCA methodology with case study*. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2008. 13(6): p. 487-497.

Ziegler, F. and Hansson, P.-A. (2003), *Emissions from fuel combustion in Swedish cod fishery*. *Journal of Cleaner Production*, 11, pp 303-314.

Ziegler, F. (2006), Environmental Life Cycle Assessment of seafood products from capture fisheries. PhD thesis, Göteborg University, Dept. of Marine Ecology / SIK, The Swedish Institute for Food and Biotechnology. SIK report 754 (ISBN 91-89677-27-7)

Ziegler, F., Nilsson, P., Mattsson, B., Walther, Y. (2003), Life Cycle Assessment of frozen cod fillets including fishery-specific environmental impacts. *Int.J.LCA.* 8(1):39-47.