

# Rapport

## Grønn godstransport

Resultater fra forskningsprosjektet Grønn godstransport

### Forfattere

Roar Norvik, Tomas Levin, Astrid Bjørgen Sund, Hanne Marie Gabriel, Tor Nicolaisen og Heine Andreas Toftegaard



# Rapport

## Grønn godstransport

Resultater fra forskningsprosjektet Grønn godstransport

EMNEORD:  
Miljøvennlig transport  
Godstransport  
Utslippsberegninger

VERSJON  
1.0

DATO  
2011-05-12

FORFATTERE  
Roar Norvik, Tomas Levin, Astrid Bjørgen Sund, Hanne Marie Gabriel, Tor Nicolaisen og Heine  
Andreas Toftegaard

OPPDRAKSGIVER  
Norges Forskningsråd

OPPDRAKSGIVERS REF.  
Øystein Strandli

PROSJEKTNR  
503738

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:  
90+ vedlegg

### SAMMENDRAG

#### Grønn godstransport

Rapporten oppsummerer resultatene fra forskningsprosjektet Grønn godstransport i prosjektperioden fra 2008 til mars 2011. Formålet har vært å bidra til å gjøre godstransporten renere gjennom å utvikle et beslutningsstøttesystem for håndtering av miljøutfordringer for transportbedrifter.

Prosjektet har vært et brukerstyrt innovasjonsprosjekt under Norges Forskningsråds program "SMARTRANS – næringslivets transporter og ITS". Prosjektet har hatt sju partnere: Tollpost Globe, CargoNet, Norges Lastebileier-Forbund, Statens vegvesen, Jernbaneverket og Transportbrukernes Fellesorganisasjon (til og med 2009).

UTARBEIDET AV  
Roar Norvik

SIGNATUR  


KONTROLLERT AV  
Dag Bertelsen

SIGNATUR  


GODKJENT AV  
Forskningssjef Per Lillestøl

SIGNATUR  


RAPPORTNR  
SINTEF A18830

ISBN  
978-82-14-05087-5

GRADERING  
Åpen

GRADERING DENNE SIDE  
Åpen

# Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2011-05-12	Ferdigstilt rapport

# Innholdsfortegnelse

Forord.....	9
Sammendrag.....	11
Summary.....	14
<b>1 Innledning.....</b>	<b>17</b>
1.1 Bakgrunn.....	17
1.2 Målsetting.....	18
1.3 Avgrensninger og forutsetninger.....	18
1.4 Begrepsavklaringer.....	19
1.5 Samvirke med andre forskningsprosjekter.....	20
1.6 Leveranser og publikasjoner.....	20
1.6.1 Paper til internasjonale konferanser.....	20
1.6.2 Beregningsverktøy.....	21
1.6.3 Utslippsdatabase.....	21
1.6.4 Rapporter og notater.....	21
1.6.5 Presentasjoner på nasjonale konferanser og fagmøter.....	21
1.6.6 Doktorgradsavhandling.....	22
1.7 Rapportens oppbygging.....	22
<b>2 Innledende studier.....</b>	<b>23</b>
2.1 Brukerbehovsundersøkelse.....	23
2.2 Litteraturstudie.....	24
2.2.1 Historiske merkesteiner – miljøengasjement.....	24
2.2.2 Krav fra myndigheter og industri.....	24
2.2.3 Omfang av miljøstyring.....	26
2.2.4 Et integrert miljøstyringssystem.....	30
2.2.5 Miljøregnskap for godstransportbedrifter.....	31
2.3 Beregningsmetodikk.....	33
2.3.1 Top-down versus Bottom-up.....	33
2.3.2 Beregning av klimagassutslipp.....	34
2.3.3 Viktig funn i litteraturen - ARTEMIS.....	34
2.4 Utfordringer med eksisterende miljøkalkulatorer.....	35
2.5 Oppsummering.....	36
<b>3 Grønn godstransport – beregningsverktøy.....</b>	<b>37</b>
3.1 Innledning.....	37
3.2 Beregningsmetodikk.....	37
3.3 Infrastrukturbeskrivelser.....	38
3.3.1 VEG.....	38
3.3.2 BANE.....	42

3.3.3	SJØ.....	43
3.3.4	Terminaler.....	43
3.4	Rutevalg og analyse.....	44
3.5	Resultatbehandling.....	46
3.6	Utslippsfunksjoner.....	46
<b>4</b>	<b>Utslippsfunksjoner.....</b>	<b>47</b>
4.1	SEMBA.....	47
4.2	Faktor for energiforbruk på ARE toget.....	52
4.3	Faktor for energiforbruk på Nordlandsbanen.....	53
4.4	Beregning av utslipp fra skip.....	54
4.5	Bruk av SEMBA.....	55
4.6	Etablering av database med utslipp.....	56
4.7	Uttesting av beregningsverktøy.....	56
<b>5</b>	<b>Prototyp av beregningsverktøy for en transportbedrift.....</b>	<b>57</b>
5.1	Rammeverk.....	57
5.2	Nødvendige prosesser/rutiner.....	58
5.3	Hva er viktig for å få gode miljøprosesser.....	59
5.4	Implementering i transportbedrifter.....	60
5.4.1	Prinsipp.....	60
5.4.2	Fordeling.....	60
5.4.3	Postnummer som geografisk oppløsning.....	64
5.4.4	Beregningsgang.....	64
5.5	Proof of concept.....	68
5.6	Verktøytilgjengelighet.....	69
<b>6</b>	<b>Teknisk evaluering.....</b>	<b>70</b>
6.1	Overordnet.....	70
6.2	Transportnettverk.....	70
6.2.1	Topologi.....	70
6.2.2	Geometri.....	71
6.3	Utslippsfunksjoner – test av antagelser.....	74
6.4	Sammenlikning av ArcMap og NetworkX.....	76
6.5	Sammenligning av verktøy fra Grønn godstransport med verktøy hos Tollpost Globe.....	77
6.6	Korreksjonsfaktorer for utslippsdatabase for vegtransport.....	78
6.7	Sammenligning GG med "Kvalitet og miljø på vei" hos Norges Lastebileier-Forbund.....	79
6.8	Kontroll av bane og skip.....	79
<b>7</b>	<b>Resultatutnyttelse.....</b>	<b>81</b>
<b>8</b>	<b>Videre forskning og utvikling.....</b>	<b>83</b>
<b>9</b>	<b>Forkortelser.....</b>	<b>85</b>

Referanser.....	87
Vedlegg.....	90

## VEDLEGG

- Vedlegg 1: Rapport: Grønn godstransport: Brukerbehovsundersøkelse
- Vedlegg 2: Konferansepaper: ENVIRONMENTAL INVENTORY FOR FREIGHT TRANSPORT COMPANIES
- Vedlegg 3: Konferansepaper: GREENING FREIGHT – EVERY PENNY COUNTS
- Vedlegg 4: Konferansepaper: A methodology for inexpensive GPS-data storage and analysis
- Vedlegg 5: Konferansepaper: GREENING FREIGHT – DO DETAILS MATTER
- Vedlegg 6: ISO 14064 Prosesstrinn
- Vedlegg 7: Global warming potential (GWP) faktorer

## Tabell-liste

Tabell 1 Grønn godstransport-relatert innhold i et miljøregnskap for transportbedrifter .....	32
Tabell 2 Eksempler på utslippsfaktorer (Klima - og Forurensningsdirektoratet 2010) .....	34
Tabell 3 Oversikt over lenker med mer en 15 % stigning .....	41
Tabell 4 Vegkategorier, manglende hastigheter og lengder .....	41
Tabell 5 Fartsmodell for lenker uten kodet fart basert på vegkategori .....	41
Tabell 6 Stjernemerking av terminaler.....	44
Tabell 7 Kjøretøytyper i databasen .....	45
Tabell 8 Energi ved forbrukspunkt lokomotiv .....	51
Tabell 9 Energitap fra offentlig strømmnett til strømvatager på toget.....	51
Tabell 10 Oppsummeringstabell over energiforbruk på elektrifisert bane .....	51
Tabell 11 Utslipp som funksjon av drivstofforbruk.....	54
Tabell 12 Utslippsfaktorer for skipet MS TEGE basert på ARTEMIS .....	54
Tabell 13 Reduksjoner som følge av renseutstyr på skip.....	55
Tabell 14 Eksempel på tabell med utslipp fra et kjøretøy.....	66
Tabell 15 Kontroll av rutevalg algoritme og nettverksdata.....	77
Tabell 16 Utslippsfaktorer benyttet i Tollpost Globe sitt miljøregnskap fra 2003 .....	77
Tabell 17 Utslippsfaktorer mellom Trondheim og Oslo .....	78
Tabell 18 Tabell med korreksjonsfaktorer for utslipp fra vegtransport.....	78

## Figurliste

Figur 1 Kilder til klimagassutslipp i Norge. Kilde (Klima og Forurensningsdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat et al. 2010). .....	17
Figur 2 Forskningsaktivitet knyttet til næringstransport.....	20
Figur 3 Prosjektets utvikling i prosjektperioden .....	22
Figur 4 Syklusen for miljøledelse. Kilde: (Miljøverndepartementet 2005).....	28
Figur 5 Prosesstrinnene som skal gjennomføres når man utvikler og implementerer et klimagassprosjekt i henhold til ISO 14064 standarden.....	30
Figur 6 Utvikling fra det tradisjonelle styringssystemet .....	31
Figur 7 Rammeverk for estimering av utslipp (SEMBA).....	38
Figur 8 Vegnettet er et ELVEG 2008-datasett. Vegkategoriene som er med i nettverket er vist i kartene.....	39
Figur 9 Eksempel med avvikende gjennomsnittlig stigning.....	40
Figur 10 Godstognettverk og drivstoff som benyttes på de ulike togstrekningene i Norge. ....	43
Figur 11 SEMBA med delmoduler .....	47
Figur 12 NOx utslipp som funksjon av kjørehastighet og EURO klasse.....	48
Figur 13 Effekten av stigninger og fall på drivstoff forbruk.....	49
Figur 14 Energi forbruk på tog .....	50
Figur 15 Resultatbehandling – detaljering av trekanten på toppen i Figur 7.....	57

Figur 16 Eksempel på transportkjede for samlast av varer fra Oslo-området til Trondheims-området .....	60
Figur 17 Eksempel på fordeling av utslipp. Freight weight = fremføringsvekt.....	62
Figur 18 Graf over utslipp og utnyttelsesgrad for en 30 tonn lastebil .....	64
Figur 19 Oversikt over kjøretøy, vektklasser, last, stigninger og Euro klasser .....	65
Figur 20 To metoder for beregning av utslipp fra distribusjon.....	67
Figur 21 Eksempel på topologisk brudd på E6 nord for Alta .....	71
Figur 22 Forskjeller mellom 2D og 3D lengde i Elveg 2008.....	72
Figur 23 Problem med stigninger inn mot riksveger .....	73
Figur 24 Veglenker med over 15 % stigninger og fall.....	74
Figur 25 Analyse av gjennomsnittlig positiv akselerasjon for tyngre kjøretøy, ARTEMIS og observert i Norge.....	75
Figur 26 Plott av gjennomsnittlig positiv akselerasjon for mikro turer .....	75





# Grønn godstransport

## Forord

Denne rapporten oppsummerer arbeidet i forskningsprosjektet Grønn godstransport. Prosjektet har vært et brukerstyrt innovasjonsprosjekt under Norges Forskningsråds program "SMARTRANS – næringslivets transport og ITS". Følgende eksterne partnere og brukere har deltatt i prosjektet:

*Tollpost Globe*

*CargoNet*

*Norges Lastebileier-Forbund*

*Statens vegvesen*

*Jernbaneverket*

*Transportbrukernes Fellesorganisasjon (tom. 2009)*

*Katrine Hansesætre*

*Øyvind Haugen*

*Ole Freddy Nilsen*

*Anne Lise Torgersen*

*Eirik Skjetne*

*Wenche Kirkeby*

*Ellen Fosslie*

*Julie Amlie*

*Kjetil Tvedt*

Prosjektets styringsgruppe har bestått av en representant fra hver partner:

*Tollpost Globe (prosjekteier)*

*CargoNet*

*Norges Lastebileier-Forbund*

*Statens vegvesen*

*Jernbaneverket*

*SINTEF*

*Norges Forskningsråd (observatør)*

*Ole A. Hagen*

*Magnus Berg-Labor*

*Anne Lise Torgersen*

*Eirik Skjetne*

*Veronica Valderhaug*

*Ragnhild Wahl*

*Øystein Strandli*

Arbeidet er ledet av SINTEF Teknologi og samfunn, avdeling Transportforskning. Roar Norvik har vært prosjektleder. Sentrale medarbeidere i siste del av prosjektperioden har vært Tomas Levin og Astrid Bjørgen Sund, men mange andre medarbeidere på avdelingen har bidratt med smått og stort. Statens vegvesen har finansiert et PhD-stipend knyttet til prosjektet for Tomas Levin. Dag Bertelsen har vært SINTEFs kvalitetssikrer i siste halvdel av prosjektperioden.

Det rettes en stor takk til alle som har bidratt til gjennomføring av prosjektet Grønn godstransport.

Trondheim mai 2011



Per Lillestøl  
Forskningsjef



## Sammendrag

Denne rapporten oppsummerer resultatene fra forskningsprosjektet Grønn godstransport som er et brukerstyrt innovasjonsprosjekt under Norges Forskningsråds program "SMARTRANS – Næringslivets transporter og ITS".

Formålet med forskningsprosjektet Grønn godstransport er å gjøre godstransporten renere gjennom å utvikle opplegg for miljøregnskap i transportbedrifter, og å utvikle beregningsverktøy som støtte i dette arbeidet. Prosjektets hovedmål er å utvikle et beslutningsstøttesystem for håndtering av miljøutfordringer for godstransporten. Delmålene som er satt for prosjektet er å:

1. Utvikle verktøy for beregning av miljøkonsekvenser av enkelttransporter
2. Utvikle støtteverktøy til bedriftens periodiske miljøregnskap
3. Utvikle forslag til rutiner/prosesser for bruk av verktøyet
4. Synliggjøre miljømessige konsekvenser av tiltak for næringslivets transporter

Innledningsvis ble det gjort noen avgrensninger av prosjektet. Prosjektet skal omfatte nasjonal godstransport og hele transportkjeden. Transportmidler som skal inkluderes er bil, tog og båt. Prosjektet skal fokusere på utslipp til luft fra transport, både klimagasser og lokalt forurensende utslipp skal inkluderes i beregningene. Energi- og drivstofforbruk skal også inkluderes i beregningene.

De innledende studiene har gitt et viktig grunnlag for videre utvikling av prosjektet. Brukerbehovsundersøkelsen viser at miljøforhold vil få økt fokus hos transportbedriftene og vareeierne, og de fleste stiller seg positive til å ta i bruk et mer omfattende miljøstyringssystem framover. De største barrierene for å ta i bruk et mer omfattende system er manglende datagrunnlag, at man ikke kjenner miljøeffekten av tiltak samt manglende miljøkompetanse i bedriftene.

Litteraturstudien har gitt bakgrunnsinformasjon om miljøengasjementet de siste 30 år, drøfter krav fra myndigheter og industri og ser på omfang av miljøstyringssystem med hovedvekt på ISO-sertifisering. Utviklingen av miljøstyringssystem mot "corporate social responsibility" (CSR) drøftes og forslag til hva Grønn godstransport skal bidra med som input til miljøregnskap for transportbedrifter presenteres.

Det finnes to overordnede måter for å beregne utslipp: top-down og bottom-up. Styrken ved top-down-analyser er at det er relativt enkelt å etablere og bruke utslippsfaktorer i slike analyser. Bottom-up er mer egnet til analyser av enkelttiltak der man har mer kunnskap om transportene. Bottom-up tilnærming ble valgt fordi det var et ønske om å se på hva enkeltfirma kan gjøre for å redusere sine utslipp.

Resultatene fra det europeiske forskningsprosjektet ARTEMIS er en sentral kilde for metodikk og parametre. Gjennom studiet av eksisterende miljøkalkulatorer har man i prosjektet Grønn godstransport dannet seg et bilde av styrker og svakheter ved eksisterende beregningsmetoder.

Med bakgrunn i innledende studier har Grønn godstransport utviklet metodikk og verktøy som er basert på fire hovedelementer:

1. **Infrastrukturbeskrivelser.** Detaljerte digitale beskrivelser av transportnettverk for veg, bane, farleder og terminaler. Viktige parametre i vegnettverket er stigninger og hastigheter. Stigning er en viktig parameter også for jernbanenettverket. Utfordringen er tilgjengelighet til datagrunnlag med høy geografisk oppløsning.
2. **Rutevalg og analyse.** Det er utviklet funksjoner i et geografisk informasjonssystem for beregning av rutevalg og utslipp på transportruter. Modellen kan beregne utslipp fra og til alle punkter i Norge med grunnlag i transportnettverk og utslippsfunksjoner.
3. **Utslippsfunksjoner.** Prosjektet benytter utslippsfunksjoner fra ARTEMIS-prosjektet på veg- og sjøtransport. På jernbane er det utviklet strekningsspesifikke energi- og utslippsfaktorer. Utslippsfunksjonene er mest detaljert for vegtransport. I utgangspunktet er det 14 kjøretøytyper. For hver kjøretøytype har man 3 lastgrader, 7 stigningsgrupper og 6 Euroklasser. Totalt gir dette 1764 utslippsfunksjoner for kjøretøy med vekt over 7,5 tonn. I tillegg beregnes utslippene for de forskjellige komponentene separat: CO, NO<sub>x</sub>, HC, PM og FC (Fuel Consumption). Utslippsfunksjonene er samlet i et bibliotek med navn SEMBA (SINTEF Emission Module Based on ARTEMIS).
4. **Resultatbehandling.** Dette er grensesnittet mot sluttbruker. Det har til hensikt å tilgjengeliggjøre resultater fra Rutevalg og analyse til sluttbruker som er en transportbedrift. Sentralt er en utslippsdatabase med beregnet utslipp mellom alle postnummer i Norge. Transportbedriften må her bidra med informasjon om forsendelse og transportkjede for hver sending som skal beregnes.

Bruk av verktøy fra Grønn godstransport krever at det eksisterer prosesser og rutiner for å framskaffe data om forsendelser og transportkjeder. Sentrale data som transportøren må ha kontroll på er sendingens fysiske vekt og fremføringsvekt, fysisk vekt og fremføringsvekt på andre sendinger i samme lastbærer/kjøretøy, postnummer sendingen skal hentes på og leveres til, fremføringsteknologi og terminaler der sendingen bytter transportmiddel. Utslipp beregnes ut fra total fysisk vekt inkludert vekt av lastbærer. Utslipp fordeles på sendinger etter andel av total fremføringsvekt, dvs. volum tas også i betraktning ved fordeling av utslipp. Utslipp fra distribusjon og innhenting av gods søkes beregnet med metoden "Package sequence".

Det er utviklet en prototyp av beregningsverktøyet som er implementert hos Tollpost Globe. De har nødvendige prosesser og kunnskap om gods og transport på sendingsnivå, og kan følge en sending gjennom transportkjeden slik metodikken krever. Tollpost Globe henter data om gods fra sitt produksjonssystem. Dette gjør det mulig å beregne utslipp for enkeltsendinger slik at de kan rapporteres til kunden eller de kan aggregere data til et miljøregnskap.

Verktøyet som er utviklet gjennom Grønn godstransport vil være relativt enkelt å implementere for transportbedrifter, da en ikke trenger å forholde seg til verken infrastrukturbeskrivelser, rutevalg og analyse eller utslippsfunksjoner. Utslippsdatabaseen inneholder ferdig beregnede data som vil være lett tilgjengelig for sluttbruker.

Beregningsbiblioteket (SEMBA) som er etablert i prosjektet er gjort tilgjengelig som åpen kildekode (open source). Utslippsdatabaseen er også fritt tilgjengelig, men på grunn av databasestørrelse må den distribueres med harddisk.

Prosjektet har ikke gjennomført målinger som man kan sammenligne de beregnede utslippene med. Det er foretatt en teknisk evaluering i form av en rekke vurderinger av inndata og feilkilder i disse.

For transportnettverkene er det gjort kontroller på topologi og geometri. For utslippsfunksjoner er det gjort tester av antagelser om at norsk kjøreadferd er lik europeisk kjøreadferd. Det er gjennomført kontroll av rutevalgsalgoritmer og nettverksdata, og det er gjort sammenligninger av resultater fra Grønn godstransport-metodikken med eksisterende verktøy hos Tollpost Globe og Norges Lastebileier-Forbund. Jevnt over vil metodikken i Grønn godstransport gi lavere utslipp. Det skyldes bruk av bottom-up metodikk, der kun utslipp fra direkte transportaktivitet inkluderes. Aktiviteter som transportbedriftene har liten eller ingen kontroll over er ikke med i bottom-up. Eksempler på dette er tomgangskjøring og avvik fra korteste rute. Top-down tilnærmingen som benyttes i dag (bl.a. hos Tollpost Globe og NLF) inkluderer alle utslipp, men den har ingen kontroll med når og hvor utslippene skjer. Dette gjør det svært vanskelig å beregne effekter av tiltak man ønsker å iverksette som en del av et miljøstyringssystem. Bottom-up metodikken som er utviklet omfatter ikke alle utslipp, men kombinasjonen top-down og bottom-up gir muligheten til å finne et forbedringspotensial. Som følge av manglende datagrunnlag har det ikke vært mulig å gjøre kontroll av utslipp og energiforbruk på sjø og bane, men det er gjort rimelighetskontroller.

Implementering av en prototyp av verktøyet hos Tollpost Globe er en del av prosjektet. Det er også andre partnere i prosjektet som vurderer å ta i bruk deler av det som er utviklet. Eksempelvis kan både utslippsdatabasen og SEMBA benyttes til utslippsanalyser av godstransport, og de kan videreutvikles til å bli viktige verktøy blant annet til bruk i Nasjonal Transportplan. I siste del av prosjektperioden har det vært diskusjoner om implementering, vedlikehold og videreutvikling av kompetanse, metodikk og verktøy som er resultater fra prosjektet. En mulighet er å etablere et bransjenettverk med en driftsmodell som tar ansvar for dette når prosjektet avsluttes.

## Summary

This report summarizes the results of the research project Green Freight Transport (GFT) which is a user-driven innovation project under the Norwegian Research Council program "SMARTRANS - Intelligent Freight Transport".

The purpose of the project is to make freight transport cleaner by developing systems for environmental accounting in transport companies, and to develop computational tools that supports this effort. The project's main objective is to develop a decision support system for the handling of environmental challenges for freight transport. The secondary objectives are to:

1. Develop tools for calculating the environmental impacts of single freight transports
2. Develop tools to support the company's periodic environmental accounting
3. Develop proposals for procedures / processes for the use of the tool
4. Highlight environmental consequences of policy measures for freight transport

Initially, the project group made some refinements of the project. The project will focus on national freight transport, and will include the entire transport chain. Vehicles to be included are cars, trains and ships. The project will focus on air emissions from transport; both greenhouse gases and local pollution are to be included in the calculations. Energy- and fuel consumption will also be included.

The initial studies have provided an important basis for further development of the project. The user needs survey shows that environmental issues will receive increased focus in transport companies and from goods owners, and most are inclined to adopt a more comprehensive environmental management system in the future. The biggest barriers to adopt a more comprehensive system are lack of data, that one does not know the environmental impact of measures and lack of environmental expertise in companies.

The literature study has provided background information about environmental commitments in the last 30 years. It discusses the requirements from government and industry and looks at the extent of environmental management with emphasis on ISO certification. Development of environmental management towards Corporate Social Responsibility (CSR) is discussed, and contributions from GFT into environmental accounting in transport companies are presented.

There are two main ways to calculate emissions: top-down and bottom-up. The strength of top-down analysis is that it is relatively easy to establish and use emission factors in such analysis. Bottom-up is more suited to analysis of individual measures where transport companies have more knowledge about the transports. A bottom-up approach was chosen because it was a desire to look at what individual transport companies can do to reduce their emissions.

The results of the European research project ARTEMIS is a key source of methodology and parameters. A study of existing environmental calculators has formed a picture of the strengths and weaknesses of existing methods.

Based on preliminary studies, the GFT-project has developed methodologies and tools that are based on four main elements:

1. **Infrastructure descriptions.** Detailed descriptions of the digital transport network of roads, railways, shipping lanes and terminals. Important parameters in the road network are slopes and speeds. Slope is an important parameter also for the railway network. The challenge is access to data with high geographical resolution.
2. **Route choice and analysis.** Functions are developed in a geographic information system for route choice and calculation of emissions by transport routes. The model can calculate the emissions from and to all geographical points in Norway based on the transport network and the emission functions.
3. **Emission functions.** The emission functions for road and water transport stems from the ARTEMIS project. On the railway network, energy and emission factors have been developed that are specific for each stretch. Emission functions are most detailed for road transport. The basis is 14 vehicle types. Each vehicle type has 3 load levels, 7 slope groups and 6 Euro classes. In total this gives 1764 emission functions for vehicles weighing over 7.5 tons. In addition emissions are calculated for the various components separately: CO, NO<sub>x</sub>, HC, PM and FC (Fuel Consumption). The emission functions are gathered in a library named SEMBA (SINTEF Emission Module Based on ARTEMIS).
4. **Result management.** This is the interface to the end user. It intends to make the results of route choice and analysis available for the transport company. A central part of this interface is a database with estimated emissions between all postal codes in Norway. The transport company needs to provide information about the shipment and the transport chain for each consignment to be calculated.

Use of the tools from GFT requires processes and procedures to obtain data about shipments and transport chains. Key data needed are physical weight and carrying weight for the specific consignment, physical weight and carrying weight for the other items in the same cargo carrier or vehicle, origin and destination postal code, carrying technology and terminals where the consignment switch transport mode. The emissions are calculated from total physical weight including weight of the load carrier. Emissions are divided among the consignments by their share of total carrying weight, i.e. the volume is also taken into consideration in the division of emissions. Emissions from transport distribution and collection of goods will be calculated by a special method called “package sequence”.

The project has developed a prototype of the calculation tool that is implemented in the Tollpost Globe company. They have the necessary processes and knowledge about goods and transport on a consignment level, and they can follow a consignment through the transport chain as the methodology requires. Tollpost Globe collects data about the goods from their own production system. This makes it possible to calculate emissions for individual items so that they can be reported to the customer, or the data can be aggregated to environmental accounting.

The tool developed by GFT will be relatively easy to implement in transport companies. One does not need to relate to infrastructure descriptions, route choices and analysis or emission functions. The emission database contains pre-calculated data that will be easily accessible to end users.



The complete computational tool (named SEMBA) is made available as an open source software. The emission database is also freely available, but because of the size of the database it must be distributed on a hard drive.

The project has not conducted measurements for comparison with the estimated emissions. There has been conducted a technical evaluation by a series of evaluations of input data and their sources of errors. For the transport networks there have been controls of topology and geometry. For the emission functions there have been made tests of assumptions about Norwegian driving behavior compared to European driving behavior. It has been conducted controls of route choice algorithms and network data. Results from the GFT methods are compared with existing tools at Tollpost Globe and The Norwegian Hauliers' Association (NLF). The methodology of GFT produces emission levels that in general are lower. This is due to the fact that GFT uses a bottom-up methodology, where only direct emissions from transport activities are included. Activities that transport companies have little or no control over is not included in the GFT bottom-up approach. Examples of such activities are idling and deviation from the shortest route. The top-down approach that transport companies utilize today (including Tollpost Globe and NLF) includes all emissions, but it has no control on when and where the emissions occur. This makes it very difficult to estimate the effects of measures they want to implement as part of an environmental management system. The bottom-up methodology does not include all emissions, but the combination of top-down and bottom-up provides the opportunity to find room for improvement. As a result of lack of data, it has not been possible to validate the computed emissions and energy consumption from sea and rail transports, but tests of reasonableness have been conducted.

The implementation of a prototype of the tool in Tollpost Globe is an important part of the project. There are also other partners in the project who are considering using parts of the project results. For example, both the emission database and SEMBA can be used in emissions analysis of freight transport. They can also be further developed to become important tools among others in the transport sector, for instance in analysis conducted in the National Transport Plan. In the last part of the project period, there have been discussions about implementation, maintenance and further development of the project results. One possibility is to establish a branch network with an operating model that can continue the work when the project ends.

## 1 Innledning

Denne rapporten oppsummerer resultatene fra forskningsprosjektet Grønn godstransport. Prosjektet handler om å utvikle metodikk og verktøy for å beregne effekter av tiltak for å oppnå klima- og miljømål for transport av gods. Det første kapittelet beskriver bakgrunn og målsetting med prosjektet.

### 1.1 Bakgrunn

Klima- og miljøproblemene er noen av de største utfordringene samfunnet står ovenfor i dag. Transportsektoren er en av de store bidragsyterne når det gjelder utslipp av avgasser til luft. De samlede norske klimagassutslippene tilsvarte 53,8 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2008 i følge Klimakur (Klima og Forurensningsdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat et al. 2010). ”De tre største kildene til utslipp av klimagasser i Norge i 2008 var transportsektoren (ca. 32 prosent), petroleumssektoren (ca. 27 prosent) og industrisektoren (ca. 26 prosent)”. Fordelingen av totale klimagassutslipp fra de ulike sektorene er illustrert i Figur 1 nedenfor.



**Figur 1 Kilder til klimagassutslipp i Norge. Kilde (Klima og Forurensningsdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat et al. 2010).**

Norge skal innen 2020 redusere de globale utslippene av klimagasser tilsvarende 30 prosent av Norges utslipp i 1990<sup>1</sup>. Godstransporten står for en betydelig andel av klimagassutslippene fra transportsektoren.

Transport medfører i tillegg regional- og lokal luftforurensning. Byene plages av dårlig luftkvalitet på grunn av svevestøv (PM) og nitrogenoksid (NO<sub>x</sub>). Eksempelvis ble Bergen vinteren 2010 omtalt som ”giftbyen” på grunn av kombinasjonen av store utslipp til luft og ugunstige klimatiske forhold. Transportsektoren var her en bidragsyter, men andre kilder bidro også til forurensningen. Vedfyring er eksempelvis en kilde til mye svevestøv.

Transportbransjen opplever økt etterspørsel fra sine kunder om informasjon om miljøkonsekvenser for transport av gods. Typiske spørsmål er ”Hvor mye CO<sub>2</sub> utslipp blir det av å frakte x antall tonn gods fra a til b?” og ”Hvor mye kan jeg redusere CO<sub>2</sub>-utslippet ved å endre transportmiddelvalg

<sup>1</sup> Mål satt i Klimaforliket. I januar 2008 ble flertallet på Stortinget enige om noen hovedlinjer i den norske klimapolitikken. Denne avtalen omtales som Klimaforliket.

eller sendingsstruktur?”. Stadig flere transportbedrifter ønsker å etablere miljøregnskap som en del av bedriftens styringssystem. Ved å sette dette arbeidet i et system vil det bli enklere å sette miljømål og utrede og iverksette miljøtiltak.

For å kunne beregne miljøkonsekvenser og effekter av miljøtiltak for transport av gods med ulike transportmidler er det behov for beregningsverktøy. Mange kaller slike verktøy for miljøkalkulatorer. I 2007 ble noen miljøkalkulatorer som fantes på markedet den gang testet ut (Knudsen 2007). Hovedkonklusjonen var at kalkulatorene gav svært ulike resultater. Ulikhetene var så store at det ble antatt at de måtte være basert på ulike forutsetninger uten at de var gjort rede for. I tillegg fungerte ikke alle kalkulatorene på en tilfredsstillende måte på transportsystemet i Norge.

Med bakgrunn i dette var det behov for å utvikle metodikk og verktøy for å beregne klima- og miljøkonsekvenser av tiltak for transport av gods som også er følsom for norsk transportinfrastruktur.

## 1.2 Målsetting

Formålet med forskningsprosjektet Grønn godstransport er å gjøre godstransporten renere gjennom å utvikle opplegg for miljøregnskap i transportbedrifter, og å utvikle beregningsverktøy som støtte i dette arbeidet.

Prosjektets hovedmål er å utvikle et beslutningsstøttesystem for håndtering av miljøutfordringer for godstransporten. Delmålene som er satt for prosjektet er å:

1. Utvikle verktøy for beregning av miljøkonsekvenser av enkelttransporter
2. Utvikle støtteverktøy til bedriftens periodiske miljøregnskap
3. Utvikle forslag til rutiner/prosesser for bruk av verktøyet
4. Synliggjøre miljømessige konsekvenser av tiltak for næringslivets transport

Et grunnleggende mål med forskningsprosjekter er oppbygging av kompetanse. Som en del av prosjektet har partner Statens vegvesen gitt midler til finansiering av et doktorgradsstudium. PhD-studiet gjennomføres av sivilingeniør Tomas Levin som er tilknyttet SINTEF. Studiet gjøres ved NTNU.

## 1.3 Avgrensninger og forutsetninger

Innledningsvis hadde man en diskusjon for å avgrense prosjektinnholdet slik at det ble mulig å gjennomføre prosjektet i løpet av prosjektperioden. Dette dannet grunnlaget for videre utvikling av prosjektet. Resultatet av denne diskusjonen følger under:

- Prosjektet skal fokusere på nasjonal godstransport, det vil si transport av gods fra et sted i Norge til et annet sted i Norge. Noen slike godstransporter går med svensk jernbane opp til Narvik, og disse bør inkluderes.
- Det skal være fokus på hele transportkjeden fra dør til dør. Distribusjon (innhenting og utkjøring av gods) og fremføring (hovedetappen) blir inkludert i metodikken. Terminalleddet søkes også inkludert.

- Transportmidler som skal inkluderes er bil, tog og båt. Godstransport med fly innenlands har en marginal andel av transportarbeidet og blir derfor ikke med som en del av prosjektet. Når det gjelder båt dreier det seg om kystfrakt.
- Prosjektet skal fokusere på utslipp til luft fra transport, og både klimagasser og regionalt eller lokalt forurensende gasser skal inkluderes i beregningene.
- Energiforbruk og drivstofforbruk skal inkluderes i beregningene
- Utslipp til luft og energiforbruk skal beregnes som en direkte følge av transportaktivitet. Indirekte utslipp skal ikke beregnes, prinsippet om "tank to wheel" skal følges. Livssyklusanalyser skal ikke inkluderes i beregningene. For eksempel vil utslipp som følge av bygging av transportmidler eller drift og vedlikehold av infrastruktur ikke bli inkludert i beregningene.
- Sammensetningen av konsortiet bør være et godt utgangspunkt for å komme fram til et objektivt og nøytralt verktøy.
- Grønn godstransport skal gi transportbedriftene motivasjon til å sette seg miljømål og iverksette miljøtiltak.

#### 1.4 Begrepsavklaringer

Prosjektet handler om beregning av energiforbruk, drivstofforbruk og utslipp til luft av klimagasser og lokalt forurensende gasser. Miljøbegrepet som benyttes i rapporten vil ofte omhandle alt dette. Eksempelvis vil begrepet miljøkonsekvenser omfatte endring i utslipp av klimagasser og lokalt forurensende avgasser og endring i energi- og drivstofforbruk.

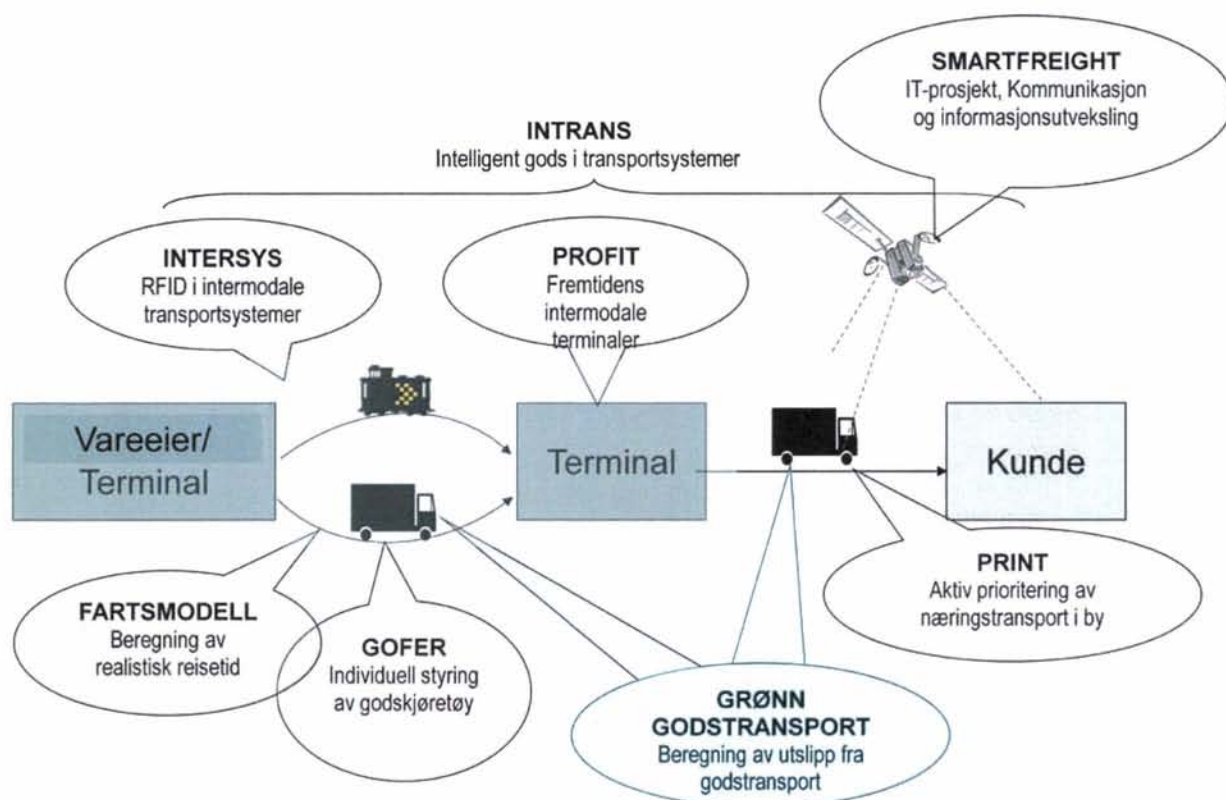
Innen miljøområdet benyttes en rekke begreper som i ulik grad er gitt en formell definisjon. Situasjonen er nok heller slik at den enkelte aktør legger det i begrepene som passer i den enkelte brukssituasjon. Relevante begreper og eksempler på beskrivelse av innhold kan i denne sammenheng være:

- **Miljøregnskap:** *Periodisk rapport (kvartal, halvår, år) som omfatter miljømessige konsekvenser av bedriftens totale virksomhet. Miljøregnskapet baserer seg på registreringer og beregninger av de ulike miljøkonsekvenser av virksomheten*
- **Miljøkalkulator:** *Beregningsystem for å fremstille tall for energiforbruk og utslipp. Verktøy for beregning av miljøkonsekvenser av enkelttransporter, som grunnlag for miljømessige optimale valg av transportløsninger. Miljøkalkulatoren kan også gi input til bedriftens miljøregnskap, enten i form av summen av beregninger for alle enkelttransporter, eller i form av resultatene fra en overordnet versjon av miljøkalkulatoren.*
- **Miljøstyring:** *Den delen av en organisasjon sitt styringssystem som benyttes til å utarbeide og iverksette dens miljøpolitikk og styre dens miljøaspekter.*
- **Miljøledelse:** *Ledelse for å hjelpe en bedrift eller organisasjon til å systematisere arbeidet med kontinuerlig miljøforbedring, gjennom planlegging, gjennomføring av tiltak, kontroll og forbedring av miljøpåvirkning*
- **Miljøindikatorer:** *Variable som beskriver energiforbruk og utslipp.*
- **Miljøstyringssystem:** *Bedriftens overordnede miljøstyringssystem, som inneholder utvikling av miljømål, implementering av tiltak og alle prosesser og rutiner for håndtering*

av miljøspørsmål. Her finner man også ulike beregningsverktøy og registreringer, samt miljøregnskapet.

### 1.5 Samvirke med andre forskningsprosjekter

SINTEF har gjennom de siste årene arbeidet med en rekke forskningsaktiviteter knyttet til næringstransport. Oversikten i Figur 2 viser sentrale prosjekter som SINTEF har gjennomført med finansiering fra Norges Forskningsråd, EU, næringslivspartnere eller offentlige etater.



**Figur 2** Forskningsaktivitet knyttet til næringstransport

Prosjektene over transportstrengen fra vareeier og terminal til kunde fokuserer på selve godset og ITS-løsninger rundt gods. Prosjektene under transportstrengen fokuserer på tilrettelegging for kjøretøy samt miljøaspektet.

Grønn godstransport har i løpet av prosjektperioden samarbeidet og utvekslet kunnskap med flere av disse prosjektene. Spesielt gjelder dette Fartsmodeillprosjektet (Tørset, Aakre et al. 2011) og PRINT-prosjektet (Tveit, Bang et al. 2011) der vi har samarbeidet om å utvikle registreringsutstyr og metodikk for bearbeiding av store mengder GPS-data.

### 1.6 Leveranser og publikasjoner

Prosjektet har hatt en rekke leveranser. De viktigste blir kort beskrevet her.

#### 1.6.1 Paper til internasjonale konferanser

Det er skrevet 4 paper som er presentert på internasjonale konferanser.

- Environmental inventory for freight transport companies. 16th ITS World Conference Stockholm: 8 (Levin, Norvik et al. 2009)
- Green Freight - Every penny counts. WCTR. Lisbon: 14. (Levin and Sund 2010)
- Greening freight – do details matter (Levin and Norvik 2010)
- A methodology for inexpensive GPS data storage and analysis. Trafikdage 2010. Aalborg. (Levin 2010)

Alle paperene er vedlagt denne rapporten.

## 1.6.2 Beregningsverktøy

Gjennom prosjektet og PhD-studiet er det utviklet en beregningskjerne for beregning av utslipp til luft og energiforbruk fra godstransport. Denne har fått navnet SEMBA (SINTEF Emission Module Based on Artemis). Når prosjektet er ferdigstilt vil SEMBA bli fritt tilgjengelig for de som ønsker å ta det i bruk. SEMBA er dokumentert gjennom programkoden.

## 1.6.3 Utslippsdatabase

Den enkleste måten å kombinere våre beregningsresultater med Tollpost Globe sine interne produksjonssystemer er via en database med ferdig beregnede utslipp. Vegdatabasen inneholder 84 kjøretøytyper, 5 utslippskomponenter for alle postnummerrelasjoner i Norge basert på vegnett og postnummerdata fra 2008. Utslipp er beskrevet som en lineær funksjon av lastgrad,  $x = \{0, 100\}$ ,  $\text{utslipp}(x) = Ax + B$ , der A og B kan hentes fra databasen. Databasen har i overkant av 700 millioner rader og er ca 100GB når den er indeksert.

## 1.6.4 Rapporter og notater

Alt arbeid i prosjektet er dokumentert i arbeidsnotater eller presentasjoner. Disse dokumentene har gitt viktige bidrag ved skriving av paper eller rapporter som er eller skal publiseres. Brukerbehovsundersøkelsen (Lervåg 2009) er dokumentert i egen rapport, se vedlegg. Sluttrapporten vil oppsummere arbeidet i prosjektet.

## 1.6.5 Presentasjoner på nasjonale konferanser og fagmøter

Prosjektet og resultater fra prosjektet er presentert på en lang rekke nasjonale konferanser og fagmøter. De viktigste er:

- Transport, miljø og forskning. Konferanse Norges Forskningsråd. 2. april 2008
- Teknologidagene. Konferanse Statens vegvesen. 6. oktober 2009
- Transport og logistikk 2009. Konferanse. 19. oktober 2009
- Miljøforum Jernbaneverket. Fagmøte. 18. november 2009
- SMARTLOG-seminar. 27. november 2009
- Transport, miljø og forskning. Konferanse Norges Forskningsråd. 31. mai 2010
- Teknologidagene. Konferanse Statens vegvesen. 12. oktober 2010
- Transport og logistikk 2010. Konferanse. 19. oktober 2010
- Frokostseminar. Statens vegvesen Vegdirektoratet. 6. desember 2010
- Avslutningsseminar. Norges Forskningsråd. 6. desember 2010.

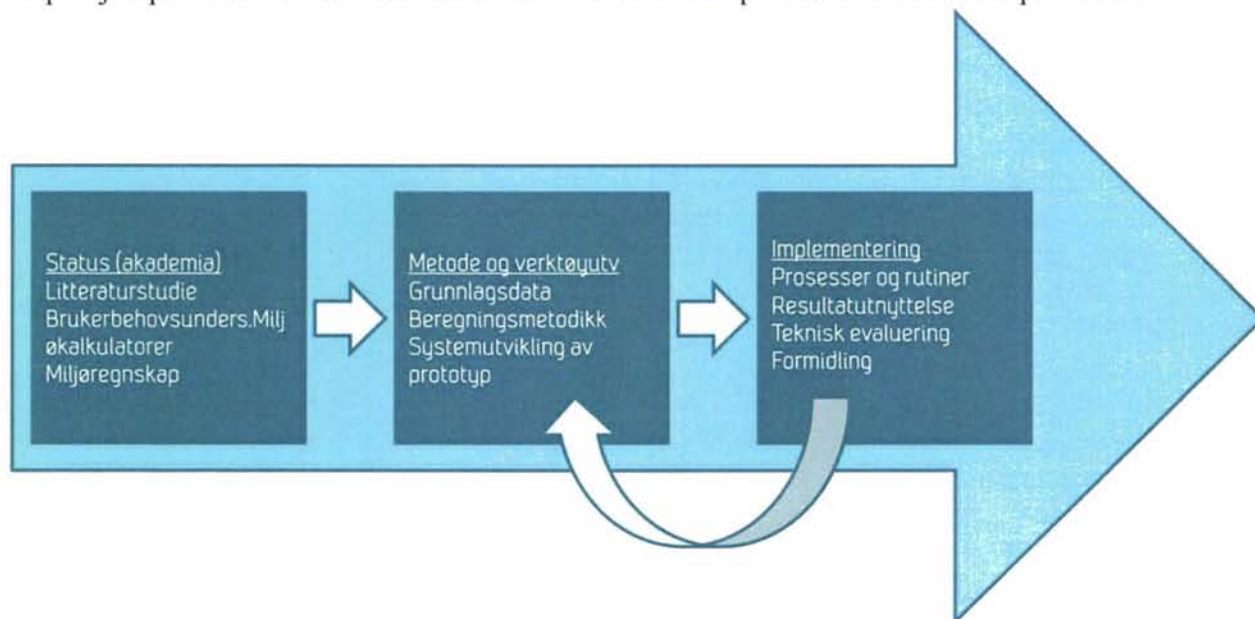
### 1.6.6 Doktorgradsavhandling

PhD-studiet vil produsere en doktorgradsavhandling som skal forsvares. Avhandlingen vil beskrive metodikk for utslippsberegning av godstransport mer detaljert og vitenskapelig enn det som gjøres i denne sluttrapporten. Planen er å levere avhandlingen til komiteén i løpet av første halvår 2011. Disputas forventes avholdt i løpet av 2011.

### 1.7 Rapportens oppbygging

Rapporten er en oppsummering av resultater fra forskningsprosjektet. Det er lagt vekt på å lage en komprimert hoveddel av rapporten. Vedleggene til rapporten inneholder utdypende informasjon, der publikasjoner som er produsert i prosjektet er lagt ved i sin helhet.

Figur 3 viser prosjektets utvikling. Første del av prosjektperioden gikk med til å skaffe oversikt over status (State-of-the-art) for kunnskap og eksisterende verktøy innenfor det fagfeltet prosjektet skulle utvikles. Statusgjennomgangen gav grunnlag for utvikling av metodikk og verktøy. Siste del av prosjektperioden har handlet om hvordan dette kan implementeres i en transportbedrift.



**Figur 3 Prosjektets utvikling i prosjektperioden**

Oppbygging av denne rapporten følger omtrent samme mal. Rapporten begynner med å beskrive resultater fra de innledende studiene som ble utført i første del av prosjektperioden. Brukerbehovsundersøkelse, litteraturstudie og gjennomgang av eksisterende miljøkalkulatorer blir kort beskrevet her. De innledende studiene danner grunnlaget for det som er utviklet av metodikk og verktøy som er beskrevet i kapittel 3-5. Disse kapitlene danner hoveddelen av rapporten. Kapittel 6 beskriver den tekniske evaluering som er gjort av beregningsverktøyet. Kapittel 7 er en oppsummering av nytten partnerne har hatt av prosjektet og hvordan resultatene tenkes implementert i egen organisasjon. Kapittel 8 beskriver videre forsknings- og utviklingsarbeid innenfor temaet godstransport og utslippsberegninger.

## 2 Innledende studier

I første del av prosjektperioden ble det gjennomført flere studier for å skaffe et grunnlag for å utvikle metodikk og verktøy. Det ble gjennomført en brukerbehovsundersøkelse, en litteraturstudie og det ble gjort en gjennomgang av eksisterende miljøkalkulatorer. Hovedresultatene fra studiene er gjengitt i dette kapittelet.

### 2.1 Brukerbehovsundersøkelse

Innledningsvis ble det gjennomført en behovsundersøkelse blant potensielle brukere av resultater fra Grønn godstransport. Behovsundersøkelsen er dokumentert i en egen rapport (Lervåg 2009) som er vedlagt denne rapporten. Under følger sammendraget fra rapporten.

#### Sammendrag

Formålet med prosjektet Grønn godstransport er å utvikle beslutningsstøttesystem for håndtering av miljøutfordringer. Hensikten med behovsundersøkelsen har vært å kartlegge følgende problemstillinger:

- I hvilken grad påvirker miljøspørsmål bedriftenes virksomhet i dag, og hvordan tror de dette vil utvikle seg de neste 10-20 årene?
- Har bedriftene miljøstyringssystem, og finnes det tilstrekkelig data, kunnskap og beregningsverktøy på dette området?
- Hvilke krav stiller bedriftene til et miljøstyringssystem og tilhørende beregningsverktøy?
- Er transportbedriftene villige til å samarbeide om miljøsatsingen?
- Hva er de viktigste barrierene for å ta i bruk mer miljøvennlige transportløsninger?

Undersøkelsen omfatter spørreundersøkelse og telefonintervju av transportbedrifter, vareeiere og relevante etater og organisasjoner. Til sammen 18 bedrifter har deltatt i undersøkelsen.

Resultatene fra undersøkelsen viser at transportbedrifter og vareeiere er opptatt av miljøutfordringer og forventer at miljøspørsmål vil få enda større fokus i framtiden. Bedriftene ønsker å framstå med miljøprofil og opplever dette som en viktig konkurransefaktor overfor kundene. Likevel stiller de fleste bedriftene seg positive til å samarbeide med andre - også konkurrenter - om videreutvikling av miljøsatsingen.

Nesten alle bedriftene som deltok i undersøkelsen har allerede tatt i bruk en eller annen form for miljøstyringssystem, og transportbedrifter og vareeiere stiller seg positive til å ta i bruk et mer omfattende system, slik det er beskrevet i denne undersøkelsen. De største barrierene for implementeringen av et slikt system i dag, er manglende datagrunnlag, at man ikke kjenner miljøeffekten av de tiltakene man iverksetter, samt at bedriftene mangler nødvendig miljøkompetanse.

Bedriftene ønsker at miljøfokus skal prege den interne bedriftskulturen og at miljøstyringssystemet blir en del av den daglige driften. For miljøregnskap og miljøkalkulatorer er det et viktig prinsipp at hver enkelt transportmiddel behandles så rettferdig som mulig, og generelt ønsker bedriftene verktøy som spenner vidt og omfatter både utslipp, energiforbruk og avfall knyttet til både godstransporten, terminaldrift og andre sider ved bedriftens virksomhet.



## 2.2 Litteraturstudie

Dette kapitlet presenterer en oppsummering av litteraturstudien som er gjennomført i prosjektet.

### 2.2.1 Historiske merkesteiner – miljøengasjement

Både samfunnets og næringslivets miljøengasjement har økt betraktelig de siste 30 årene. Noen merkesteiner er:

- Brundtland-kommisjonens rapport "Our Common Future" om bærekraftig utvikling ble publisert i 1987 (i forkant av dette arbeidet kan det også henvises til utredningen "Limits To Growth" fra 1972).
- På 90-tallet fokuserte man på lokalt miljøarbeid gjennom "Agenda 21". Dette er en handlingsplan utviklet under FN-konferansen for miljø og utvikling i Rio de Janeiro, i 1992. Planen er en utfordring til alle verdens lokalsamfunn om å handle lokalt – til å lage sin «Lokal Agenda 21» (LA 21) handlingsplan.
- Klimakonvensjonen ble etablert i 1992 og trådte i kraft i 1994 med det formålet å stabilisere konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren til et nivå som vil forhindre skadelige påvirkninger av klimasystemet.
- Kyotoprotokollen etablert av United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) ble vedtatt i 1997, og trådte i kraft i 2005. Norge er et medlemsland av protokollen og har forpliktet seg til å redusere landets klimagasser årlig (Department of Environment 2006).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007) publiserer en rapport om klimaendringer og -utfordringer, som diskuterer årsaker til økende lufttemperatur, klimagassnivå i atmosfæren og stigende havnivå. Rapporten har skapt en omfattende debatt verden over, som har påvirket klimadebatten i samfunnet og hos myndighetene.
- Klima og Forurensningsdirektoratet et al (2010) publiserte Klimakur 2020, som diskuterer tiltaksanalyser av klimagassreduksjoner for blant annet transportsektoren med tilhørende virkemiddelvurderinger og makroøkonomisk vurdering av effekt og virkemidler, samt sammenstilling av resultatene med tilhørende utslippsreduksjoner og samfunnsøkonomiske kostnader.

### 2.2.2 Krav fra myndigheter og industri

De samlede norske klimagassutslippene tilsvarte 53,8 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2008 (Klima og Forurensningsdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat et al. 2010). "De tre største kildene til utslipp av klimagasser i Norge i 2008 var transportsektoren (ca. 32 prosent), petroleumssektoren (ca. 27 %) og industrisektoren (ca. 26 prosent)". Fordelingen av totale klimagassutslipp fra de ulike sektorene er illustrert i Figur 1. Beregningene i figuren baserer seg på foreløpige utslippsberegninger fra mai 2009, som er hentet fra Statistisk sentralbyrå (Statistisk sentralbyrå 2009). Transportsektoren omfatter her både landtransport, sivil og militær luftfart, skipsfart, fiskeri og andre mobile kilder.

"Klimaforliket setter mål for Norges innsats for å redusere klimagassutslippene i Kyotoprotokollens første forpliktelsesperiode (perioden 2008–2012)<sup>2</sup> og videre fram mot 2020 og 2030" (Klima og

<sup>2</sup> Kyotoprotokollen fastsetter bindende og tallfestede utslippsforpliktelser for industrilandene for perioden 2008-2012.

Forurensningsdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat et al. 2010, s.24). I målene som er satt for å redusere klimagassutslippet fra Norge står det at ”Norge skal være et foregangsland i klimapolitikken (...) og skal overoppfylle vår utslippsforpliktelse i henhold til Kyotoprotokollen med 10 prosent. Norge skal innen 2020 redusere de globale utslippene av klimagasser tilsvarende 30 prosent av Norges utslipp i 1990. Innen 2020 skal utslippene i Norge reduseres med 15–17 millioner tonn CO<sub>2</sub> i forhold til referansebanen slik den er presentert i nasjonalbudsjettet for 2007 (St. meld. nr. 1 (2006–2007)), når skog er inkludert. (...) Norge skal ha et forpliktende mål om karbonnøytralitet senest i 2030” (Klima og Forurensningsdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat et al. 2010, s.24).

Med slike nasjonale mål, er det viktig at også transportsektoren tar et samfunnsansvar og handler for å redusere klimagassutslippet fra sektoren. Begrepet samfunnsansvar<sup>3</sup> beskriver bedrifters bærekraftige drift av selve virksomheten. I St.Meld.nr.10 (2009-2009) ”Næringslivets samfunnsansvar i en global økonomi” heter det: ”Lønnsomme bedrifter gir viktige bidrag til samfunnet. (...) bedriftene virker ikke bare i et marked. De virker også innenfor rammen av en kultur, et lokalsamfunn og et politisk system. Debatten om næringslivets samfunnsansvar handler om rollen bedriftene spiller i en slik bredere samfunnsmessig sammenheng” (Utenriksdepartementet 2009). Som et første skritt i retningen å utvikle en strategi for samfunnsansvar, kan bedrifter beregne foretakets klimagassutslipp, for å synliggjøre deres miljøpåvirkning og effekten av tiltakene som iverksettes (Department for Transport 2009).

Bedrifter får stadig større krav fra samfunnet gjennom reguleringer iverksatt av offentlige myndigheter, frittstående organisasjoner og næringen om å ta et miljø- og samfunnsansvar. Krav organisasjoner pålegger seg kan komme gjennom:

- Lover og retningslinjer, som for eksempel; regnskapsloven (omtale av ytre miljø), arbeidsmiljøloven internt arbeidsmiljø), forurensningsloven, og lov om internkontroll.
- Krav fra kunder, underleverandører og opinionen om miljøstyring, eller formulering av samfunnsansvar

Etter hvert som samfunnet, næringslivet og deres kunder sin problemoppfatning med hensyn til miljø og klima utvikler seg vil det imidlertid kunne reises spørsmål ved hvor frivillig det er å etablere miljøstyring. Tildels kan det nok tidligere ha vært en overskuddsaktivitet, på den måten at så lenge virksomheten gikk med økonomisk overskudd så kunne man bruke tid og ressurser på å dokumentere sin miljøstatus og ta mer hensyn til miljø. Denne frivilligheten er i ferd med å bli avløst av ”mild tvang”, der det å kunne dokumentere miljøstatus utvikler seg til å bli en forutsetning for å kunne være i markedet. For å nevne et eksempel, har offentlige virksomheter gjennom prosjektet ”Grønn stat” blitt forpliktet til å ha miljøledelse og et miljøstyringssystem. For private virksomheter kan etablering av miljøstyringssystem i større grad være frivillig. Organisasjoner kan motiveres til å etablere miljøstyring på grunn av:

- Konkurrans hensyn: Miljøstyring gjennom miljøstandarder, sertifiserings- og merkeordninger er i ferd med å få økt betydning som konkurransefaktor i markedet

---

<sup>3</sup> Internasjonalt betegnet som Corporate Social Responsibility (CSR).

- Mer ressurseffektiv produksjon og sparte kostnader
- Utvikling av lønnsomme styringsprinsipper innen næringslivsledelse.

Innen transport- og logistikknæringen har miljøhensyn kommet stadig lenger frem i lyset. Til en viss grad kan det sies å være konkurranse om å være ”grønnest i klassen”, da flere bedrifter ser at kunder stiller krav til sine leverandører om miljøansvar. For eksempel har man sett at samlastere stiller krav om miljøstyring i forhandlingene med sine underleverandører.

Kundene er blitt mer og mer opptatt av miljøspørsmål, og krever ofte dokumentasjon på utslipp av forurensning, både fra egen og oppdragsgivers virksomhet. Et eksempel på dette er varelevering i byer der lokale myndigheter har etablert miljøsoner og krav til utslipp fra enkeltkjøretøyer, hvor man har sett at leverandører bevisst velger transportører som oppfyller miljøkravene og kan dokumentere dette.

### 2.2.3 Omfang av miljøstyring

Etablering av et miljøstyringssystem kan være en lønnsom investering for den enkelte bedrift. God kontroll med bruk av råvarer og energi kan gi innsparinger, og gevinster i form av styrket profil og troverdig miljøstyring, for kunder, myndigheter, ansatte, aksjeeiere og allmennheten generelt.

Det tradisjonelle styringsprinsippet i næringslivet har vært knyttet til de økonomiske størrelsene. Oppfølgingen har skjedd ved hjelp av regnskapssystem, årsregnskap, eventuelt også kvartalsregnskap og årsberetning.

Miljøarbeidet innen transportsektoren involverer en rekke ulike aktører innen privat næringsliv og offentlig forvaltning, og man ser tendenser til komplekse årsak- og virkningsanalyser i dette arbeidet som må dokumenteres på en troverdig og transparent måte. For å integrere alle aktørene i miljøarbeidet, kan utvikling og bruken av internasjonale og nasjonale standarder være viktig.

Både NS-EN ISO som er utviklet av ”the International Organization for Standardization (ISO) og EUs frivillige miljøledelses- og revisjonssystem (EMAS)<sup>4</sup> er standarder bedrifter kan sertifisere sitt miljøstyringssystem etter. ISO-sertifisering og EMAS-godkjenning betyr at bedriften overholder og går lenger i sitt miljøarbeid enn det som er lovfestede miljøkrav. I et miljøstyringssystem må bedriftene sette seg miljømål, kartlegge miljømessige påvirkninger på det ytre miljø og lage en plan for hvordan de skal arbeide med miljøforbedringer. Det stilles krav til ekstern åpenhet både av NS-ISO og EMAS-forordningen.

Miljøfyrtårn<sup>5</sup> er en nasjonal sertifiseringsordning rettet mot virksomheter i privat og offentlig sektor, som tilbyr hjelp med miljøstyring av bedrifter og virksomheter. Siktemålet er å hjelpe virksomheter og bedrifter til å drive lønnsomt og miljøvennlig. Bedrifter og virksomheter som går gjennom en miljøanalyse og deretter oppfyller definerte bransjekrav, sertifiseres som Miljøfyrtårn. Miljøfyrtårn er et norsk offentlig sertifikat, som støttes og anbefales av Miljøverndepartementet.

<sup>4</sup> EMAS (Eco-Management and Audit Schemes) er EUs frivillige fellesskapsordning for miljøstyring og miljørevisjon. I Norge ble ordningen iverksatt i 1995, og tatt inn som §52c i Forurensningsloven.

<sup>5</sup> Se <http://www.miljofyrtarn.no/>

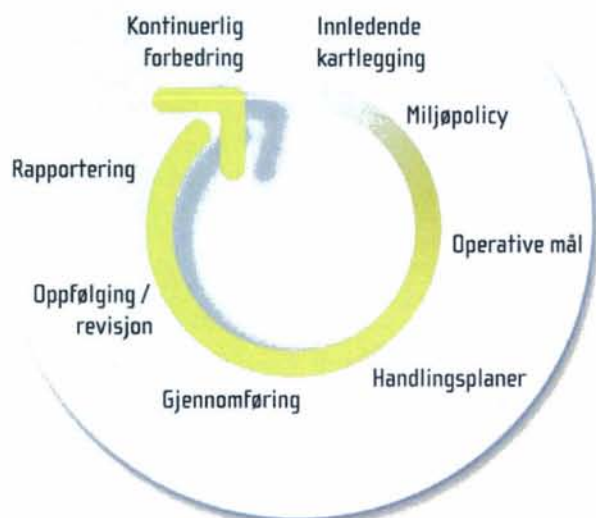
Miljøfyrtårns bransjekrav er utviklet med tanke på små og mellomstore bedrifter (SMB). Store virksomheter med komplekse miljøutfordringer anbefales å benytte NS-ISO sertifisering eller EMAS registrering. EMAS gjelder kun i EU og EØS-området og er lite kjent i andre land, mens ISO er mer kjent verden over.

ISO 14000 serien er etablert for å hjelpe virksomheter med å minimere negativ påvirkning av miljøet (med tanke på forurensing til luft, vann eller land), og til å overholde lover og reguleringer innen miljøområdet. I mange land fungerer disse standardene også som teknisk grunnlag for miljølovgivning. Eksempler på konkrete standarder under ISO 14000 er:

- ISO 14001 Miljøstyringssystemer. Spesifikasjon med veiledning
- ISO 14004 Miljøstyringssystemer. Generelle retningslinjer om prinsipper, systemer og understøttende teknikker.
- ISO 14020 Miljømerker og deklarasjoner. Generelle prinsipper.
- ISO 14021 Miljømerker og deklarasjoner. Egendeklarerte miljøpåstander
- ISO 14031 Evaluering av miljøprestasjon - Retningslinjer
- ISO 14040 Miljøstyring. Livsløpsvurdering. Prinsipper og rammeverk
- ISO 14064 Klimagasser. Spesifikasjon med veiledning på organisasjonsnivå for kvantifisering og rapportering av utslipp og fjerning av klimagasser

”Hensikten med standarder som dekker miljøstyring, er å gi organisasjoner elementene i et miljøstyringssystem som virker, og som kan integreres med andre krav til styring og bidra til at organisasjoner oppnår miljømessige og økonomiske mål. Det er ikke meningen at disse standardene, eller andre standarder, skal brukes for å skape handelshindringer eller for å øke eller endre en organisasjons juridiske forpliktelser” (Standard Norge 2004).

Syklusen for miljøarbeidet som det legges opp til i NS-ISO 14001 og EMAS er vist i Figur 4 nedenfor.



**Figur 4 Syklusen for miljøledelse. Kilde: (Miljøverndepartementet 2005)**

Miljøstyringssystemet består av kartlegging, utarbeidelse av miljøpolicy og operative miljømål, utforming av handlingsplan for hvordan målene kan nås, gjennomføring og til slutt rapportering av resultater. Veilederen påpeker at et viktig moment ved innføring av miljøledelse er at det gjennomføres en årlig revisjon av miljøvernarbeidet. Det legges dermed til rette for kontinuerlige forbedringer. Ringen kan sees som en fremtidsrettet spiral med stadig nye muligheter til miljømessige forbedringer. Dette innebærer blant annet etablering av indikatorer som gjør det mulig å måle forbedring. Måling og vurdering av resultater gir muligheter for å justere eller legge til mål og tiltak, for på den måten "å klatre oppover" i styringssløyfen med stadig forbedret miljøstatus som resultat.

Grønn godstransport diskuterer miljøstyringssystemer for beregning av utslipp og energiforbruk. En av partnerbedriftene i prosjektet har implementert 14001 i sin organisasjon. Derfor vil denne rapporten se på ISO 14001.

### ISO 14001

ISO 14001 (2004) definerer miljøstyringssystem<sup>6</sup> som den delen av en organisasjons styringssystem som benyttes til å utarbeide og iverksette dens miljøpolitikk og styre dens miljøaspekter<sup>7</sup>. Det kan være et system med et sett av samvirkende elementer brukt til å fastsette politikk og mål og til å oppnå disse målene. Et miljøstyringssystem omfatter organisasjonsstruktur, planlegging, ansvar, praksis, prosedyrer, prosesser og ressurser (Standard Norge 2004). Dette kapittelet vil ikke gjengi ISO 14001, men uttrykke hovedprinsippene i standarden.

Et typisk trekk ved miljøstyringssystemer er at det legges opp til en kontinuerlig prosess, ganske likt en rullerende planleggings- og implementeringsprosess. NS-ISO 14001 standarden er basert på metoden som er kjent som Planlegg-Utfør-Studer-Iverksett (Plan-Do-Check-Act, PDCA-modellen) og kan i korthet beskrives slik (Arveson 1998):

- *Planlegg: fastsett de mål og prosesser som er nødvendige for å levere resultater i henhold til organisasjonens miljøpolitikk.*
- *Utfør: gjennomfør prosessene.*
- *Studer: overvåk og mål prosessene mot miljøpolitikk, miljømål, miljødelt mål, lovbestemte og andre krav, og rapporter resultatene.*

<sup>6</sup> Environmental management system (EMS)

<sup>7</sup> Et miljøaspekt er del av en organisasjons aktiviteter, produkter eller tjenester som kan innvirke på miljøet.

- *Iverksett: gjennomfør tiltak for kontinuerlig forbedring av miljøstyringssystemets prestasjon*

Det er viktig at miljøstyringssystemet forankres i bedriftens ledelse og styrende organ for at lovbestemte krav kan overholdes og andre krav til forebyggende forurensningsarbeid og kontinuerlig forbedring kan iverksettes.

*Miljøpolitikken danner grunnlaget for organisasjonen når den skal fastsette sine mål og delmål. Miljøpolitikken bør periodevis gjennomgås og revideres for å ivareta endrede forhold og ny informasjon. Dens anvendelsesområde (dvs. omfang) bør være klart identifiserbart og bør gjenspeile den nøyaktige typen, størrelsesorden og miljøpåvirkning av aktivitetene, produktene og tjenestene innenfor det fastsatte omfanget av miljøstyringssystemet” (Standard Norge 2004).*

En slik systematisk angrepsmåte hvor det fastsettes mål for arbeidet, ulike tiltak prioriteres og resultater synliggjøres, går ofte under betegnelsen miljøledelse.

Som nevnt, har en av partnerbedriftene allerede implementert ISO 14001 for miljøstyring. De færreste har iverksatt ISO 14064 som gir retningslinjer for hvilke prosessstrinn som skal gjennomføres når en organisasjon utvikler og gjennomfører miljøregnskap.

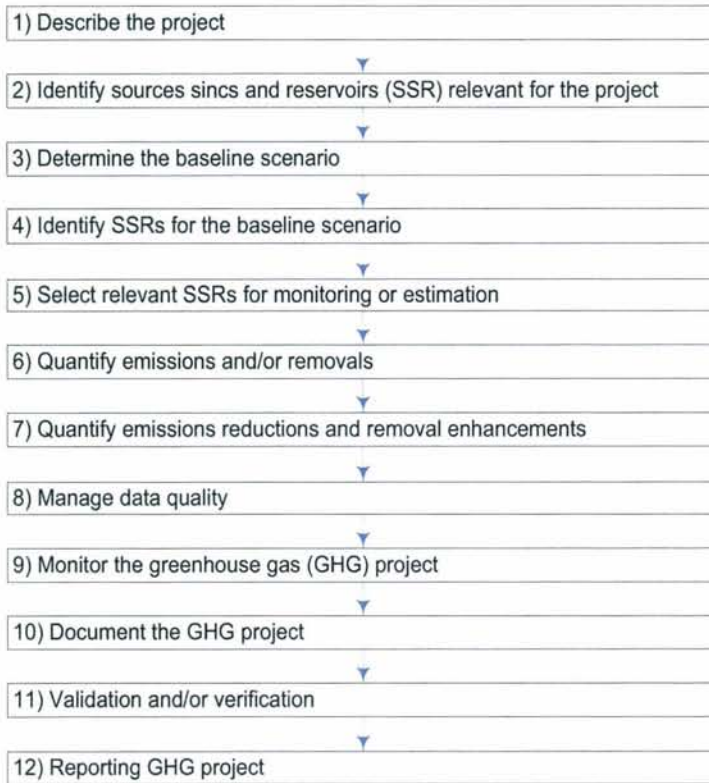
## **ISO 14064**

Hensikten med dette kapitlet er å presentere et forenklet bilde av hvilke prosesser som skal gjennomføres og dokumenteres for å få miljøregnskapet ISO 14064 sertifisert. Rammeverket som er presentert i ISO 14064 standarden er forenklet slik at rammeverket enkelt kan implementeres i bedrifter og brukes i samsvar med bedriftens miljøstyringssystem. ISO 14064 standarden består av tre deler:

- 1) *ISO 14064 Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting greenhouse gas emissions and removals (International Organization for Standardization 2006).*
- 2) *ISO 14064 Greenhouse gases – Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements (International Organization for Standardization 2006).*
- 3) *ISO 14064 Greenhouse gases – Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions (International Organization for Standardization 2006).*

ISO 14064 del 1, beskriver hvordan en bedrift kan designe og utvikle klimaregnskap. ISO 14064 del 2, gir retningslinjer på prosessstrinnene som skal følges når en bedrift eller organisasjon beregner sine klimagassutslipp og beskriver hvilke krav bedriften bør oppfylle for å få sitt miljøstyringssystem ISO godkjent. ISO 14064 del 3, er en guide som beskriver verifikasjonsprosessen for dem som skal verifisere miljøstyringssystemet. Standarden betegner klimagassutslipp for ”greenhouse gasses (GHG)” og gjelder for beregning av alle typer utslipp, både ”lokale og globale” utslipp.

For å oppnå ISO sertifisering av organisasjoners miljøstyringssystem, skal prosessstrinnene i Figur 5 inngå i planleggingen og implementeringen av miljøberegningen i miljøstyringssystemet.

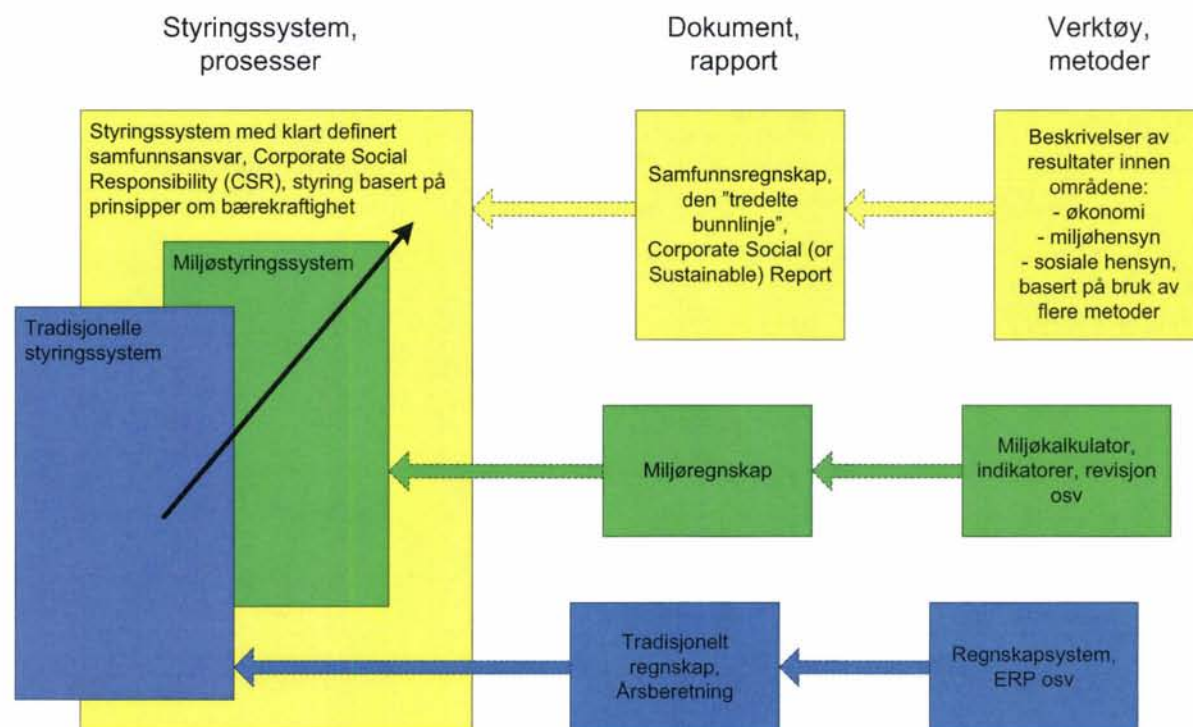


**Figur 5** Prosesstrinnene som skal gjennomføres når man utvikler og implementerer et klimagassprosjekt i henhold til ISO 14064 standarden.

Punktene 1 til 7 inngår i planleggingsfasen av miljøstyringssystemet og skal dokumenteres, mens trinnene 6 til 12 gjennomføres i henhold til ISO 14064 standarden for å oppnå sertifisering av miljøstyringssystemet/ klimakalkulatoren. Prosesstrinnene i Figur 5 er beskrevet mer i detalj i Vedlegg 6.

## 2.2.4 Et integrert miljøstyringssystem

Gjennom den stadig stigende erkjennelsen av klimaproblemene, sammen med en større samfunnsmessig bevissthet i forhold til miljøproblemer generelt, har begreper som samfunnsansvar, tredelt bunnlinje og etiske hensyn i forretningsdrift, utviklet seg. På denne måten har også politiske myndigheter og samfunnet som helhet i større grad bidratt til å prege hvilke styringsprinsipper som har utviklet seg innen næringslivet. Denne utviklingen, med utgangspunkt i det tradisjonelle styringssystemet, er illustrert i Figur 6.



**Figur 6 Utvikling fra det tradisjonelle styringssystemet**

Figur 6 illustrerer bedrifters styringssystem som kan endres fra å håndtere økonomiske faktorer, til å bli et integrert system som håndterer både miljøregnskap og miljøhensyn, økonomiske faktorer, og sosiale faktorer som dokumentasjon av arbeidsmiljø og helse, miljøstatus inkludert ressurs- og råvareuttak, samt sosiale og samfunnsmessige virkninger. De blå boksene i figuren viser hva som har inngått i tradisjonelle styringssystemer. De grønne boksene illustrerer hva som kan legges til et tradisjonelt styringssystem med grønn godstransport, mens de gule boksene illustrerer hva som kan inngå i et integrert styringssystem. Som det fremgår av Figur 6 innebærer dette både nye systemer, nye dokumentasjonsrutiner og rapporteringsformer, samt nye støtteverktøy. Fokuset i denne rapporten er de grønne boksene, hvordan utvikling av miljøregnskap, miljøkalkulator og indikatorer som kan implementeres i godstransportbedrifters styringssystemer.

Samtidig som miljøregnskapet integreres som en del av bedriftens miljøstyringssystem, kan rutinene og prosessene anbefalt av ISO 14001 og ISO 14064 implementeres i bedriften og styringssystemet for å få miljøstyringssystemet ISO sertifisert.

## 2.2.5 Miljøregnskap for godstransportbedrifter

Det er en rekke bedrifter og organisasjoner som beregner klimagassutslipp fra sine aktiviteter. Når man beregner klimagassutslipp får man synliggjort hvor det er størst potensial for å redusere klimagassutslippet og dermed hvor det er størst potensial for å redusere kostnader fra energiforbruket. Det er stadig flere kunder som etterspør tjenester hvor de får opplysninger om produktene og tjenestenes klimagassutslipp. Dette har resultert i et behov for å utvikle miljøstyringssystemer som kan beregne klimagassutslipp for produkter, tjenester og organisasjoner. Noen organisasjoner har sett verdien av å ha et ISO sertifisert miljøstyringssystem for beregning av klimagasser. ISO sertifiserte klimakalkulatorer kan være med å sikre transparente beregninger og resultater fra klimakalkulatoren, noe som kan skape større troverdighet i samfunnet.



Innen transport og logistikk vil det være et skille mellom de store og de mindre virksomhetene med tanke på aktualiteten av å etablere miljøstyring. Den enkelte virksomhet må finne frem til et passende omfang og nivå på styringssystemet (utover de økonomisk og lovmessige nødvendige dokumentasjonstema). Alle bedrifter bør ta et miljøansvar for egen drift og aktiviteter. Det sier seg selv, at transportbedrifter av mindre størrelse og med færre aktiviteter kan ta et noe mindre omfattende miljøansvar enn større transportaktører som har flere aktiviteter.

Hvilke faktorer det er viktig å inkludere i et miljøstyringssystem kan diskuteres. I prosjektet er det gjennom diskusjoner foreslått at transportbedrifters miljøstyringssystem bør ta hensyn til type produksjon, energiforbruk og utslipp til luft. Tabell 1 illustrerer hva som ligger i hvert av disse begrepene.

**Tabell 1 Grønn godstransport-relatert innhold i et miljøregnskap for transportbedrifter**

Miljøaspekt	Nivå 1: Enkeltransport Analyser og tiltak	Nivå 2: Et tidsrom (f.eks. 1 år) Rapportering
Produksjon	Transportert godsmengde (tonn) Transportarbeid (tonnkm) Antall løft og omlastinger	Transporterte godsmengder Antall sendinger Transportarbeid, eventuelt fordelt på lasttype, lastbærere og transportmidler
Energiforbruk	Energiforbruk, fordelt på fornybare energikilder og kilder som gir klimagassutslipp	Energiforbruk, fordelt på fornybare energikilder og kilder som gir klimagassutslipp
Utslipp til luft 1 - klimagasser - Utslipp på transportstrekning - Utslipp fra terminalvirksomhet	Klimagasser (globalt); CO <sub>2</sub> -utslipp	Klimagasser (globalt); CO <sub>2</sub> -utslipp
Utslipp til luft 2 - miljøgasser - Utslipp på transportstrekning - Utslipp fra terminalvirksomhet (faktor eller enkeltutslipp gradert etter terminaltype)	Luftforurensning (lokalt og regionalt); NO <sub>x</sub> , PM, THC, CO, SO <sub>2</sub>	Luftforurensning (lokalt og regionalt); NO <sub>x</sub> , PM, THC, CO, SO <sub>2</sub>

Tabell 1 illustrerer hvilke faktorer som bør vurderes i godstransportbedrifters miljøregnskap. Tabellen skiller mellom data som bør inngå og visualiseres for analyser og tiltak av enkeltransporter og hvilke som bør inngå i periodisk rapportering i et miljøregnskap. Faktorene legger et grunnlag for å kunne gjøre vurderinger om hvor bedriften kan eller bør innføre tiltak og endringer for å bli mer miljøvennlig.

For produksjon påpekes det at utslippet fra bedriften bør beregnes for aktiviteter, slik at endringer i klimagassutslippet kan måles på et detaljert nivå, for spesifikke transportstrekninger, kjøretøy ol. For energiforbruk påpekes det at transportbedrifter bør ha data på hvilke type energi som benyttes av bedriftens aktiviteter, som er avgjørende for å beregne nøyaktig gassutslipp. Det kan også være viktig at en miljøkalkulator skiller mellom "klimagasser" og "miljøgasser" da klimagasser er utslippet som forårsaker klimaendringer, mens miljøgasser påvirker det lokale miljøet (planter, dyr og mennesker). Når en bedrift ønsker å iverksette tiltak for å bli mer miljøvennlig, kan en ved å

skille på disse faktorene ha større muligheter for å iverksette ”rett” tiltak for å oppnå ønskede endringer og resultater fra tiltakene.

Siden utformingen av miljømål og resultatene i miljøregnskapet må relateres til produksjonen bør det kunne hentes ut relevante produksjonsdata fra transportbedriften. Eksempler på slike typer data er:

- For den enkelte godstur trenger man informasjon om:
  - Godsmengde (vekt og volum)
  - Lastbærer, type transportmiddel, motortype
  - Informasjon om hvor godset fraktes fra og til (for eksempel postnummer)
  - Transportmidler som er benyttet
  - Forsyningskjeden (som grunnlag for vurdering av eksponering av miljøaspekter)
  - Kapasitetsutnyttelse – gods som fraktes sammen i transportmiddel/ konteiner
- Omplussing
  - Frakt av tomme konteinere (fra / til og rute)
  - Ad-hoc turer og retur av disse
- Energiforbruk for terminaler
  - Totalt energi forbruk
  - Produksjon
  - Fordeling mellom produksjonsavhengig og –uavhengig energiforbruk.

## 2.3 Beregningsmetodikk

### 2.3.1 Top-down versus Bottom-up

Klimagassutslipp kan beregnes ved å benytte en ”top-down” - og en ”bottom-up” tilnærming.

Med en top-down tilnærming er det vanlig å benytte årlige input data eller gjennomsnittstall i beregningene, slik at man beregner tilnærmet og gjennomsnittlig klimagassutslipp for en aktivitet som for eksempel: en transportrute, en sending, et varelager eller liknende. Data som benyttes i en top-down metodikk kan for eksempel være totalt drivstofforbruk eller totalt energiforbruk (eksempelvis kilowatttimer (kWh)) over en definert tidsperiode. En fordel med top-down tilnærmingen er at den kan være enklere for transportbedrifter å benytte, da bedriftene ikke trenger oppdaterte og nøyaktige data til sin klimakalkulator, men kan basere klimaregnskapet på tall som allerede finnes i årsrapporten. En svakhet med denne tilnærmingen er at klimakalkulatoren vil estimere klimagassutslipp som verken er nøyaktig eller riktig. Det er også vanskelig å finne tiltak og vurdere konsekvensene dersom de ikke påvirker produksjonen.

I kontrast til top-down tilnærmingen, vil en bottom-up tilnærming gi mer nøyaktige klimagassutslipp. Med en bottom-up tilnærming benyttes spesifikke og oppdaterte data fra de aktivitetene man ønsker å måle klimagassutslippet fra. Spesifikke og oppdaterte data kan være faktisk drivstofforbruk, faktisk antall kilometer (km) sendingene er transportert, spesifikke omregningsfaktorer til kjøretøyet som frakter godset, faktisk lastmengde på bilen og strekningen godset er transportert. En fordel med denne tilnærmingen, er at nøyaktig klimagassutslipp fra aktivitetene beregnes, noe som kan skape troverdighet i samfunnet og industrien. En ulempe med

bottom-up tilnærmingen, er at det krever mer av bedriftene med hensyn på innsamling av data (Piecnyk 2010).

### 2.3.2 Beregning av klimagassutslipp

Klimagassutslipp beregnes ved å multiplisere ”aktivitets data” som for eksempel: masse/ drivstofforbruk/ volum/ kWh/ eller km med relevant utslippsfaktor (Intergovernmental Panel on CLimate Change 1997; Bang, Flugsrud et al. 1999; World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development 2005; International Organization for Standardization 2006; World Resource Institute and World Business Council for Sustainable Development 2007; British Standards Institution, Carbon Trust et al. 2008; Department for Environmental Food and Rural Affairs 2008; Department for Environmental Food and Rural Affairs 2008; Freight Best Practice, Act on CO<sub>2</sub> et al. 2009). Hvilken utslippsfaktor som benyttes avhenger av hvilke aktivitetsdata som benyttes i beregningene. I ethvert tilfelle skal den mest relevante og oppdaterte utslippsfaktoren benyttes. I Tabell 2 nedenfor vises et eksempel på utslippsfaktorer fra Klima- og Forurensningsdirektoratet (2010) som kan benyttes til å beregne klimagassutslipp.

**Tabell 2 Eksempler på utslippsfaktorer (Klima - og Forurensningsdirektoratet 2010)**

Energibærer	Utslippsfaktor
Bensin	2,316 kg CO <sub>2</sub> per liter
Diesel	2,663 kg CO <sub>2</sub> per liter
E85 Bioctanol	0,347 kg CO <sub>2</sub> per liter

Tabellen over illustrerer hvilke utslippsfaktorer Klima- og Forurensningsdirektoratet foreslår å benytte når man beregner CO<sub>2</sub>-utslipp for biler som benytter diesel eller bensin. Andre utslippsfaktorer benyttes der det er ønskelig å beregne lokalt og regionalt forurensende gasser som for eksempel NO<sub>x</sub> eller SO<sub>x</sub>. Formelen under viser hvordan man beregner klimagassutslipp. Faktorer for beregning av CO<sub>2</sub> utslipp er benyttet som gjennomgående eksempel i dette underkapittelet.

#### Formel: Beregne klimagassutslipp

Klimagassutslipp = Aktivitetsdata \* Utslippsfaktor  
 (gram, kg, tonn (l/mil, kWh, km, etc.) (eks. kg CO<sub>2</sub>/l)  
 CO<sub>2</sub>-utslipp)

Klimagassutslipp skal uttrykkes som CO<sub>2</sub>e. Klimagassutslippet omgjøres til CO<sub>2</sub> ekvivalenter (CO<sub>2</sub>e) ved å multiplisere klimagassutslippene med relevant ”Global Warming Potential (GWP)” faktor. Gjeldene omregningsfaktorer ble gitt i Kyotoprotokollen og verdien kan hentes fra IPCC Second Assessment report, se vedlegg 7.

### 2.3.3 Viktig funn i litteraturen - ARTEMIS

Det er et tydelig fokus i Europa på å finne en omforent metodikk for beregning av utslipp. ARTEMIS er en forkortelse for ”Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems” og er et stort forskningsprosjekt i EU som startet i 1999. Sluttrapporten ble levert i 2007(Boulter and McCrae 2007). ARTEMIS tar for seg utslipp fra transportere på veg, sjø, bane og luft. ARTEMIS er et særdeles veldokumentert forskningsprosjekt der utslippsfunksjoner og

parametere er publisert. For tyngre næringstransport på veg er det presentert over 11 000 utslippsfunksjoner. Et av sluttresultatene fra ARTEMIS er en database som lar land etablere utslippsregnskap for nasjonen. I prosjektet har vi hentet delresultater fra ARTEMIS prosjektet som er brukt som beregningsrutiner. Funksjoner i ARTEMIS kan beregne utslipp basert på topografi og hastighet. ARTEMIS-funksjonene for tyngre nyttekjøretøy har egne funksjoner for NO<sub>x</sub>, HC, PM og drivstofforbruk. Dette gjør at utslippskomponenter som er relatert til motorens ytelse blir bedre representert enn dersom man bruker faktorer for utslipp. Omregning fra drivstoff til CO<sub>2</sub> gjøres via anerkjente faktorer som de listet i tabell 2.

## 2.4 utfordringer med eksisterende miljøkalkulatorer

Det finnes en rekke utslippskalkulatorer på markedet. Ved en enkel test av disse kalkulatorene fikk man svært forskjellige svar (Knudsen 2007). Årsakene til at beregningsresultatene blir såpass forskjellig ligger gjerne i forutsetninger og antagelser. En utfordring med miljøkalkulatorer er at man må kombinere utslippsfunksjoner med grunnlagsdata. Dersom det er feil i utslippsformlene eller grunnlagsdata vil beregningsresultatene bli påvirket.

I en av arbeidspakkene i prosjektet ble noen typiske kalkulatorer prøvd ut på konkrete relasjoner i Norge. Disse var:

- EcoTransIT
- NTM-Calc
- ITD Emission Calculator og OMIT
- Schenker
- Tollpost Globe
- Vestlandsforskning

Det ble tidlig klart at den kalkulatoren som hadde en automatisk rutine for ruteberegning hadde problemer med norske infrastrukturbeskrivelser. Den ufullstendige infrastrukturen førte til at det ble beregnet ulogiske ruter som sjelden eller aldri ville ha blitt valgt i virkeligheten.

En annen utfordring med kalkulatorene er at de er laget for å være enkle å bruke, de har derfor forsøkt å generalisere en rekke egenskaper som er knyttet til transportene. I praksis synes det å ha vært et ønske om å komme ned til en utslippsfaktor som er avhengig av tonn og kilometer. Slike forenklinger vil gi begrensede muligheter til å se på tiltak som for eksempel rutevalgsendringer. En annen stor ulempe er at man må anta utnyttelsesgrader for kjøretøy eller bruke anbefalte verdier.

Fordelen med verktøyene er at de blir enkle å bruke og man kommer raskt til et svar, men svarene er relativt uavhengig av infrastrukturbeskrivelsene hvis man ser bort fra distanse. Svarene som kommer fra verktøyene vil derfor være generelle for større områder, og man får utfordringer om man skal se på enkelttransporter.

Gjennom prosjektet har vi også fått innsyn i Klima og miljø, som er Norges Lastebileier-Forbund (NLF) sitt system for miljøovervåking. I dette systemet rapporterer sjåfører og selskap inn drivstofforbruk og antall kjørte kilometer. Basert på drivstofforbruk og kjørte kilometer beregnes utslipp ved bruk av drivstoffbaserte utslippsfaktorer. NLF sin metode er en top-down tilnærming der totaltallet for det som måles er riktig. Når det kommer til tiltak for å redusere utslippene så er

det begrenset med støtte i NLF sitt system. I all hovedsak vil man kunne bruke en indeks som består av forbrukt drivstoff og antall kilometer kjørt.

Gjennomgangen av miljøkalkulatorene har gitt nyttig kunnskap rundt utforming og typer grensesnitt brukere forventer. Dokumentasjonen som har fulgt med miljøkalkulatorene har også vært nyttig i forhold til å finne faktorer som man kan vurdere beregningsresultater mot.

## 2.5 Oppsummering

De innledende studiene har gitt et viktig grunnlag for videre utvikling av prosjektet.

Brukerbehovsundersøkelsen viser at miljøforhold vil få økt fokus hos transportbedriftene og vareeierne, og de fleste stiller seg positive til å ta i bruk et mer omfattende miljøstyringssystem framover. De største barrierene for å ta i bruk et mer omfattende system er manglende datagrunnlag, at man ikke kjenner miljøeffekten av tiltak og at det er manglende miljøkompetanse i bedriftene.

Litteraturstudien har gitt bakgrunnsinformasjon om miljøengasjementet de siste 30 år, drøfter krav fra myndigheter og industri og ser på omfang av miljøstyringssystem med hovedvekt på ISO-sertifisering. Utviklingen av miljøstyringssystem mot corporate social responsibility (CSR) drøftes og forslag til hva Grønn godstransport skal bidra med som input til miljøregnskap presenteres.

Det finnes 2 overordnede måter å beregne utslipp på, top-down og bottom-up. Styrken ved top-down-analyser er at det er relativt enkelt å etablere og bruke utslippsfaktorer i slike analyser. Bottom-up er mer egnet til analyser av enkelttiltak der man har mer kunnskap om transportene. I Grønn godstransport-prosjektet er bottom-up tilnærmingen valgt siden det var et ønske om å se på hva enkeltfirma kan gjøre for å redusere sine utslipp.

Det Europeiske forskningsprosjektet ARTEMIS er en sentral kilde for metodikk og parametre. Gjennom studiet av eksisterende kalkulatorer har man dannet seg et bilde av styrker og svakheter ved eksisterende beregningsmetodikk og verktøy.

### 3 Grønn godstransport – beregningsverktøy

Dette kapittelet beskriver utslippsberegningemetodikken og valgene som ble gjort i systemeringsfasen av prosjektet. Mye av innholdet henger sammen med PhD-studiet som utføres i forbindelse med prosjektet. Doktorgradsavhandlingen vil inneholde utdypende informasjon om detaljer i metodikk og verktøy.

#### 3.1 Innledning

Gjennom litteraturstudiet er det funnet en rekke nyttige kilder til utslippsberegningemetodikk. I prosjektmålene ligger det klare styrende utsagn i forhold til valg av overordnet metodikk. Dette knytter seg til delmål 1 og 4.

1. *Beregning av miljøkonsekvenser av enkelttransporter*
4. *Synliggjøring av miljømessige konsekvenser av tiltak for næringslivets transport*

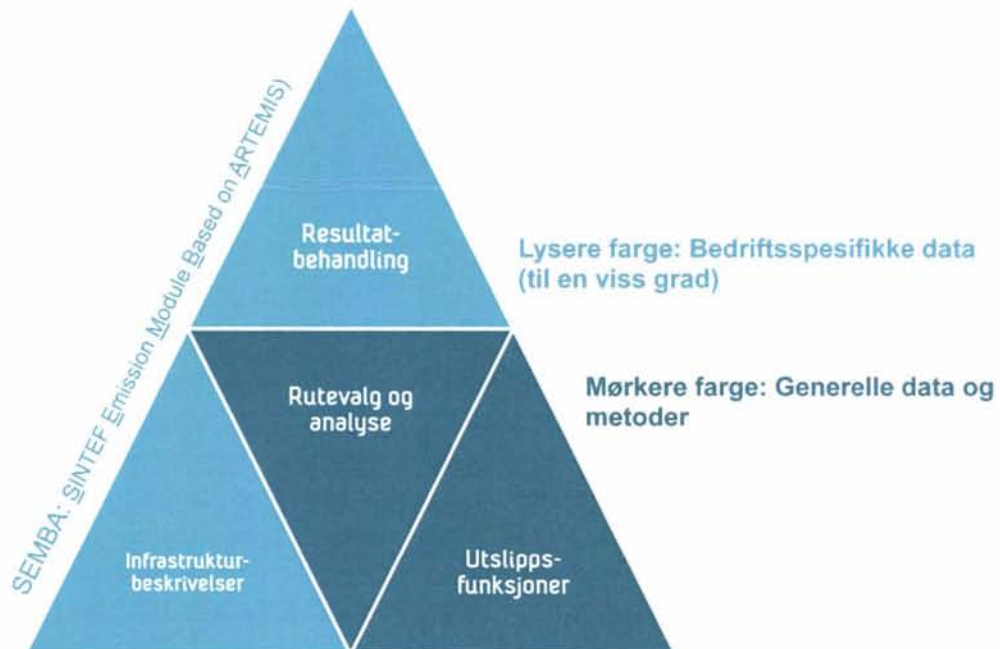
Disse to delmålene krever en annen tilnærming til utslippsberegninger enn den som er brukt tidligere. Eksisterende utslippsberegninger baserer seg ofte på en top-down tilnærming. Der samles det inn totalsummer for forbrukt drivstoff og så fordeles dette etter en rekke antagelser. Dette gir gjennomsnittsbetraktninger der alle ukjente faktorer ligger inne. I top-down metodikken vil alle leddene være med, mens i bottom-up metodikken vil bare de elementene som innebærer transport av godset være med.

Brukerbehovsundersøkelsen viste at en av de største barrierene mot å ta i bruk mer omfattende miljøstyringssystem var at man ikke kjenner miljøeffekten av de tiltak man iverksetter. Ønsket fra prosjektgruppa var at effekten av tiltak skulle vises og kvantifiseres. Da må man bruke en bottom-up tilnærming for å kunne skille mellom enkeltbidragene og beregne konsekvensene av dem. Dette vil også kreve tettere oppfølging fra transportørene da de må kunne beskrive hele transportkjeden for å kunne få på plass alle aktivitetene.

Det 4. delmålet var at det skulle være mulig å beregne konsekvenser av tiltak som transportørene selv kan gjennomføre. I praksis betyr dette at transportinfrastrukturens geometriske utforming har betydning, og at rutevalg og fartsvalg er sentrale stikkord for størrelsen på utslipp. Å kjøre i et område som er relativt flatt kontra i et område som er kupert vil ha stor betydning. Det er heller ikke slik at den ekstra energien man bruker på veg oppover en bakke gjenvinnes på veg ned igjen (Hassel and Weber 1997).

#### 3.2 Beregningsmetodikk

For å kunne bruke de detaljerte utslippsfunksjonene som er beskrevet over må man ha gode inndata. Det vil også alltid være en utvikling av utslippsfaktorer etter hvert som nye transportteknologier blir tilgjengelig. Dette førte til at det ble etablert et beregningsrammeverk som er fleksibelt, slik at vesentlige endringer i infrastruktur eller teknologi kan implementeres. Kjernen i et slikt beregningsoppsett er bruken av geografiske informasjonssystem (GIS) til dataforvaltning og analyse. GIS brukes i dette prosjektet til å bygge transportnettverk og til å gjøre analyser av nettverket.



**Figur 7 Rammeverk for estimering av utslipp (SEMBA)**

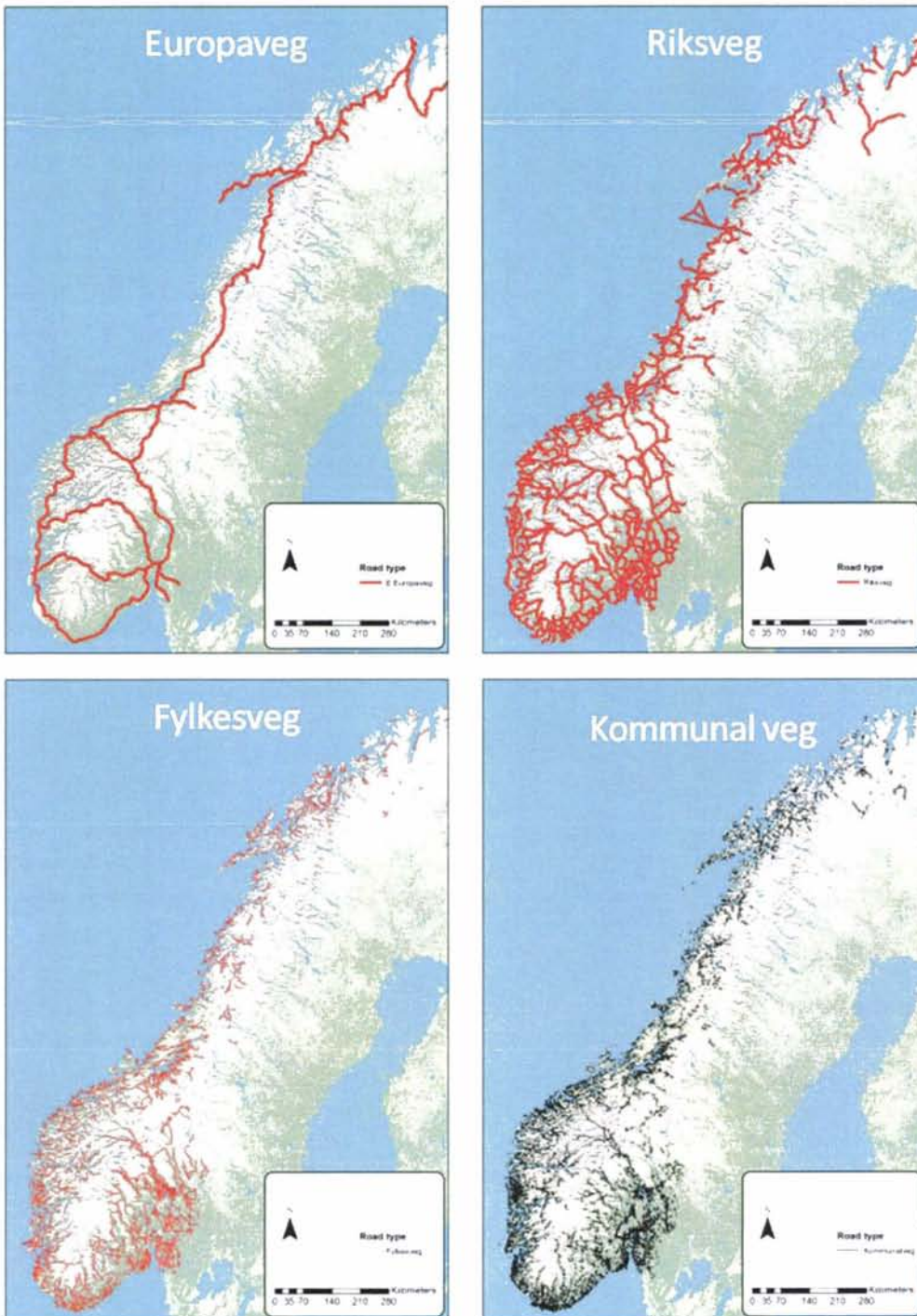
Figur 7 viser en skjematisk framstilling av beregningsmetodikken. Hele metodikken består av fire deler: infrastrukturbeskrivelser, rutevalg og analyse, utslippsfunksjoner og resultatbehandling. Hvert av disse elementene presenteres i de neste kapitlene.

### 3.3 Infrastrukturbeskrivelser

For å kunne bruke detaljerte utslippsfunksjoner settes det krav til inndata. Inndata må inneholde data om de aktuelle verdiene og ha god nok kvalitet. For en detaljert gjennomgang av data og datakvalitet henvises det til PhD'en som er en del av prosjektet.

#### 3.3.1 VEG

For vegnettet er alle europaveger, riksveger, fylkesveger og kommunale veger tatt med. Totalt blir dette over 570 000 veglenker. Detaljeringsgraden overstiger den som er i bruk i de nasjonale transportmodellene da alle kommunale veger er med her. I prosjektet ble Elveg 2008-versjon benyttet, se Figur 8.



Figur 8 Vegnettet er et ELVEG 2008-datasett. Vegkategoriene som er med i nettverket er vist i kartene.

### Topologi

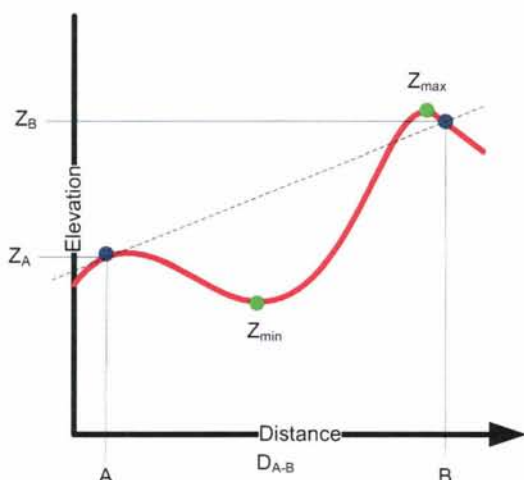
Utfordringen med Elveg er at vegnettet ikke nødvendigvis er topologisk riktig. I et topologisk riktig vegnett henger alle veger sammen der de skal henge sammen. Elveg 2008 er topologisk korrekt ned til 10 centimeter, men dersom linjer som skal henge sammen ligger mer en 10 cm fra hverandre får



man brudd i vegnettet. Europavegene ble gjennomgått for å finne eventuelle avvik i forhold til sammenhengene topologi.

## Stigninger

Stigninger ble gjennomgått og systematiske og grove feil ble rettet. Undersjøiske tunneler som ikke krysser kommunegrenser vil sjelden ha en lenkedeling i bunnen av tunnelen. Dette fører til at stigningene blir feil. Alle undersjøiske tunneler ble gjennomgått og delt ved behov. Det er også systematiske feil der kommunale veger møter riksveger og den kommunale vegen ikke har kodet inn høydeverdier. Da kan man få beregnet svært kraftige stigninger. I SEMBA er det lagt inn en stigningsbegrensning på 12 %. Denne vil trå i kraft om lenker med ekstreme stigninger blir beregnet. Det er ikke gjort forsøk på å manuellkorrigere korte lenker med kraftige stigninger. Figur 9 viser et eksempel der den gjennomsnittlige stigningen avviker betydelig fra den faktiske maksimale stigningen. Elvegnettet ble gjennomgått med tanke på å identifisere lengre lenker som har slike problem. Dersom verdien av  $(Z_{max} - Z_{min}) - (Z_B - Z_A)$  er stor, er det et tegn på at lenken bør deles i to om den er lang (over 100 meter). Det arbeides med rutiner for å splitte stigninger slik at dette problemet i framtiden vil bli unngått. Dette vil søkes løst gjennom Trafikklenkeprosjektet<sup>8</sup>.



**Figur 9** Eksempel med avvikende gjennomsnittlig stigning

Tabell 3 viser antall, total lengde og gjennomsnittlig lengde for lenker med mer en 15 % stigning. Dette viser at problemet er relativt begrenset ved at lenkene er korte og gir således liten innvirkning på utslippsberegninger selv om stigningen er veldig stor.

<sup>8</sup> Prosjekt som Triona og SINTEF utfører på oppdrag for Statens vegvesen.

**Tabell 3 Oversikt over lenker med mer en 15 % stigning**

Vegkategori	Antall element	Lengde (km)	Lengde med 15 % (km)	Lengde prosent manglende	Gjennomsnittlig lengde (m)
E	224	7204	3,5	0,05 %	15,5
R	497	22877	5,3	0,02 %	10,5
F	1087	28251	12,5	0,04 %	11,5
K	5893	38667	312,0	0,80 %	52,9

### Hastigheter

Alle lenker ble gjennomgått med tanke på at de var gitt skiltet hastighet. Dersom de ikke hadde en hastighet ble lenkene gitt en hastighet som tilsvarte gjennomsnittshastigheten for den aktuelle vegkategorien.

**Tabell 4 Vegkategorier, manglende hastigheter og lengder**

Vegkategori	Veglenker	Veglengde (km)	Lenker med manglende fart	Lengde av lenker med manglende fart (km)	% av lengde med manglende fart
E	7133	35109	169	89	0,25
F	27446	131193	266	809	0,61
K	38504	294591	81	29	0,01
R	21448	108106	690	1446	1,33

Riksvegene peker seg negativt ut med at 1,33 % av lengden mangler skiltet hastighet. Dette skyldes i stor grad fergene som er kodet som en del av vegnettet. Fergene har blitt gitt hastigheten 15 knop.

Det ble laget en enkel fartsmodell basert på vegkategorier for å fylle inn hastighet der informasjonen ikke var tilgjengelig.

**Tabell 5 Fartsmodell for lenker uten kodet fart basert på vegkategori**

Veg kategori	Kjøretid (timer)	Lengde (km)	Beregnet hastighet
E	94,4	7205,1	76,3
F	401,9	28247,4	70,3
K	861,3	38548,2	44,8
R	302,0	22878,5	75,8

### Svingerrestriksjoner, envegskjøring og sperringer

Elvegnettet inneholder informasjon om svingerrestriksjoner, envegskjøring og sperringer. Envegskjøring og sperringer har et format som gjør at de kan brukes direkte i nettverket. Koding av svingebevegelser var derimot mer utfordrende. Det tok lang tid å finne en metode for å kode

slike restriksjoner. Løsningen ble funnet via en metode som benyttes av Teleatlas for deres datagrunnlag (Tele Atlas 2009). Teleatlas sin løsning benytter seg av kode som er utviklet av ESRI og som ligger tilgjengelig på ESRI sine hjemmesider (ESRI 2008). Denne koden ble tilpasset det aktuelle datasettet for å få lagt inn svingebevegelser.

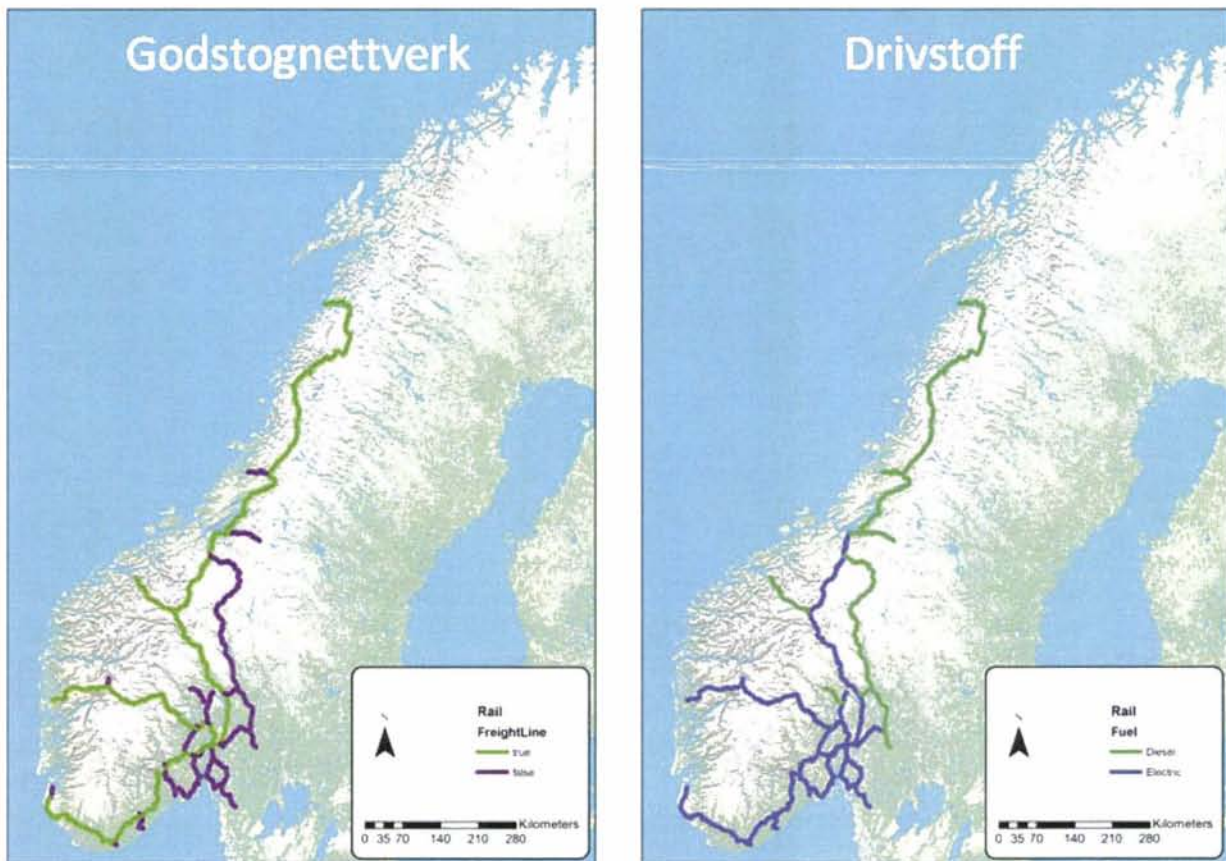
### **Ferger**

Det ble gjort forsøk på å inkludere utslipp fra ferger i modellen, men vi klarte ikke å fremskaffe utslippsdata som var av en slik karakter at de tok høyde for forskjeller i overfartstid, manøvreringstid eller liggetid. Det er trolig at utslippene vil variere vesentlig i forhold til disse faktorene. Det vil ikke være unaturlig at Statens vegvesen eller fylkeskommuner i framtiden presenterer forbrukstall på energi i sammenheng med fergestatistikken slik at utslippsfaktorer vil kunne estimeres.

### **3.3.2 BANE**

Banedata er mottatt som uttrekk fra Jernbaneverkets database. Det ble gjort forsøk på å få ut data med lenker som har relativt konsistente høydedata slik at stigninger og fall kunne beregnes. Vi lyktes ikke med å skaffe data som satte oss i stand til å gjøre detaljerte beregninger av stigninger og fall.

Det mottatte jernbanenettverket ble forenklet og delt inn i grovere lenker slik at det ble mulig å knytte hastigheter og stigninger til disse lenkene. Denne jobben er overkommelig da det norske jernbanenettverket er relativt lite og har få alternative ruter. Toghastighet ble beregnet for spesifikke godsruiter gitt i grafisk ruteplanlegger utgitt av Jernbaneverket.



**Figur 10 Godstognettverk og drivstoff som benyttes på de ulike togstrekningene i Norge.**

Figur 10 gir en oversikt over jernbanenettverket i Norge, og viser hvilke strekninger som benyttes av godstog og hvilke som er elektrifiserte.

Vi antar at det går elektriske tog på elektrifiserte strekninger. Trolig finnes unntak til dette og at det benyttes dieseltog på elektrifiserte strekninger. Men omfanget av dette ble kategorisert som lite i prosjektgruppemøter.

### 3.3.3 SJØ

De norske farledene lagt inn som nettverk. Hastighet til sjøs er avhengig av fartøyet som skal trafikkere den aktuelle strekningen. Nettverket som er lagt inn er tilpasset Tollpost Globe sin frakterute i Nord-Norge mellom Bodø og Alta. Hastighet er regnet som hastighet gjennom vannet og ikke i forhold til land. Dette kan føre til moderate avvik som følge av nordøstgående havstrømmer. Men beregningsrutinene for skip har en grov karakter, og det er derfor ikke fokusert på disse eventuelle utfordringene. Farledene er hentet fra Kystverket sin karttjeneste. Farledene er ikke topologisk korrekte og det har derfor vært en manuell jobb med å korrigere farledene slik at de henger sammen til et nettverk.

### 3.3.4 Terminaler

For å kunne gå fra et nettverk til et annet kreves det terminaler. Tollpost Globe sine terminaler, CargoNet sine og sjøterminalene er kodet inn. I beregningsrutinen som implementeres i Tollpost

Globe sitt produksjonssystem kobles terminalene til postnummer og det benyttes ikke automatisk ruting gjennom terminalene. Dette fordi data om transportene foreligger på sendingsnivå som igjen er knyttet til transportmiddel. Funksjonalitet for automatisk ruting kan benyttes i det geografiske informasjonssystemet. Det har ikke vært tilstrekkelig med data om terminalene slik at disse kan inkluderes i utslippsberegningene. Men det oppfordres til en kvalitativ merking av terminaler.

**Tabell 6 Stjernemerking av terminaler**

Stjerner	Beskrivelse av stjerne	Forslag til måleenhet
★	Totalt energiforbruk er registrert (fossilt, elektrisk, varme og fornybart)	Kilowattimer (kWh)
★	Terminal produksjon og volum gjennom terminal er register.	Kilogram (kg)
★	Det deles mellom produksjonsavhengige og produksjons uavhengige utslipp.	Prosent (%)

Tabell 6 viser hvordan terminaler kan gis stjerner etter hvor gode de er til å samle data som kan benyttes til å beregne terminalspesifikke utslipp. Første stjerne får man om man er i stand til å gjøre rede for totalt energiforbruk på terminalen. Den andre stjernen får man om man klarer å knytte et produksjonsmål for terminalen til forbruket av energi. Den siste stjernen får man om man klarer å splitte mellom produksjonsrelaterte og ikke-produksjonsrelatert energiforbruk. Dersom man har alle tre stjernene på plass er man i stand til å beregne et energiforbruk for den spesifikke terminalen som kan relateres til utslipp gjennom kjente funksjoner.

### 3.4 Rutevalg og analyse

En sentral del av rammeverket er rutevalgsberegninger og beregning av utslipp på ruter. Infrastrukturbeskrivelsene er sammenstilt og lagret i et geografisk informasjonssystem. GIS-programvare tar seg av lagring av infrastrukturbeskrivelsene og beregning av korteste rute for enkeltransporter. I GIS programvaren regner man først ut utslipp fra det transportmiddelet man ønsker for så å kjøre nettverksanalyser. Nettverksanalyser finner korteste rute og summerer opp utslipp langs rutene. ESRI ArcMap med Network analyst-utvidelse ble valgt som programvare for rutevalg og analyse. Beregningsmodulen kan automatisk beregne korteste rute inklusive om man har preferanser. Dersom man gjerne ønsker å bruke tog selv om det tar lengre tid, kan det gjøres med spesielle utleggingsfunksjoner der reisetid på tog eller sjø vektet ned i forhold til veg.

Rutevalg- og analysemodulen kan regne utslipp fra alle punkter i Norge, og er således ikke låst til postnummer. Valget av postnummer henger sammen med at man må få automatisert beregningene slik at de kan benyttes av eksisterende produksjonssystemer hos transportselskapene. GIS-verktøyet er godt egnet til detaljanalyser og til å finne tiltak, men ikke spesielt godt egnet for kobling mot eksisterende produksjonssystem i transportbedriftene.

Kartdata som beskriver vegnettet i Norge er data som eies av Statens vegvesen. Slike data kan ikke uten videre benyttes i andre prosjekter. Det er derfor ikke mulig å distribuere veglinjene til miljø utenfor prosjektgruppen uten at Statens vegvesen gir sitt samtykke til at partene kan bruke disse dataene. På grunn av denne begrensningen og kompetansekrav til de som skal bruke GIS-verktøy ble det valgt å lage en resultatbehandlingsdel til analysene. Inndata til resultatbehandlingsdelen er renset for geografisk informasjon slik at kun informasjon om postnummer og utslipp er tilgjengelig.

Dette gjør det mulig å distribuere data til alle som måtte ønske resultatene. For parter som ønsker adgang til rutevalg- og analyseoppsettet må man ta kontakt med SINTEF og Statens vegvesen og avklare rettighetsspørsmålet før data kan overleveres.

Generering av resultatdatabasen ligger inne i trekanten med rutevalg og analyse (Figur 7). Selve genereringen av databasen tar 31 dager på en kraftig unix-server. Den opprinnelige GIS-programvaren hadde ikke dokumenterte begrensninger i forhold til størrelsen på analyser, men det ble etter hvert klart at det ikke var mulig å beregne en resultatdatabase med denne programvaren.

Tabell 7 viser hvilke kjøretøytyper det er beregnet utslipp for. RT står for rigide truck og er en lastebil der konteneren står på lastebil. AT/TT er vogntog eller semitrailer. Tallene som står oppgitt er maksimal kjøretøyvekt.

**Tabell 7 Kjøretøytyper i databasen**

ID	Description	ID	Description	ID	Description
31	RT <=7.5t 80ties	61	RT >26-28t 80ties	91	TT/AT >34-40t 80ties
32	RT <=7.5t Euro-1	62	RT >26-28t Euro-1	92	TT/AT >34-40t Euro-1
33	RT <=7.5t Euro-2	63	RT >26-28t Euro-2	93	TT/AT >34-40t Euro-2
34	RT <=7.5t Euro-3	64	RT >26-28t Euro-3	94	TT/AT >34-40t Euro-3
35	RT <=7.5t Euro-4	65	RT >26-28t Euro-4	95	TT/AT >34-40t Euro-4
36	RT <=7.5t Euro-5	66	RT >26-28t Euro-5	96	TT/AT >34-40t Euro-5
37	RT >7.5-12t 80ties	67	RT >28-32t 80ties	97	TT/AT >40-50t 80ties
38	RT >7.5-12t Euro-1	68	RT >28-32t Euro-1	98	TT/AT >40-50t Euro-1
39	RT >7.5-12t Euro-2	69	RT >28-32t Euro-2	99	TT/AT >40-50t Euro-2
40	RT >7.5-12t Euro-3	70	RT >28-32t Euro-3	100	TT/AT >40-50t Euro-3
41	RT >7.5-12t Euro-4	71	RT >28-32t Euro-4	101	TT/AT >40-50t Euro-4
42	RT >7.5-12t Euro-5	72	RT >28-32t Euro-5	102	TT/AT >40-50t Euro-5
43	RT >12-14t 80ties	73	RT >32t 80ties	103	TT/AT >50-60t 80ties
44	RT >12-14t Euro-1	74	RT >32t Euro-1	104	TT/AT >50-60t Euro-1
45	RT >12-14t Euro-2	75	RT >32t Euro-2	105	TT/AT >50-60t Euro-2
46	RT >12-14t Euro-3	76	RT >32t Euro-3	106	TT/AT >50-60t Euro-3
47	RT >12-14t Euro-4	77	RT >32t Euro-4	107	TT/AT >50-60t Euro-4
48	RT >12-14t Euro-5	78	RT >32t Euro-5	108	TT/AT >50-60t Euro-5
49	RT >14-20t 80ties	79	TT/AT >20-28t 80ties	109	TT/AT >14-20t 80ties
50	RT >14-20t Euro-1	80	TT/AT >20-28t Euro-1	110	TT/AT >14-20t Euro-1
51	RT >14-20t Euro-2	81	TT/AT >20-28t Euro-2	111	TT/AT >14-20t Euro-2
52	RT >14-20t Euro-3	82	TT/AT >20-28t Euro-3	112	TT/AT >14-20t Euro-3
53	RT >14-20t Euro-4	83	TT/AT >20-28t Euro-4	113	TT/AT >14-20t Euro-4
54	RT >14-20t Euro-5	84	TT/AT >20-28t Euro-5	114	TT/AT >14-20t Euro-5
55	RT >20-26t 80ties	85	TT/AT >28-34t 80ties		
56	RT >20-26t Euro-1	86	TT/AT >28-34t Euro-1		

### 3.5 Resultatbehandling

Den øverste trekanten i Figur 7 er resultatbehandling. Den modulen har til hensikt å tilgjengeliggjøre resultater fra rutevalg- og analysedelen til sluttbruker. Det å tilgjengeliggjøre resultater betyr for det første at resultatene gjøres uavhengig av kommersielle data som Statens vegvesen eier og har rettigheter til. Det andre er å lagre resultater på et format som gjør det enklere å implementere resultatene i eksisterende produksjonssystemer. Dette ble oppnådd ved etablering av en resultatdatabase for utslipp mellom postnummer fordelt på kjøretøy og lastgrad. Man legger inn fra-postnummer, til-postnummer, kjøretøytype og vektutnyttelse som prosent av nyttelast. Resultatet er en utslippsfunksjon på formen  $Y = Ax + B$ ,  $Y$  er utslipp i gram.  $A$ =del av utslippet som endrer seg med økende last og  $B$ = utslippet et kjøretøy uten last vil ha. Utslippskomponentene som er beregnet er: FC, NO<sub>x</sub>, CO, PM og THC. FC står for fuel consumption og er gram diesel forbrukt.

Kapittel 5 går mer i detalj på hvordan resultatbehandlingsdelen fungerer og hva modulen krever av et transportselskap for å kunne beregne utslipp.

### 3.6 Utslippsfunksjoner

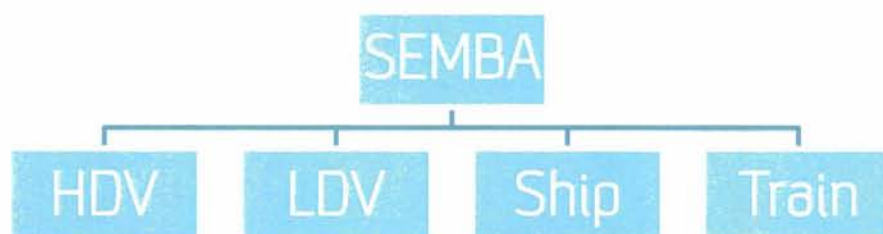
Detaljer om utslippsfunksjoner er beskrevet i påfølgende kapittel.

## 4 Utslippsfunksjoner

Gjennom litteraturstudiet ble det europeiske forskningsprosjektet ARTEMIS identifisert som den mest egnede kilden for utslippsfunksjoner. ARTEMIS har utslippsfunksjoner for veg-, bane-, sjø- og flytransport. Den store fordelene med ARTEMIS-funksjonene er at de er tiltenkt brukt på enkelttransportmidler. Dette gjør at det er veldig mange funksjoner som er tilgjengelige. For tungbil er det over 11 000 utslippsfunksjoner tilgjengelig. For ytterligere dokumentasjon henvises det til ARTEMIS sine prosjektsider hos INRETS<sup>9</sup>. I (Boulter and McCrae 2007) presenteres det en oversikt over utslippsfunksjoner og forutsetninger. Utslippsfunksjonene er gjort tilgjengelige via regneark. For å kunne bruke funksjonene på en enklere måte, og gjøre funksjonene tilgjengelig til andre applikasjoner inklusive GIS-verktøy, ble utslippsfunksjonene programmert i Python. Python er et programmeringsspråk som ofte er benyttet i andre applikasjoner, noe som vil gjøre det enklere å implementere beregningsrutinene i eksisterende applikasjoner.

### 4.1 SEMBA

SEMBA er en forkortelse for SINTEF Emission Module Based On ARTEMIS. SEMBA er et Python-bibliotek som beregner utslipp for et enkelt transportmiddel på en lenke. En lenke er en strekning som har homogen topografi, fart og last. SEMBA-modulen består av undermoduler for ulike framføringskategorier.



**Figur 11 SEMBA med delmoduler**

Figur 11 viser SEMBA og modulene knyttet til godstransport. HDV står for Heavy Duty Vehicle som er lastebiler, semitrailere og vogntog. LDV er Light Duty Vehicles som er lette distribusjonsbiler opp til 3.5 tonn. Train er banemodulen som er hentet fra ARTEMIS og gjort beregnbar. Banemodulen underestimerer trolig energiforbruket. Årsaken til dette er trolig knyttet til forutsetninger som jernbanenettet. Energibetraktningene tar ikke høyde for at tog må bremse for ikke å få for stor hastighet dersom gradientene tilsier at toget vil akselerere over aktuell fartsgrense. Beregningsmetodikken kan inkludere reduksjonsfaktorer for regenerative bremseser, men datagrunnlaget er foreløpig for tynt til å estimere slike faktorer. For skip er ARTEMIS faktorer benyttet.

Det er store forskjeller i detaljeringen av utslippsmodellene for veg, bane og sjø. Veg har de klart mest detaljerte og oversiktlige modellene. Ca 2 % av forskningsmidlene til utslippsforskning i Europa brukes til forskning på skip, mens 80 % av finansieringen går til tyngre kjøretøy (Sjøbris,

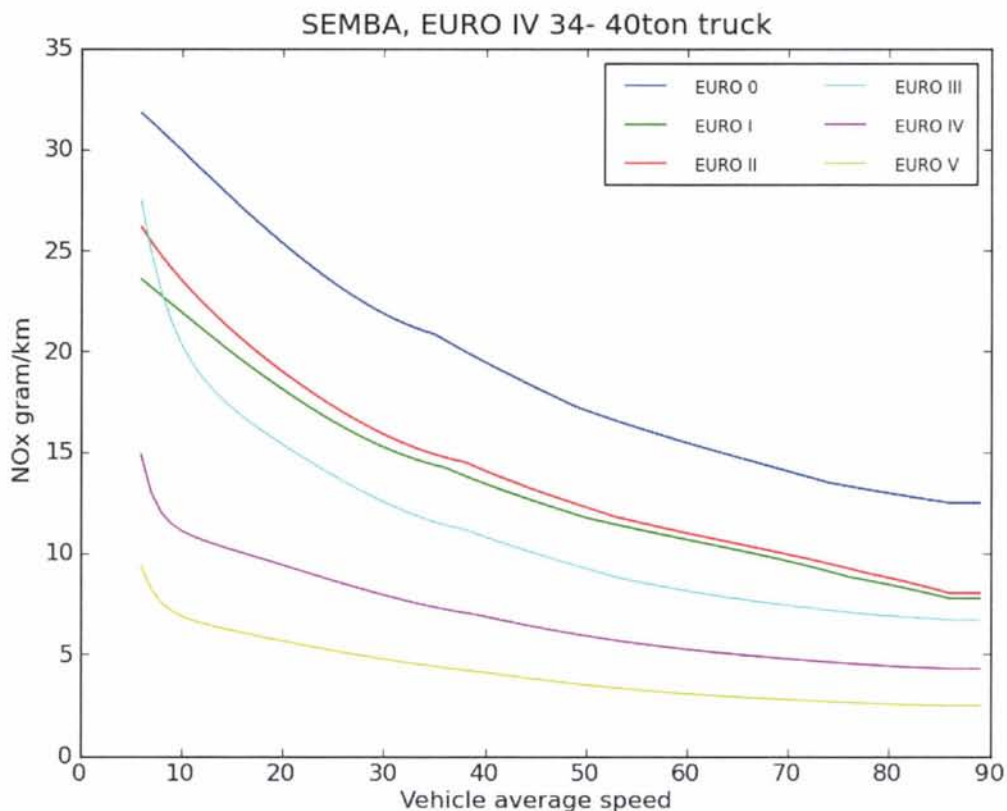
<sup>9</sup> <http://www.inrets.fr/ur/ite/publi-autresactions/fichesresultats/ficheartemis/artemis.html>



Gustafsson et al. 2005). Dette gir seg også utslag i våre beregningsrutiner, der veg har betydelig mer detaljerte beregningsrutiner.

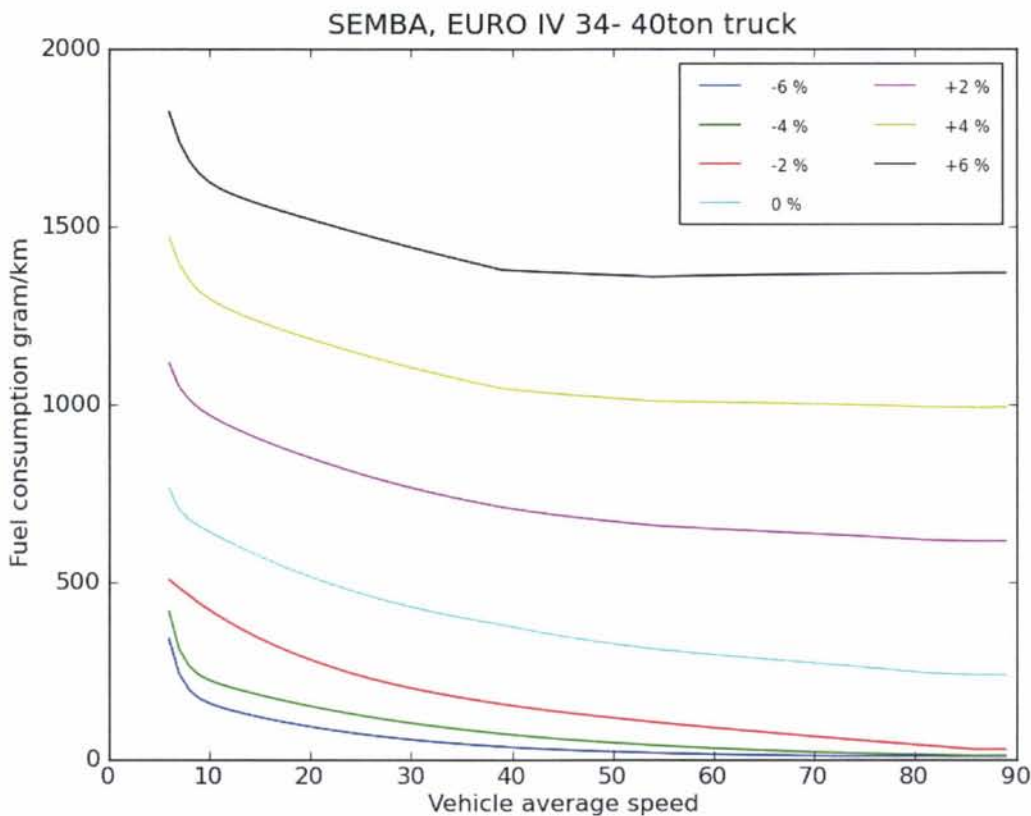
Prosjektet hadde planer om å benytte en nyere og antatt bedre beregningsrutine for skip basert på AIS-data fra Kystverket. AIS er sporingsinformasjon for større skip, som gjør det mulig å kartlegge utseilt distanse, fart og tid i forskjellige modi som manøvrering, standby og seiling. Vi lyktes ikke med dette da vi ikke fikk innhentet nødvendige tillatelser til overvåking av skipet som var aktuelt.

Det er heller ikke gitt at EURO-klassifiseringen gir et riktig bilde av utslippene i alle kjørehastigheter. Det har vist seg at leverandører har gjort endringer i forhold til NO<sub>x</sub>-utslipp på EURO III standarden (Kågeson 1998; Osenga 1998). Dette vises i Figur 12 der man ser at kurven for EURO III stiger over kurvene for EURO I og II ved lave hastigheter som er typisk for køkjøring. ARTEMIS-prosjektet har reelle målinger for EURO 0 – III, men er basert på antagelser for IV og V. Dette fordi det ikke var EURO IV og V kjøretøy tilgjengelig til faktiske målinger når prosjektet ble gjennomført. Det er heller ikke funnet andre kilder som har gjort målinger med de nye kjøretøyene med kjøresykluser som viser de samme avvikene. Det er derfor trolig at ARTEMIS-kilden er den mest oppdaterte og detaljerte kilden som er i stand til å beregne utslipp fra enkeltkjøretøy.



**Figur 12 NO<sub>x</sub> utslipp som funksjon av kjørehastighet og EURO klasse**

ARTEMIS er også i stand til å beregne effekten av stigninger og fall på en god måte. Figur 13 viser hvordan kombinasjonen av stigninger og fall kombinert med fart påvirker drivstofforbruket.

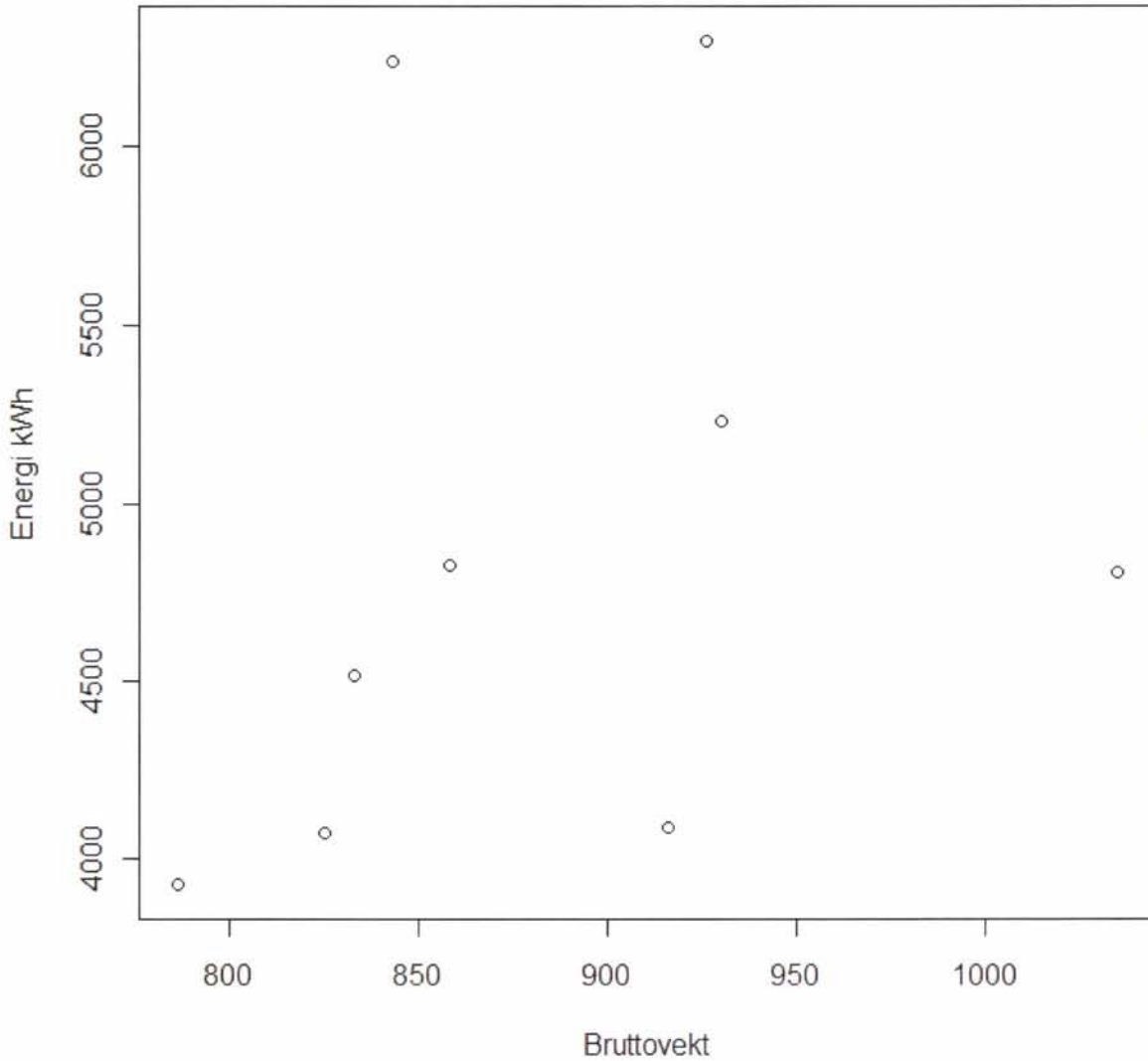


**Figur 13 Effekten av stigninger og fall på drivstoff forbruk**

Figuren viser at drivstofforbruket med 6 % stigning er ca 3 ganger så stort som på flat veg med 50 km/t i gjennomsnittshastighet. Man ser at det ikke er symmetri mellom positive og negative gradienter. Det stemmer med at man ikke klarer å gjenvinne ekstra energi brukt oppover på veg ned.

For tog var det også en mulighet for å kunne estimere egne parametre for strekninger i Norge. Vi har ikke lyktes å få kvalitetssikrede energitall på strekninger. Vi har fått data for 9 turer fra Alnabru til Dombås med samme ruteoppsett, tognummer 5253. Strekningen er 336 kilometer lang og energiforbruk og brutto togvekt er beskrevet. Vi har også mottatt data for tre ruter fra Alnabru til Trondheim, Alnabru til Bergen og Stavanger til Drammen. Figur 14 viser energi forbruk på den samme strekningen med samme type lokomotiv. Figuren tyder på at energiforbruk som funksjon av togvekt og distanse ikke er optimal. Det kan virke som om det er andre faktorer som spiller inn enn de som er registrert. Vi har ikke mottatt et stort nok materiale til å trekke en annen konklusjon enn at energiforbruk for bane basert på godstransporter bør studeres nærmere.

Energi forbruk på tog, Alnabru - Dombås



**Figur 14 Energi forbruk på tog**

Den beste kilden til energiforbruk til elektriske tog vi har hatt tilgjengelig, har vært Jernbaneverkets standardvilkår for avregning av 16 2/3 Hz energi (Jernbaneverket 2006). Denne rapporten gir nøkkeltall for forskjellige strekninger i Norge.

Tabell 8 viser energiforbruk for tog målt på strømvtageren på lokomotivet. Det er i tillegg tap i kontaktledningen, matestasjonsanlegget og fjernledningen. I tillegg har typen framdriftsmaskineri i lokomotivet noe å si for tapstallene. Disse tapene er også avhengig av hvordan energien forbrukes og hvor stor den reaktive energien blir. Jernbaneverket har utarbeidet egne tabeller for tapssatsene og justering av tapssatsene.

**Tabell 8 Energi ved forbrukspunkt lokomotiv**

Banestrekning	Wh / brutto tonnkilometer
Bergensbanen	30
Dovrebanen	25
Sørlandsbanen (Oslo – Kr.sand)	27
Sørlandsbanen (Kr.sand - Stavanger)	30
Ofofbanen vestgående	2
Ofofbanen østgående	64

Vedlegg 3, tabell 3 i Jernbaneverkets standardvilkår for avregning av 16 2/3 energi gir en oversikt over tapsjusteringsfaktorer for ulike lokomotiver. De mest aktuelle elektriske lokomotivene er EL 14 og EL16. Det er verdt å merke seg at EL 16 lokomotiv kan benyttes på forskjellige måter, med og uten telefilter innkoplet. Tabell 9 viser tap mellom offentlig strømmnett og strømvtager på toget.

**Tabell 9 Energitap fra offentlig strømmnett til strømvtager på toget**

Strekning	Lokomotiv	Energieffektivitet
Sør-Norge	EL 14	75 %
Sør-Norge	EL 16 med telefilter	75 %
Sør-Norge	EL 16 uten telefilter	72 %
Ofofbanen	EL 14	69 %
Ofofbanen	EL 16 med telefilter	69 %
Ofofbanen	EL 16 uten telefilter	66 %

Beskrivelse av tap ved bruk av elektrisk energi til tog se (ANDERSSON and LUKASZEWICZ 2006).

**Tabell 10 Oppsummeringstabell over energiforbruk på elektrifisert bane**

Strekning	Brutto Wh		Netto Wh 50 %	
	El 14	El 16	El 14	El 16
Bergensbanen	40	40	80	80
Dovrebanen	33	33	67	67
Sørlandsbanen (Oslo - Kr.sand)	36	36	72	72
Sørlandsbanen (Kr.sand - Stavanger)	40	40	80	80
Ofofbanen vestgående	3	3	6	6
Ofofbanen østgående	93	93	186	186

Oppsummeringstabell over energiforbruk (Tabell 10) viser forbrukstill inklusive tap i overføringsledning, trafostasjoner og kjøreledning. Omregning til netto tonnkilometer gjøres med en konverteringsfaktor. Konverteringsfaktoren er vekten av nyttelast dividert med den totale vekten av toget. Denne faktoren vil være variere med strekning og avganger. Vi har hatt mulighet til å

regne ut en slik faktor, men det er betydelige forskjeller mellom strekninger og avganger. Det er derfor anbefalt at det opprettes en dialog med CargoNet for å få beregnet en slik faktor. All data som trengs for å etablere denne faktoren finnes i CargoNet sitt produksjonssystem. I oppsummeringstabellen vises et eksempel der vi har valgt å sette konverteringsfaktoren til 50 %, dvs. nyttelasten utgjør halvparten av togvekten. Dette er en "god" faktor og vi ser også betydelig lavere verdier for togrelasjoner med lav utnyttelsesgrad. En årsak til dette er bruken av faste togstammer.

Tabell 9 viser at det er et betydelig energitap imellom det offentlige strømmettet og energien som kommer inn til lokomotivet. Totalt energiforbruk for tog er Tabell 8 dividert med energieffektiviteten vist i Tabell 9.

Energiforbruket multipliseres så med den utslippsfaktoren som er aktuell for kraften selskapet kjøper. Bane Energi, som kjøper inn strøm til Jernbaneverket og togselskapene, kjøper energi med opprinnelsesmerking. Dermed kan man si at elektrisk energi brukt av togselskapene er CO<sub>2</sub> fri. Det er viktig at energiforbruket kommer fram og dokumenteres, og at man jobber med å redusere energiforbruket. Så lenge Norge i perioder må importere elektrisk energi så vil det kunne være andre som kunne ha nyttiggjort seg av den CO<sub>2</sub> frie energien man potensielt kan spare. Selv om bruk av elektrisk energi fører til at man har null CO<sub>2</sub> utslipp så legitimerer det ikke sløsing med energi.

NVE har gjort noen interessante beregninger av hva det betyr i CO<sub>2</sub> reduksjon om vi sparer strøm i Norge. Resultatene er publisert i NVE sin "Kvartalsrapport for kraftmarkedet 1. kvartal 2008". Der finner man en tema-artikkel skrevet av Øyvind Vessia og Karen Byskov Lindberg. Artikkelen hevder at å spare strøm i Norge vil gi vesentlige CO<sub>2</sub> gevinster, så mye som 600 g/kWh (Vessia and Lindberg 2008).

For ikke-elektrifiserte strekninger har prosjektet ikke klart å skaffe drivstoffmålinger til å etablere utslippsfaktorer. Metoden beskrevet i ARTEMIS er heller ikke egnet da den synes systematisk å gi for lave verdier. For Nordlandsbanen er det derfor kjørt en beregning med kjøretidsberegningsprogrammet Togkjør. Togkjør er intern programvare i Jernbaneverket for å kunne beregne kjøretider på strekninger gitt lokomotivtype, last og stoppesteder. Togkjør brukes ikke lengre og følgelig får man ikke lenger data automatisk fra Jernbanedatabanken. Jernbaneverket har gjort en manuell jobb på å etablere Nordlandsbanen slik at vi har fått kjørt noen scenarioer for å beregne dieselforbruk. Disse faktorene blir også benyttet på Raumabanen.

Det er helt klart et behov for å forbedre forbruksfaktorer på Jernbane. I dag er det ikke drivstoffmålere på tog, og det er derfor ikke mulig å etablere noe annet enn gjennomsnittlige dieselforbruksfaktorer for hele Norge som inkluderer skiftmaskiner (skiftelok). For elektrisk energi er det installert strømmålere på flere av lokomotivene, men data fra disse viser en stor variasjon målt i kWh per tonnkilometer. Det er et sterkt behov for å studere godstogs energiforbruk mer i detalj for å kunne si mer presist hvordan man kan redusere energibruk og utslipp fra bane.

## 4.2 Faktor for energiforbruk på ARE toget

ARE-toget ligger i utgangspunktet utenfor Grønn godstransport prosjektet, men i og med at mye av togtransporten fra Alnabru til Nord-Norge går via Sverige er det skaffet data for denne relasjonen.

Det har ikke vært aktuelt å inkludere det svenske jernbanenettverket i SEMBA da vi ikke har hatt tilgang til grunnleggende data. Så for ARE-toget har vi måttet hente data fra EcoTransit, noe som har resultert i at vi har fått en gjennomsnittlig faktor for denne distansen. ARE-toget er elektrifisert jernbane og utkjørt distanse er 1868 km. Energiforbruket for 1 tonn gods er 61,87 kWh. Dette gir 30 Wh/tkm for gods med gjennomsnittlig tetthet. Dette er betydelig lavere verdier enn hva CargoNet oppgir som gjennomsnittsverdier. I følge Jernbaneverkets Miljørapport for 2009 bruker CargoNet i gjennomsnitt 60Wh/tkm (Jernbaneverket 2009). EcoTransit bruker en gitt utnyttelsesgrad som det ikke er mulig å justere i beregningsrutinen. Det er etterspurt data fra CargoNet og Green Cargo om energiforbrukstall på den aktuelle relasjonen Alnabru-Narvik, men de har ikke etablert sine egne faktorer. Derfor brukes EcoTransit sine tall på ARE toget. I følge CargoNet kjører både de og GreenCargo på fornybar elektrisk kraft med opprinnelses garanti som skal gi null CO<sub>2</sub> utslipp.

### 4.3 Faktor for energiforbruk på Nordlandsbanen

CargoNet kjører i stor grad kombitog i Norge. På et kombitog lastes containere eller lastebilhengere. CargoNet samlaste gods og sender det med tog. CargoNet har informasjon om den totale mengden gods på toget, men aktørene som benytter toget har kun oversikt over sin delmengde. Dette gjør at det er vanskelig for vareeier å regne ut en utnyttelsesgrad basert på vekt. I framtiden vil CargoNet kunne beregne denne faktoren og videreformidle faktoren til kjøpere av transporttjenester. I Grønn godstransport-prosjektet har vi måttet beregne en faktor som gjør at brukerne kan sette inn en utnyttelsesfaktor i forhold til netto tonn fraktet. Netto tonn fraktet på tog inkluderer vekten av lastbæreren. Ved bruk av Togkjør har vi beregnet forbruk av diesel til framføring under gunstige kjøreforhold. Dette er gjort på samme måte som for kjøretøy på vegen. For Nordlandstoget fikk vi da en funksjon for dieselforbruk på formen  $y = Ax + B$ , der  $A = 16.1$  og  $B = 2060$ . Data er estimert for strekningen Trondheim – Bodø, med ett "tomt" og ett fullt tog. Det fulle toget ville ha brukt 3669 liter diesel, mens det tomme toget ville ha brukt 2060 liter diesel. Nyttelasten er antatt å være 441 tonn og togets totalvekt er 900 tonn. Toget er trukket av et CD66 lokomotiv.

$$\text{Diesel forbruk (liter/tonnkm)} = \frac{16,10X \text{ (liter)} + 2060 \text{ (liter)}}{441 \text{ (tonn)} * \frac{X}{100} * 728,75 \text{ (km)}}$$

X er utnyttelsesgrad i prosent (0-100) av nyttevekt lastet på toget.

For Raumabanen er samme faktor benyttet, men det er korrigert for at start og slutt punkt ikke har samme høyde over havet. For å justere utslippsfaktoren for Raumabanen har vi benyttet energiestimeringsfunksjonen benyttet i ARTEMIS (Lindgreen and S.C.Sorenson 2005). Ved hjelp av energiestimeringsfunksjonen har vi funnet forholdstallet mellom energi forbrukt fra Åndalsnes til Dombås og fra Dombås til Åndalsnes. Forholdstallet har så blitt multiplisert med forbruksfaktoren for Nordlandsbanen. Ut i fra dette får vi følgende formel for diesel forbruk fra Åndalsnes til Dombås:

$$\begin{aligned} \text{Diesel forbruk fra Åndalsnes til Dombås (liter/tonn)} \\ = \frac{16,10X \text{ (liter)} + 2060 \text{ (liter)}}{441 \text{ (ton)} * \frac{X}{100} * 728,75 \text{ (km)}} * 114 * 2 * 0.86 \end{aligned}$$

Diesel forbruk motsatt veg fra Dombås til Åndalsnes er:

$$\begin{aligned} & \text{Diesel forbruk fra Åndalsnes til Dombås (liter/tonn)} \\ &= \frac{16,10X \text{ (liter)} + 2060 \text{ (liter)}}{441 \text{ (ton)} * \frac{X}{100} * 728,75 \text{ (km)}} * 114 * 2 * 0,14 \end{aligned}$$

Forbruksfaktorene er å betrakte som skissemessig, men de er bedre enn å bruke gjennomsnittstall for dieselforbruk for hele CargoNet sin jernbanerelaterte virksomhet.

- For et fullastet tog på Nordlandsbanen gir dette 0,011 liter per netto tonnkilometer
- For et fullastet tog fra Åndalsnes til Dombås får vi 0,020 liter per netto tonnkilometer
- For et fullastet tog fra Dombås til Åndalsnes får vi 0,003 liter per netto tonnkilometer

Disse verdiene er ikke så langt i fra de verdier som oppgis i jernbaneverkets miljørapport for 2009 der CargoNet i gjennomsnitt bruker 0,013 liter diesel per netto tonnkilometer (Jernbaneverket 2009).

Beregning av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM og HC fra diesel gjøres etter faktorer oppgitt i dokumentasjonen av EcoTransit (Knörr, Seum et al. 2010). 1 liter diesel = 0,85 kg diesel.

**Tabell 11 Utslipp som funksjon av drivstofforbruk**

CO <sub>2</sub> (g/kg)	NO <sub>x</sub> (g/kg)	PM (g/kg)	HC (g/kg)
3,18	48,3	1,3	4,63

Gjennomsnittlig utnyttelsesgrad over et år er 71 % på Nordlandsbanen og 85 % på Raumabanen, men det er store variasjoner mellom avgangene.

#### 4.4 Beregning av utslipp fra skip

For skip er det benyttet utslippsfaktorer fra ARTEMIS prosjektet. ARTEMIS-faktorene er generelle faktorer for skip delt inn i forskjellige størrelser. I eksisterende formelverk for skip påvirkes ikke utslippet av vekten av godset bortsett fra når det gjelder fordeling av utslippet. Tabell 12 viser faktorer som er beregnet for Tollpost Globe sitt skip MS TEGE.

**Tabell 12 Utslippsfaktorer for skipet MS TEGE basert på ARTEMIS**

Aktivitet	FC	NO <sub>x</sub>	CO	HC	PM	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Overfart (g/km)	6661	399	32	19	7	21115	27
Lossing (g/h)	21432	1404	149	70	41	67939	86
Ved kai(g/h)	10466	686	73	34	21	33179	42

Når det gjelder reduksjoner av utslipp er det en rekke teknologier tilgjengelig for å redusere totalutslippene. I ARTEMIS sluttrapport (Boulter and McCrae 2007) er disse systemene og medfølgende reduksjoner listet opp.

**Tabell 13 Reduksjoner som følge av rensutstyr på skip**

	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM	SO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
SCR	-95 %		+50 %			+0,1 g/kWh
SCR*	-95 %	-80 %	-70 %	-1 – 20 %		+0,1 g/kWh
HAM	-70 %	+20 %				
DWI	-60 %					
Scrubber				-80 %	-90 %	

\*Med oxidizer

+ i tabellen indikerer økning av utslipp eller tillegg av kjemikalier

- SCR er Selective Catalytic Reduction, der man bruker en catalyst til å omdanne NO<sub>x</sub> til N<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>O
- SCR med oksidering fjerner også mer av hydro carbonene.
- HAM er Humid Air Motor som tilfører fukt i innsugsluften som reduserer NO<sub>x</sub>
- DWI er Direct Water Injection som sprøyter vann inn i sylindrene for å redusere forbrenningstemperaturen slik at mengden NO<sub>x</sub> reduseres.

Reduksjoner som følge av rensingsteknologi er ikke tatt med i SEMBA da det er mye som tyder på at ulik implementering av teknologi gir svært ulike svar. Dersom det er gjort tiltak for å redusere utslipp er det ofte også gjort målinger av hvor stor utslippsreduksjonen har vært. Da er det bedre å bruke disse tallene enn gjennomsnittstall presentert i ARTEMIS.

For sjøtransport kan man benytte ARTEMIS til å beregne utslipp før eventuelle rensetrinn. Tabell 13 viser hvilke utslippsreduksjoner det er mulig å oppnå med renseteknologi. Det er viktig at de som ønsker å gjøre beregninger på skip sjekker om skipet har renseteknologi installert og om det er i bruk. Dersom det ikke er foretatt målinger kan standardverdiene brukes.

#### 4.5 Bruk av SEMBA

SEMBA er ikke et dataprogram, men et bibliotek som lar seg benytte til å beregne utslipp. SEMBA er knyttet sammen med et geografisk informasjonssystem (GIS) for å beregne utslipp på lenker. GIS-verktøyet har så blitt benyttet til å summere utslipp langs en rute. Det kreves kunnskap i bruk av ArcMap GIS og litt om Network Analyst<sup>10</sup> for å kunne kjøre beregninger på det mest detaljerte nivået. For analyser av utslipp av transport med lastebil mellom postnummer, konkrete banestrekninger og spesifikke sjøruter er det regnet ferdig data som er lagret i en database.

<sup>10</sup> Network Analyst er en modul til ArcMap GIS som kan analysere og gjøre beregninger i nettverk.



#### **4.6 Etablering av database med utslipp**

For å kunne etablere en database med utslipp mellom postnummer har SEMBA blitt kjørt på de tidligere beskrevne nettverkene. Den største databasen er bildatabasen som inneholder alle postnummerrelasjoner. Per i dag er det 3030 postnummer i Norge. Det er beregnet raskeste rute mellom alle postnummer, og på disse rutene er det beregnet utslipp for 84 kjøretøytyper. Det gir 771 millioner utslippsrelasjoner. For hver av disse relasjonene er det beregnet 3 lastgrader 0, 50 og 100 %. Ut i fra denne informasjonen er det etablert lineære, lastavhengige utslippsfunksjoner for alle postnummerrelasjoner.

#### **4.7 Uttesting av beregningsverktøy**

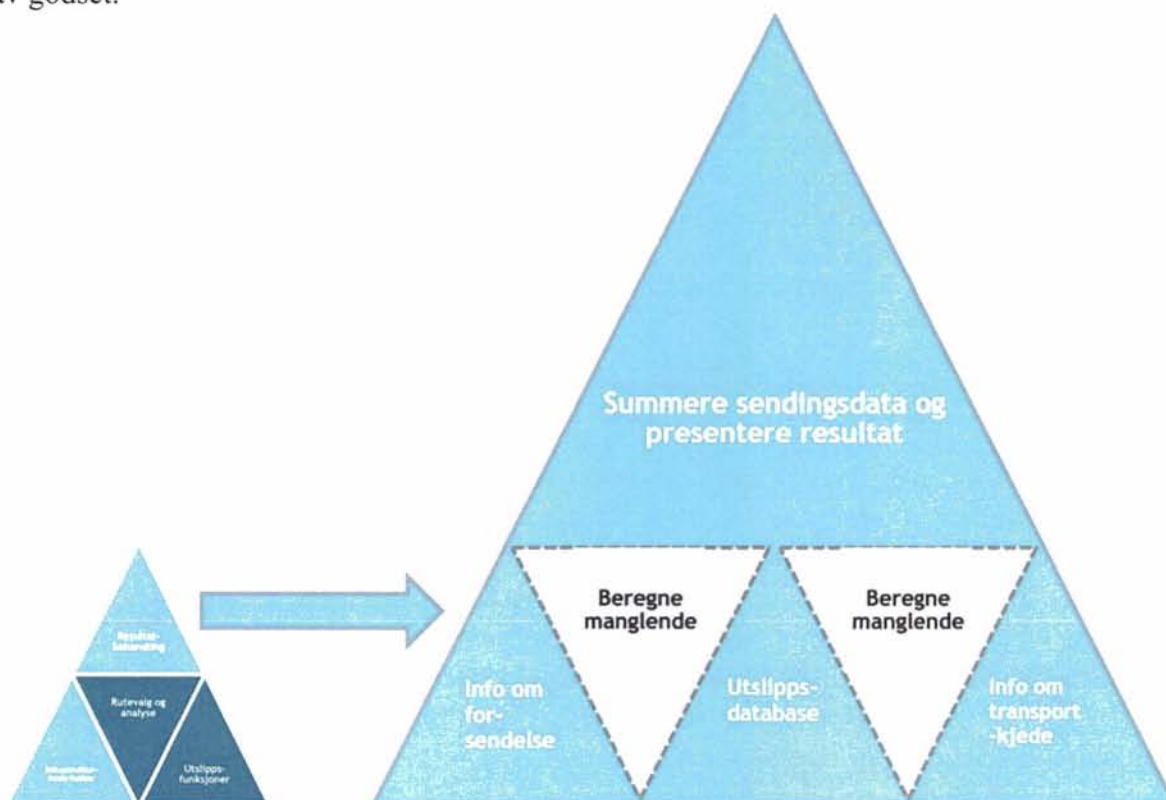
Resultater fra uttesting av verktøyet har blitt presentert på European Transport Conference 2010 i Glasgow. Paper fra denne presentasjonen er vedlagt i vedlegg 5. Tittelen på paperet var: "Greening Freight - Do details matter?".

## 5 Prototyp av beregningsverktøy for en transportbedrift

Hensikten med prosjektet Grønn godstransport har vært å utvikle metodikk og verktøy for transportbedrifter. Beregningsmetodikken som er beskrevet i forrige kapittel skal operasjonaliseres slik at den passer til daglig drift i en transportbedrift. For å vise at dette er mulig er det utviklet en prototyp av verktøyet som implementeres hos Tollpost Globe. Kapitlet beskriver denne implementeringen.

### 5.1 Rammeverk

Figur 7 viser rammeverket for utslippsberegninger som er utviklet gjennom prosjektet. Trekanten på toppen har fått navnet Resultatbehandling, og det er i dette grensesnittet at prototypen utvikles. Se Figur 15. Konseptet for prototypen er at transportbedriftene ikke skal behøve å forholde seg hverken til infrastrukturbeskrivelser, utslippsfunksjoner, rutevalg eller utslippsanalyser. Det har vært et mål at verktøyet skal være enkelt å implementere, og det skal koples tett til bedriftens egne datasystemer for transportproduksjon for enkelt å kunne hente ut data om sendinger, eksempelvis vekt av godset.



**Figur 15 Resultatbehandling – detaljering av trekanten på toppen i Figur 7**

Figur 15 er en detaljering av Figur 7. Den nederste delen av figuren til høyre er selve datagrunnlaget. I tillegg til data fra utslippsdatabasen er det behov for informasjon om forsendelsen (sendingen) og informasjon om transportkjeden (fra/til, transportmiddel oa.). I et slikt system vil det alltid kunne mangle noe informasjon. Dette er vist ved de grå trekantene i figuren. Et eksempel kan være at det mangler informasjon om sendingens vekt. I slike tilfeller må det gjøres antagelser som er basert på annen tilgjengelig informasjon i bedriften og statistikk om gjennomsnittssituasjoner. Hvis det er nødvendig å ty til antagelser er det viktig å dokumentere hvordan disse er framkommet.

Som beskrevet i kapittel 4.6 er det laget en database for alle relasjoner mellom postnummer og terminaler. Rutevalget i transportsystemet mellom to postnummer er basert på en algoritme for å finne raskeste veg. For hver rute er det beregnet utslipp for alle kategorier av tunge kjøretøy med 0, 50 og 100 % lastgrad.

## 5.2 Nødvendige prosesser/rutiner

For å implementere prototypen i transportbedrifter ble det gjennomført en kartlegging av prosesser og rutiner tilknyttet dagens driftssituasjon i transportbedrifter. Formålet var å få kunnskap om hvilke grunnlagsparametre som er tilgjengelig og registreres i dag og hvilke som enkelt kan registreres for implementering av verktøyet. Med kunnskap om dagens situasjon og kunnskap om anvendelse av verktøyet vil bedriften få grunnlag til å vurdere forbedringsmuligheter og kunne foreslå tiltak for miljøoptimal adferd og dermed bidra til at miljøregnskapet blir et pålitelig og effektivt styringssystem for transportbedriftene.

I kartleggingsarbeidet ble samlasteren Tollpost Globe brukt som casebedrift. I tillegg ble det gjennomført dialogmøte med Norges Lastebileier-Forbund (NLF) for å avstemme verktøyet mot NLFs eget miljøsystem ”Kvalitet og miljø på vei”.

I samarbeid med Tollpost Globe er det gjennomført en kartlegging av relevante prosesser og rutiner i transportbedriften for å få kunnskap om de aktuelle parametrene som bør inngå for beregning av utslippsanalyser. Prosessene ble beskrevet på en slik måte at miljøregnskapet kan integreres i dagens tankesett i Tollpost Globe, og dermed inngå som en naturlig del av bedriftens adferd (Tollpost Globes revisjonssystem/ISO-system (ISO 14001; Sertifisering på miljø).

### Grunnlagsdata og innsamlingsrutiner

Bruk av verktøy fra Grønn godstransport skal gi troverdige utslippstall for hele transportkjeden; distribusjon, framføring og terminalaktivitet. Det forutsetter at brukeren av verktøyet kjenner de nødvendige data som er knyttet til hver enkelt del av transportkjeden. Følgende grunnlagsdata må være kjent og tilgjengelig for at verktøyet skal kunne implementeres:

Transportkjede:

- Fra/Til postnummer for alle deltransporter (også de uten last)
- Fremføringsteknologi (biltype, togtype eller båttype)

Forsendelse

- Sendingens vekt og volum
- Vekt og volum for andre sendinger med samme lastbærer

Bedriftene vil ha ulike aktiviteter knyttet til forbruk. Det er naturlig at det er ulike produksjonsfaktorer og/eller aktivitetsmål som er relevante for det enkelte transportfirma. Følgende enheter/måltall kan være mulige produksjonsmål:

- antall kjørte kilometer som kan dokumenteres via drivstoffregnskapet
- godsmengde per tur
- antall kolli produsert på terminal

- antall containere eller kolli transportert i en gitt periode.

### 5.3 Hva er viktig for å få gode miljøprosesser

For biltransport er det kunnskap om drivstofforbruk per km og muligheten for å spesifisere drivstoffregnskapet på framføring med og uten last (tomkjøring) som er de viktigste parametrene.

For banetransport har det vært vanskelig å innhente data og å få tilgang til energiforbruk på de enkelte togstrekningene. Løsningen har vært å beregne egne faktorer for energiforbruk og utslipp for hver enkelt hovedstrekning i Norge. Det er montert strømmålere i samtlige EI-lokomotiv som avleses fortløpende av Jernbaneverket (grunnlag for fakturering). På diesellokomotivene eksisterer det ikke forbruksmåling i forhold til avstand. For banetransport generelt er det et stort potensial i forhold til fokus på energiforbruk og å forstå hva som påvirker variasjoner i energiforbruk ved framføring og terminaloperasjoner.

For båttransport har det ikke lyktes oss i å få tilgang til informasjon for å få kunnskap om nødvendige grunnlagsdata. Arbeidet ga oss gjennomsnittsverdier knyttet opp mot driftstimer, men skiller ikke på om skipet er under fart eller manøvrerer. Løsningen ble å benytte eksisterende og generelle faktorer fra ARTEMIS.

Det er gjennomført en kartlegging av energiforbruk og miljøkonsekvenser tilknyttet terminaldriften hos Tollpost Globe og CargoNet. Formålet var å systematisere kunnskap om terminalledet, få innsikt i hvilke aktiviteter som skjer på terminalen og grunnlag til å vurdere hvilke tiltak som kan iverksettes. Arbeidet med å kartlegge energi- og drivstofforbruk viser at vi har lite data knyttet til de ulike aktivitetene og at aktørene i terminalclusteret har begrensa kontroll på aktivitetene på terminalen. Ser man forbrukt energi i forhold til produserte enheter på terminalen har man grunnlag til å gjennomføre fordeling av utslipp mot hver enkelt kunde og forsendelse.

Løsningen for å gjennomføre utslippsberegninger på terminalledet kan være å sette en fast påslagsfaktor knyttet til håndtering og produksjon på terminalen (antall kolli produsert). Faktoren må skille på direkte energiforbruk (produksjonsavhengig) og indirekte (faste) produksjonsuavhengig energiforbruk. Bevisstgjøring rundt energiforbruk og utslipp ved terminalledet er viktigere enn utslippstallet per enhet i seg sjøl. Ved å skaffe data om energiforbruk og utslipp kan det gjennomføres sammenligninger mellom terminalene, og således gi aktørene muligheter til å bli mer energieffektiv og miljøvennlig i terminalledet.

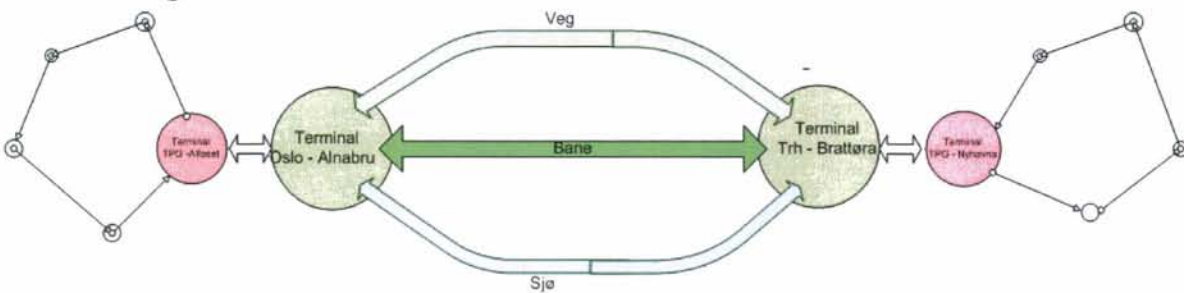
Arbeidet med terminalene har gitt prosjektet en forståelse av terminalens bidrag av utslipp. Kvaliteten på data er imidlertid ikke nøyaktige nok til å inkludere utslipp fra terminal i beregningsverktøyet.

Innsamling av grunnlagsdata som skal inn i beregningsverktøyet må skje automatisk eller manuelt. Ved ordinær drift bør data fra daglige aktiviteter i størst mulig grad genereres automatisk. Det bør gjennomføres ved at data overføres elektronisk slik at det ikke gir merarbeid. For de fleste bedriftene er det i tillegg behov for grunnlagsdata som må samles inn manuelt. Dette bør være relatert til aktiviteter der det er relativt små variasjoner i løpet av året slik at registreringer en gang per år er tilstrekkelig, eventuelt at de baseres på gjennomsnittsverdier. I transportbransjen foregår en

stadig overgang til sanntids og sømløs informasjonsflyt i verdikjeden slik at merarbeidet med manuelle operasjoner på sikt blir marginale.

## 5.4 Implementering i transportbedrifter

Utslipp skal beregnes for hele transportkjeden fra en sending<sup>11</sup> hentes på et lager til den blir levert til kunde. For direkte transporter beregnes kun selve fremføringen av sendingen. For samlasting innebærer transporten innhenting, terminalbehandling, fremføring, terminalbehandling og utkjøring. Se skisse i Figur 16.



**Figur 16** Eksempel på transportkjede for samlast av varer fra Oslo-området til Trondheimsområdet

Intermodale transporter kan inneholde flere ledd med ulik fremføringsteknologi på deler av transporten og dermed flere terminalbehandlinger.

### 5.4.1 Prinsipp

Utslipp fra godstransport oppstår ikke fra selve varen, men fra håndtering av varen. Håndtering kan være sortering, lagring og transport. I prosjektet har vi ønsket å gå videre fra generelle gjennomsnittlige utslippsfaktorer for Norge til strekningsspesifikke faktorer. En slik tilnærming til utslippsanalyser stiller større krav inndata. I de eksisterende faktorene for gram/tonnkilometer er utnyttelsesgrad og tomkjøring innbakt i beregningene. I metodikken som nå er etablert vil disse faktorene måtte beregnes eller vurderes eksplisitt. Det vil kreve at man tar stilling til framføringsmidlets karakteristika og annet gods som transporteres med samme transportmiddel. Tanken er at transportbedriftene og deres kunder skal kunne få ut utslippstall som er troverdige for hele transportkjeder. I praksis betyr dette at utslipp som følge av terminalhåndtering også skal legges inn.

### 5.4.2 Fordeling

Det er fysisk vekt som driver utslippene når man ser på et enkelt kjøretøy. Den utnyttelsesgraden som blir beregnet er avhengig av fysisk vekt. Fysisk vekt vil gi et riktig bilde av det totale utslippet for en transport. Dette utslippet må fordeles på sendingene som transporteres med samme transportmiddel.

### Vekt- og volum

Godstransport og spesielt samlast kan ofte sees på som en parallell til kollektivtransport, der flere kolli benytter samme transportmiddel. Utslipp fra godstransport stammer ikke fra produktet, men

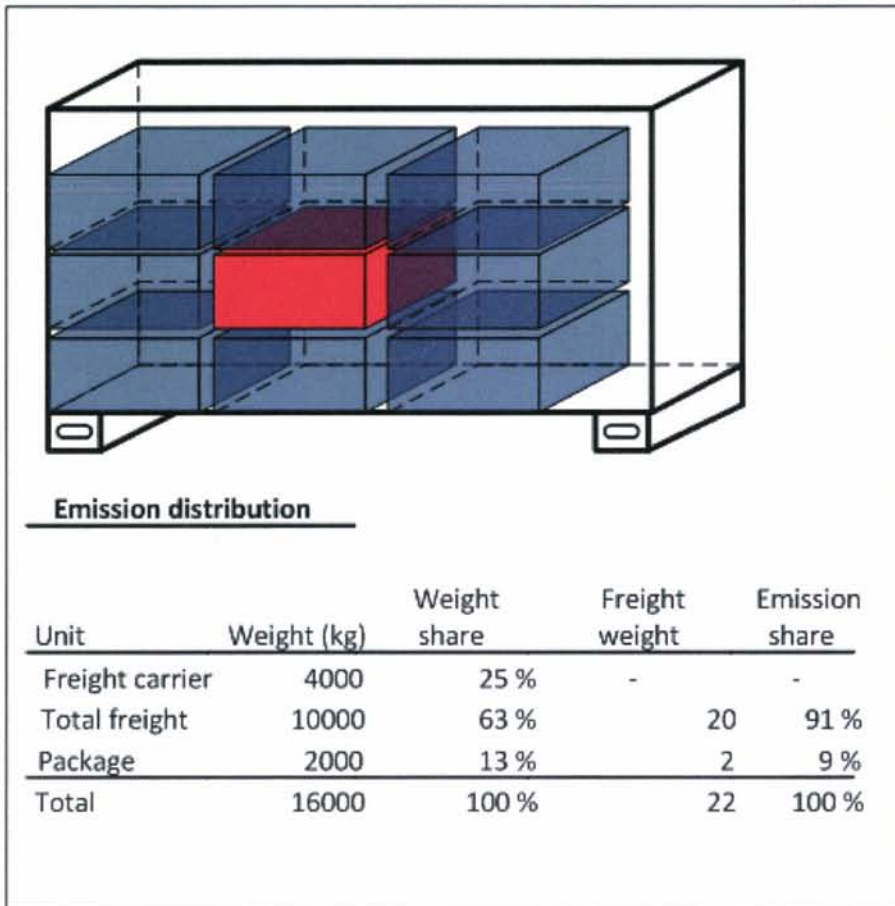
<sup>11</sup> En sending kan bestå av flere kollo. En sending har samme start og slutt punkt, og kan noen ganger splittes for å fylle opp et transportmiddel/lastbærer.

fra transportmidlet som frakter godset. Det finnes formelverk for å beregne utslipp fra transportmidlene, men hvordan utslippene skal fordeles ned på pakkenivå/sendingsnivå er mindre belyst. Eksisterende formelverk for utslipp er generalisert til et nivå der man ikke trenger å vite om annet gods som transporteres. I praksis oppgir man om man har voluminøst eller tungt gods og lar dette påvirke utslippet. Grønn godstransport tar sikte på at man i framtiden kan finne utslippene direkte fra kjøretøyene ved enten direkte målinger eller indirekte målinger. Vi må derfor eksplisitt håndtere hvordan vi fordeler utslipp fra et transportmiddel mellom de enkelte kolliene.

Det overordnede prinsippet for fordeling er at alle utslipp fra transportmidlet skal fordeles på godset som fraktes. Figur 17 viser et eksempel på fordeling av utslipp fra transport av en konteiner. I dette tilfellet er lastbæreren en konteiner, men skip, lastebil eller tog kan også være lastbærere. Den røde pakken er "vår" pakke som vi skal beregne utslippet for. Fysisk vekt er en viktig faktor for å beregne utslippet. Det kunne derfor være aktuelt å fordele utslipp etter vekt. Men gods har ulik tetthet og i et marked der man har knapphet om plassen vil voluminøst gods fortrenge annet gods. Derfor opererer transportbransjen med begrepet fremføringsvekt der volum også tas i betraktning. En mulighet vil derfor være å fordele utslippene etter fremføringsvekt.

Tanken bak er at utslippene fra en transport skal fordeles på en ryddig og avtalt måte. I vårt eksempel som vises i Figur 17 ser vi at den røde pakken utgjør 13 % av total vekt, mens den utgjør 9 % av fremføringsvekta. Bruk av fremføringsvekt til fordeling av utslipp vil føre til at kundene får insentiver til å krympe forpakninger og holde størrelsen på sendinger nede. Dette er fordelaktig så lenge volumet i lastbæreren fylles opp før vektbegrensningen er nådd.

Det er ikke gitt at alle transportører eller produktene som transportørene fører bruker begrepet fremføringsvekt. Posten Norge har et produkt som kalles for Smartpost, der det kun er volumet som styrer prisen. Pakkene har riktignok maks vektgrense på 35 kilo, men denne gjelder for alle størrelser av smartpost-esker. For posten ville det da bli riktig å fordele utslippet ut i fra volumet på smartpost-esken.



Figur 17 Eksempel på fordeling av utslipp. Freight weight = fremføringsvekt.

Det fordeles ikke noe utslipp til lastbæreren selv om vekten av lastbæreren også bidrar til utslipp.

### Tomtransport

#### Omplassering av lastbærere

*Omplassering er en bestilt forflytning av en lastbærer der det ikke er nyttelast utover transportmidlet eller lastbæreren. Når det ikke er retningsbalanse i godsmarkedet fører det til at det blir nødvendig med omplassering av lastbærere. Utslipp fra disse forflytningene er vanskelige å knytte til en enkelt kunde. Utslipp fra disse omplasseringsturene skal beregnes og fordeles på godset som kundene vil ha transportert. Utslipp beregnes ut i fra framføringsteknologi som frakter konteineren eller lastbæreren. Utslipp fra omplassering kan for eksempel fordeles etter fremføringsvekt på alle forsendelser innen et segment. Dersom en kunde sender gods med en lastbærer som av naturlige årsaker ikke kan frakte annet gods tilbake, beregnes retur med 0 last og legges til tur-utslippet.*

#### Tomkjøring

*Tomkjøring er en forflytning uten bestiller og nyttelast. Tomkjøring skiller seg fra omplassering ved at det er ingen bestiller som krever at man forflytter seg for å kunne hente et nytt lass. Tomkjøring er en aktivitet som utstyrseier gjør basert på en forventning om å få en ny last, men der transporten før lasting er for egen regning.*

Grunnen til at vi ønsker å skille på omplassering og tomkjøring er at det forventes at transportbedriften har kunnskap om omplassering av lastbærere og transportmiddel. Men tomkjøring oppstår gjerne ved adhoc-bruk av materiell. Ved adhoc-bruk vil det nok være mer vanlig at kjøretøy må gå tomme tilbake fordi det er en skjevhet i retningsbalansen.

Miljømessig vil det være gunstig å redusere andelen tomkjøring. Noe tomkjøring vil alltid være nødvendig på grunn av retningskjevheter. Mindre bruk av adhoc-transporter vil også kunne føre til redusert tomkjøring. Bruk av kontrakter over tid kan gi den aktøren som utfører transporten mulighet til å finne returlast selv.

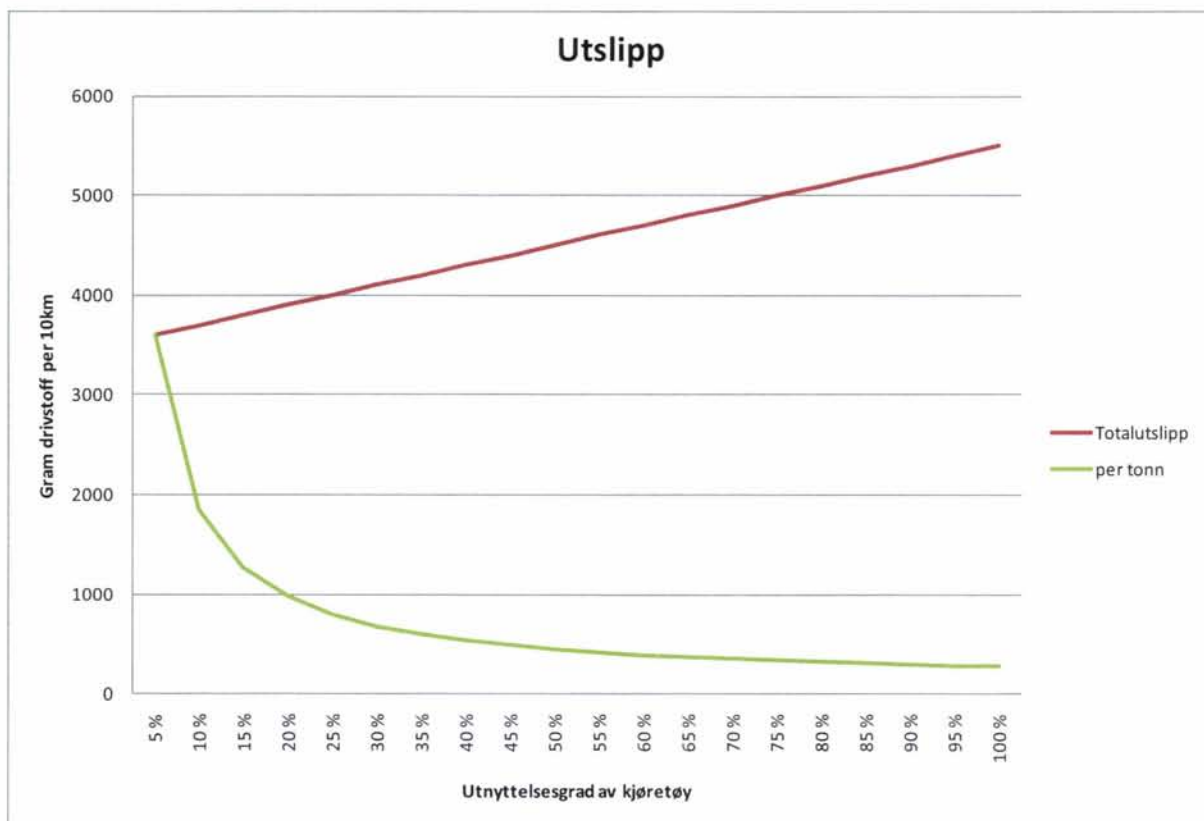
Det er derfor ønskelig å skille utslippsmessig mellom adhoctransport og kontraktsfestet transport. Dersom man har kontrakt med et kjøretøy bør kun utslipp fra aktuell distanse belastes godset som fraktes. Dersom transporten skjer med et transportmiddel som man ikke har fast kontrakt med blir man belastet for tom retur av kjøretøyet. Tanken her er at dersom man har faste kontrakter så har den som gjennomfører transporten en mulighet til finne retur gods på en annen måte enn om man bare har en adhoc-tur. I Tollpost Globe benyttes det stort sett returkontrakter. Unntaket er ved charterturer der man ikke benytter returkontrakter.

### **Utnyttelsesgrad**

Utnyttelsesgrad er vanligvis en viktig parameter i forhold til utslippsfaktorer, og den er ofte bygd inn i faktorene. Metodikken som er utviklet i dette prosjektet benytter ikke utnyttelsesgrad da denne variabelen beregnes for hver enkelt transport. Lav utnyttelse av et framføringsmiddel vil gi høyere utslipp per tonn.

Figur 18 viser hvordan utslipp per tonn påvirkes av utnyttelsesgraden. Nesten tomme kjøretøy (5 % utnyttelse) vil gi et vesentlig høyere utslipp enn kjøretøy som er fylt over 35 % når man ser på utslipp i gram per tonn. Det er riktig at det skal være slik, men det er ikke alltid like lett å forklare dette ovenfor kunder.





**Figur 18 Graf over utslipp og utnyttelsesgrad for en 30 tonn lastebil**

For våre beregninger kommer utnyttelsesgrad til å bli implisitt i beregningene. Det er derfor en faktor vi ikke trenger å ta hensyn til. Det kan finnes unntak, særlig ved ikke faste kontrakter. Her bør vi bruke nasjonale verdier.

### 5.4.3 Postnummer som geografisk oppløsning

Ved beregning av kostnader for en transport benytter transportbedriftene ofte postnummer som geografisk referanse. Dette gjelder også for Tollpost Globe. All transport av sendinger relateres til transport mellom postnummer. Ved beregning av utslipp har vi valgt å benytte samme oppløsning<sup>12</sup>. Det vil være noen postnummer som er feil eller som ikke lar seg knytte til vegnettet via GIS-operasjoner. For disse postnumrene lages det en korreksjonsliste som består av to kolonner: faktisk postnummer og postnummer som antas å være en god tilnærming. Her er det særlig postbokser og postnummer på øyer uten fast forbindelse som vil dukke opp.

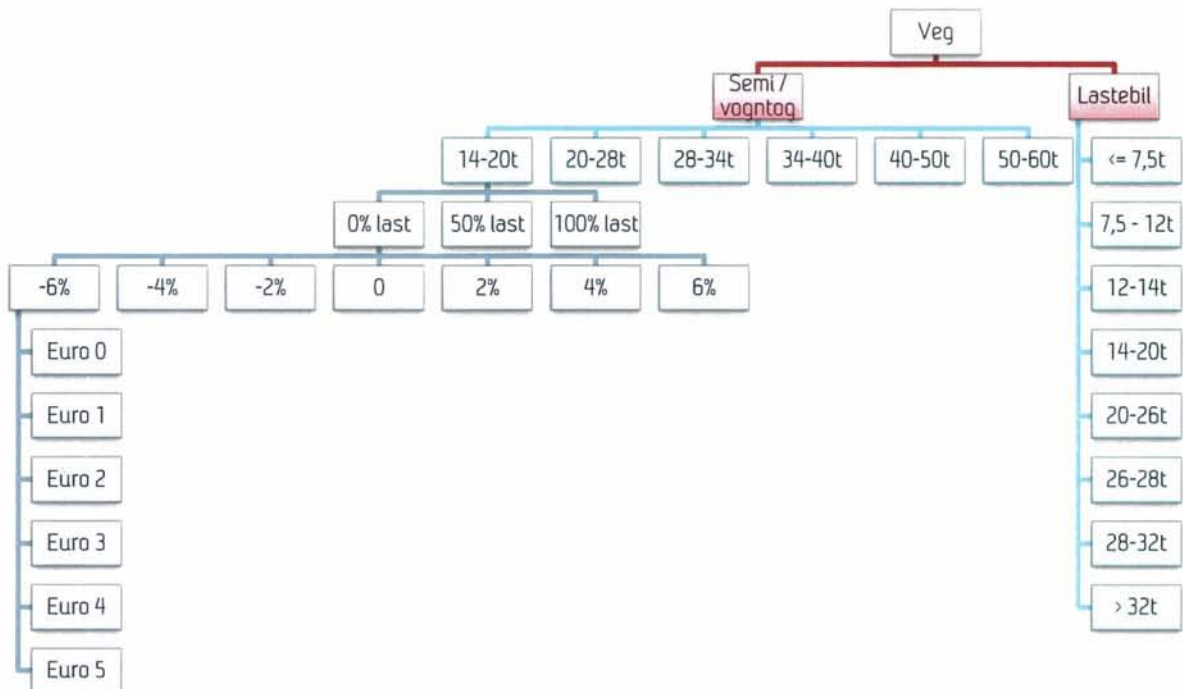
### 5.4.4 Beregningsgang

Godstransport på veg kan vanligvis deles i to typer, distribusjon og framføring. Framføring er forflytning av gods over lengre avstander med få stopp for lasting og lossing undervegs. Distribusjon omfatter i dette tilfellet innhenting og utkjøring av gods fra kunder.

<sup>12</sup> Geografisk oppløsning i metodikk og verktøy forøvrig er på koordinat. Det betyr at utslipp kan beregnes svært detaljert dersom datagrunnlaget eksisterer.

## Framføring

Beregningsmetodikken for framføring er fokusert rundt det enkelte kjøretøy som utfører transporten. Figur 19 viser de forskjellige kjøretøygruppene som finnes for tunge biler som lastebiler og semitrailer/vogntog.



**Figur 19** Oversikt over kjøretøy, vektclasser, last, stigninger og Euro klasser

I utgangspunktet er det 14 kjøretøytyper. For hver kjøretøytype har man 3 lastsituasjoner, 7 stigningsgrupper og 6 Euro klasser. Dette gir totalt 1764 utslippsfunksjoner for kjøretøy over 7,5 tonn. I tillegg beregnes utslippene for de forskjellige komponentene separat: CO, HC, NO<sub>x</sub>, PM og FC (Fuel Consumption). Det er en direkte kobling mellom drivstoff, energi og CO<sub>2</sub>. Ved å multiplisere drivstofforbruket med en konstant faktor kan man få fram energiforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp. Ved å multiplisere liter diesel med 2.66 finner man kilogram CO<sub>2</sub> og ved å multiplisere kilogram diesel med 43,1 finner man Mega Joule energi i følge SSB sine tall på gjennomsnittlig energiinnhold<sup>13</sup>.

Hver av disse funksjonene er også avhengig av gjennomsnittlig kjørehastighet. Uten hjelp av GIS vil det være nærmest umulig å beregne utslippene langs en rute da det vil kreve svært mye inndata. Her benyttes et GIS verktøy til å beregne utslipp langs ruter mellom postnummer. Resultatene lagres så i tabeller som gjør det mulig koble utslippene til en tur. Et eksempel på noen kolonner fra tabellen er vist i Tabell 14.

<sup>13</sup> <http://www.ssb.no/magasinet/miljo/tabell.html>

**Tabell 14 Eksempel på tabell med utslipp fra et kjøretøy**

Fra postnummer	Til postnummer	FC - 7,5t, Euro 0, 0% last	FC - 7,5t, Euro 0, 50% last	FC - 7,5t, Euro 0, 100% last	FC - 7,5t, Euro 1, 0% last	FC - 7,5t, Euro 1, 50% last	FC - 7,5t, Euro 1, 100% last
----------------	----------------	----------------------------	-----------------------------	------------------------------	----------------------------	-----------------------------	------------------------------

Lastgrad regnes ut slik:  $\frac{\text{aktuell last}}{\text{maks nyttelast}} \approx \text{lastgrad}$ . Interpolasjon brukes for lastgrader som ligger

mellom de tre standard lastgradene. En slik beregning krever at maks nyttelast er kjent for hvert enkelt kjøretøy.

### Valg av cut-off verdier

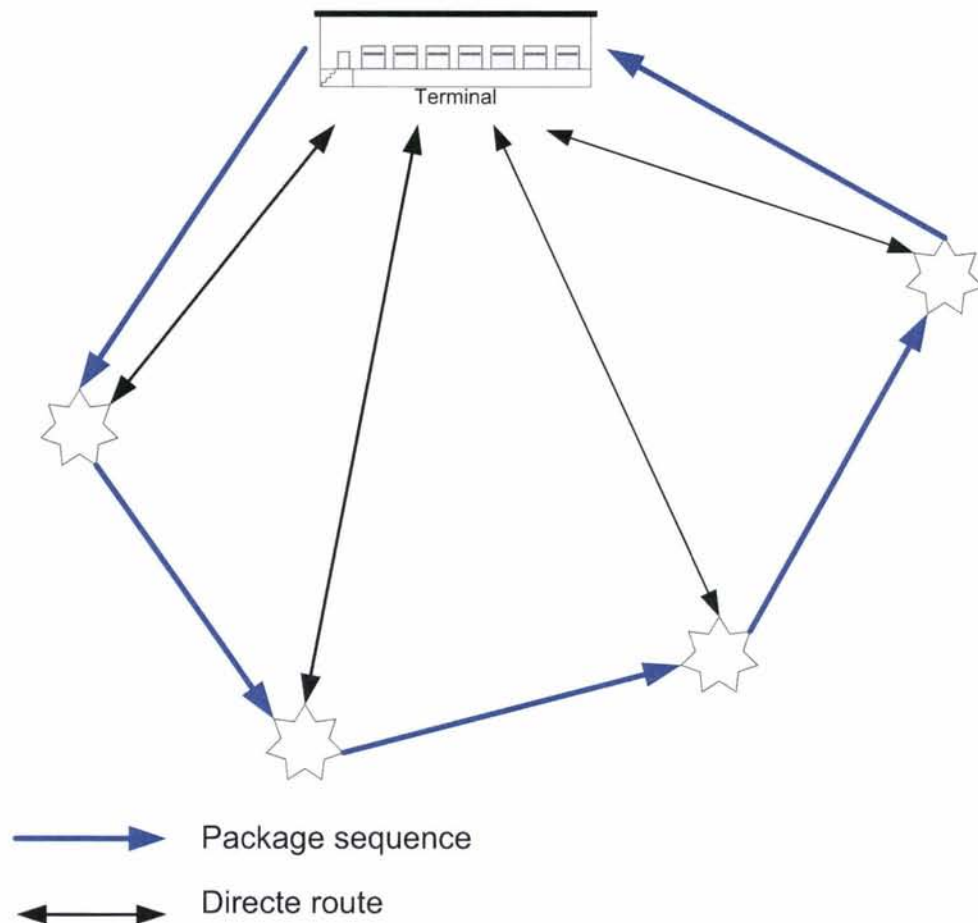
Beregningene vil gi utslipp på kjøretøynivå. Dette er et nivå som ikke gir spesielt mye mening for kunder om de ikke har hele kjøretøyet alene. Derfor må utslippet for sendingene som er med transportmidlet fordeles. Her bør det være opp til transportøren om det skal fordeles på pakkenivå eller om det skal fordeles på sendingsnivå. En utfordring ved sendingsnivået er dersom en sending splittes mellom ulike transportmiddel med svært ulike karakteristika, f.eks. bil og bane. I praksis vil man måtte bestemme et "cut-off punkt". Cut-off punktet bør være slik at det sier noe om hvor lite noe må være før man kan velge å se bort ifra det. Dersom bare 1 % av sendingene splittes mellom bil og tog bør man kunne se bort i fra dette. Et poeng med cut-off verdier er at man i utgangspunktet bør ha disse så lave som mulig. Bruk av cut-off verdier bør dokumenteres.

### Distribusjon

Utslipp fra utkjøring og innhenting er utfordrende da transportørene har relativt lite data om hvordan disse transportene faktisk foregår. Distribusjon er ofte tjenester som kjøpes av eksterne bileiere. De som kjører distribusjonsruter står fritt til å planlegge ruten som kjøres. I tillegg er det liten kunnskap om trafikkflyt i norske byer, men noen få byer har taktiske transportmodeller. Det har vært liten akademisk aktivitet rundt disse modellene til nå. Summen av dette betyr at riktige utslipp i by ligger et stykke inn i framtiden. Vi har rett og slett for liten kunnskap om de inndataene som trengs.

For beregning av utslipp fra distribusjon finnes det minst to aktuelle strategier:

- Package sequence
- Direct route



**Figur 20 To metoder for beregning av utslipp fra distribusjon**

**Package sequence**

Ved en Package sequence logikk følges pakkene for en bil som en sekvens, se Figur 20. Man er på pakkenivå og beregner korteste distanse mellom postnummer i den rekkefølge de er skannet inn på håndterminalen. Total distanse beregnes for ruten og total tid på ruten beregnes. Deretter trekkes det fra en stopptid. Stopptiden er definert som antall stopp multiplisert med en gjennomsnittlig tid på hvert stopp.

Gjennomsnittlig hastighet beregnes som:  $\bar{v} = \frac{\text{total distanse}}{\text{total tid} - \text{stopp tid}}$ .

Gjennomsnittshastigheten benyttes så til å beregne utslippet som en funksjon av distanse.

Lastgrad beregnes på samme måte som for fremføring  $\frac{\text{aktuell last}}{\text{maks nyttelast}} \approx \text{lastgrad}$ .

Maks nyttelast må defineres for de aktuelle kjøretøyene. Utslippet beregnes på en kollektiv måte. Hver pakke blir ikke avhengig av distansen den har kjørt, men får sin andel av totalt utslipp.

Pakkens utslipp blir da definert som: Pakke utslipp = totalt utslipp •  $\frac{\text{framføringsvekt av pakke}}{\text{total framføringsvekt}}$

Utslipp fra distribusjon vil da bli lavere om man observerer at sjåførene kjører ruten raskere eller stikker leveringer smartere, noe som gir kortere kjøreavstander.

Denne metoden krever mer behandling av data, men vil gi et mer riktig bilde av utslippet. Totalt utslipp for et kjøretøy skal også stemme med summen av pakker i kjøretøyet.

### Direct route

Alternativet er å beregne direkteruter mellom kunder og terminal. Dette er nok beregningsmessig enklere, men det vil gi grovere beregninger. Distanse regnes som korteste rute mellom terminal og postnummeret til kunden. Utfordringen her vil ligge i å finne en utslippsfaktor som man skal multiplisere godmengden med. Bruk av fartsgrense i by som en indikasjon på kjørefart er rimelig grovt og vil gi for lave utslipp. Mens direkteruteberegning vil gi for lange distanser som igjen vil gi for store utslipp. Det siste og vanskeligste punktet ved denne metoden er å finne ut hvor stor andel av utslippet som tilhører den konkrete pakken. For å finne ut av dette må det gjøres en systematisk beregning av gjennomsnittlig total framføringsvekt i kjøretøyene på enkeltturer. Forholdstallet mellom pakkens framføringsvekt og gjennomsnittlig total framføringsvekt vil da brukes til å beregne pakkens andel av det totale utslippet. Dersom disse tallene brukes i totalregnskap vil det mest sannsynlig føre til for høyt utslipp ved distribusjon. Dersom gjennomsnittstall benyttes må tallene oppdateres periodisk og beregningene må dokumenteres.

Dersom distribusjonsutslippene blir for store vil dette føre til at det er mindre nyttig med samlast. I praksis vil dette favorisere direkte transporter med bil som kan hente på det angitte postnummeret og frakte varen direkte til destinasjonen.

## 5.5 Proof of concept

Tollpost Globe har nødvendige prosesser og kunnskap om gods og transport på sendingsnivå. En sending kan bestå av flere pakker og det er ikke 100 % sikkert at alle pakker går med samme fysiske transportenhet. Tollpost Globe er i ferd med å etablere rutiner for å kartlegge omfang av dette og skal kunne gjøre årlige analyser for å observere en eventuell utvikling. Det betyr at Tollpost Globe kan følge sendinger gjennom transportkjeden slik beregningsrutinen krever.

Det er etablert en utslippsdatabase som gjør det mulig på kort tid å slå opp utslipp basert på transportmiddel, utnyttelsesgrad og fra/til (postnummer). Databasen er ca 100 GB stor med 771 millioner rader. Oppslagstid er under 0.1 sekunder med normal hardware.

Tollpost Globe utvikler sine egne systemer og har implementert rutiner som er beskrevet over på data som ligger lagret i deres produksjonssystem. Dette gjør det mulig å finne utslipp for enkeltsender og de kan rapportere disse til kunden eller aggregere data til et miljøregnskap. Tollpost Globe har satt i gang et arbeid for å finne ut hvordan de best kan rapportere disse utslippene til sine kunder.

## 5.6 Verktøytilgjengelighet

Beregningsbiblioteket (SEMBA) som er etablert i prosjektet er gjort tilgjengelig som open source. Det er mulig å hente ned siste gjeldene versjon fra <http://sourceforge.net/projects/semba/>.

Databasen som er beregnet er også fritt tilgjengelig, men på grunn av størrelsen på databasen må denne leveres på harddisk. De som ønsker databasen kan ta kontakt med SINTEF for å få en lokal kopi.

## 6 Teknisk evaluering

Resultatet av prosjektet er en database med utslipp fra vegtransport mellom alle postnummer i Norge og strekningsspesifikke tabeller for jernbane og utslipp for skip. Prosjektet har ikke gjennomført målinger som man kan sammenlikne de beregnede utslippene med, men det er gjort en rekke vurderinger av inndata og feilkilder i disse.

### 6.1 Overordnet

Hovedfokuset har vært å etablere et verktøy som vil fremme miljøtiltak på bedriftsnivå. Det er derfor utviklet en beregningsmodell som gir respons på tiltak som kan styres av det enkelte firma. En modell er en forenkling av virkeligheten, men som søker å gjenskape de forhold man ønsker å sette fokus på. I prosjektet har det vært fokus på tiltak som rutevalg, valg av transportmodi, kjøretøyteknologi og energieffektivitet. Modellen har ikke hatt som hovedfokus å gjenskape det drivstofforbruket som observeres i drivstoffregnskapet. Kort fortalt har man sett på hvilke utslipp man bør forvente seg på ulike relasjoner. Ved å sammenlikne registrert forbruk med beregningene kan man finne forbedringspotensialet. Det er forsøkt å bruke samme tilnærming på veg, bane og sjø. Utfordringen er at kunnskapsnivået om utslipp og energiforbruk for de ulike transportmodiene er svært forskjellig. I en rapport om utslipp fra skip står det at det er brukt vesentlig mindre tid og resurser på å beregne utslipp fra skip og jernbane enn fra vegtransport (Sjöbris, Gustafsson et al. 2005). Derfor er beregningssystemet lagt opp slik at når det kommer bedre og mer nøyaktige utslippsfunksjoner for sjø og bane så kan de implementeres uten store endringer i beregningsrammeverket.

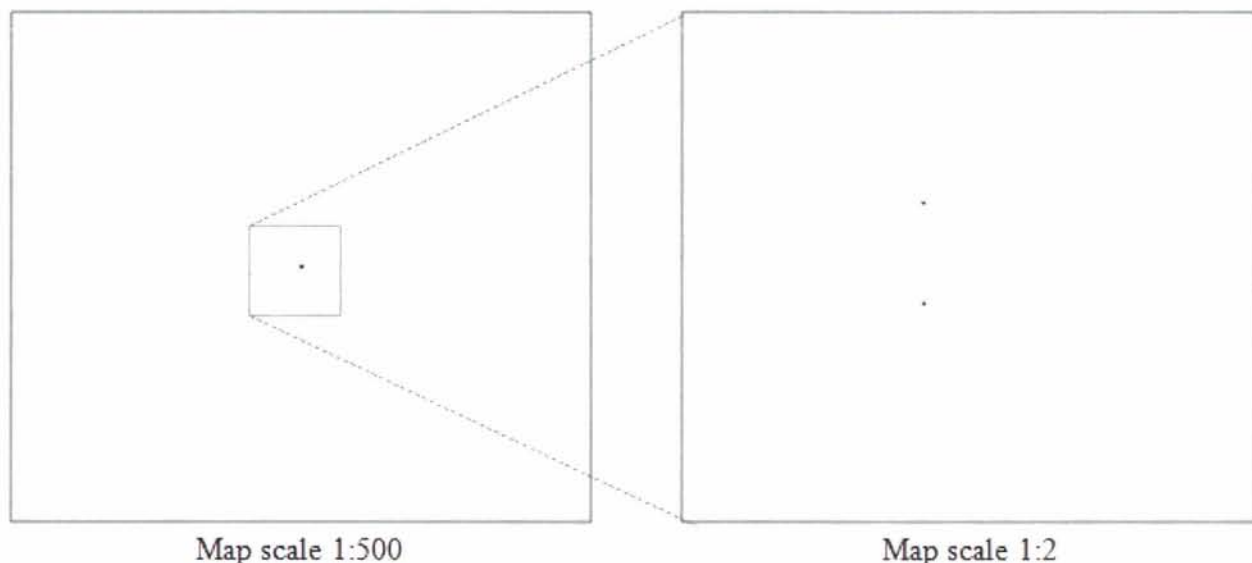
### 6.2 Transportnettverk

Som i all annen modellering er man avhengig av kvalitet på inndata. Dersom inndata er dårlig vil dette direkte påvirke resultatet. I beregningsmetodikken er det to hovedtyper inndata: utslippsfunksjoner for godstransport og data om transportinfrastrukturen. Transportnettverkene er viktige da det er på disse nettverkene man bruker utslippsfunksjonen. Fra litteraturen er det kjent at utslipp fra vegtransport påvirkes av stigninger og fall i betydelig grad (Hassel and Weber 1997; Boulter and Barlow 2005). Det er derfor viktig at grunnlaget for denne parameteren er riktig. Et annet viktig moment er at transportnettverkene er topologisk korrekte. Disse to typene feil og utfordringer blir beskrevet under.

#### 6.2.1 Topologi

At et nettverk er topologisk korrekt betyr at veger som henger sammen i virkeligheten er tegnet/lagt inn på en slik måte at de faktisk henger sammen. For farledene er ikke dette kriteriet oppfylt og det var nødvendig med en gjennomgang for å dele og koble sammen farleder slik at det blir en topologisk riktig struktur. Det samme gjelder for vegnettet som er hentet fra Nasjonal Vegdatabank (NVDB) via Elveg. Her ble det funnet flere brudd i vegnettet som følge av at linjer ikke henger sammen. Statens kartverk har koblet linjer som var nærmere enn 10 cm sammen. Europavegnettet ble gjennomgått og sjekket for slike brudd i lenkene, og på 7 steder ble vegnettet koblet sammen. Det har ikke vært anledning til å gjennomgå de resterende lenkene av kapasitetshensyn siden vegnettet inneholder over 570 000 lenker. Det pågår arbeid internt i Statens vegvesen for å etablere topologisk riktige nettverk fra NVDB. Når nettverket blir tilgjengelig kan det implementeres i beregningsrutinen uten at det må vesentlige endringer til. Jernbanenettverket var topologisk korrekt.

Figur 21 viser et eksempel på et topologisk brudd på E6 nord om Alta. Når kartet tegnes i målestokk 1:500 ser det ut som om de to linjene henger sammen. Dersom vi ”zoomer” inn til målestokk 1:2 ser vi at linjene faktisk ikke henger sammen. Avviket mellom linjene er på litt under 11 cm, men dette er nok til at nettverket ikke henger sammen.



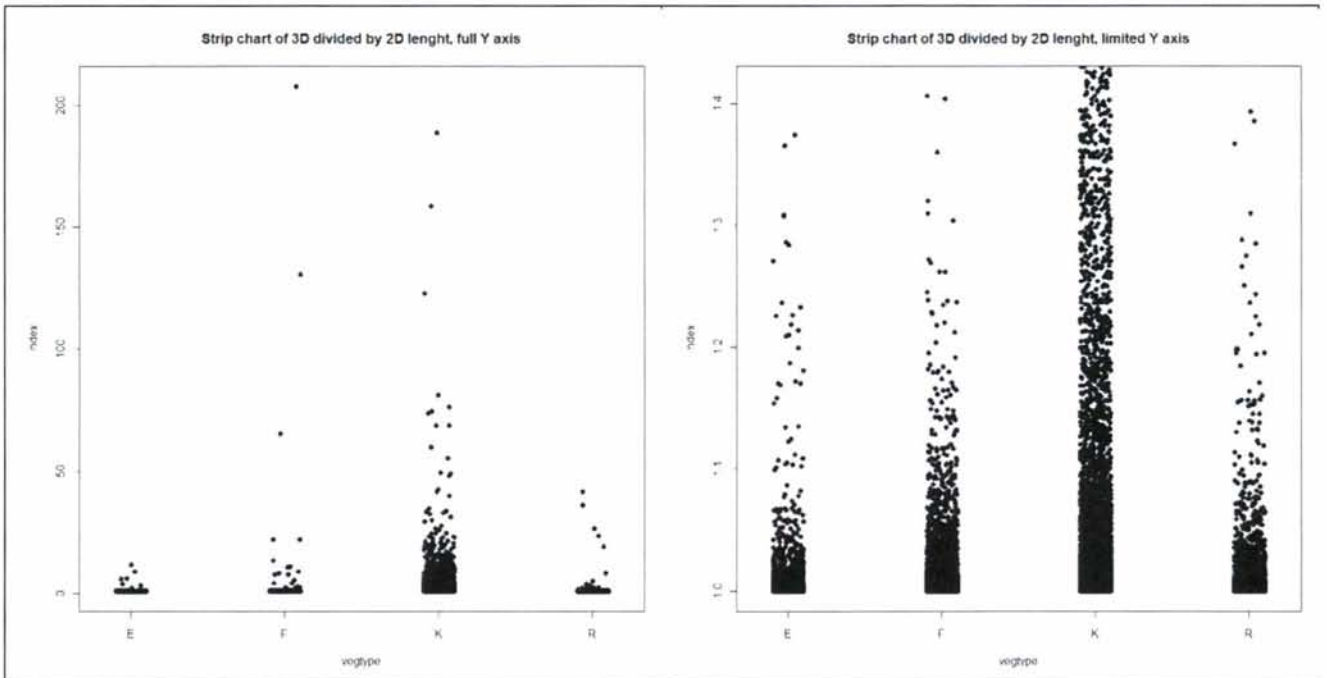
**Figur 21 Eksempel på topologisk brudd på E6 nord for Alta**

Topologiske feil vil kunne føre til feil i rutevalg og dermed feil i beregning av utslipp. Lokaliseringen av topologiske feil vil ha mye å si for skalaen på feilene. Nord om Alta var man maksimalt uheldig da det for store deler av områdene nord for det aktuelle bruddet ikke fantes alternative ruter. Dette førte til at det ikke var mulig å nå alle aktuelle postnummer i Finnmark. Andre steder har feilen nesten ingen betydning da det finnes alternative ruter av relativt lik karakter.

## 6.2.2 Geometri

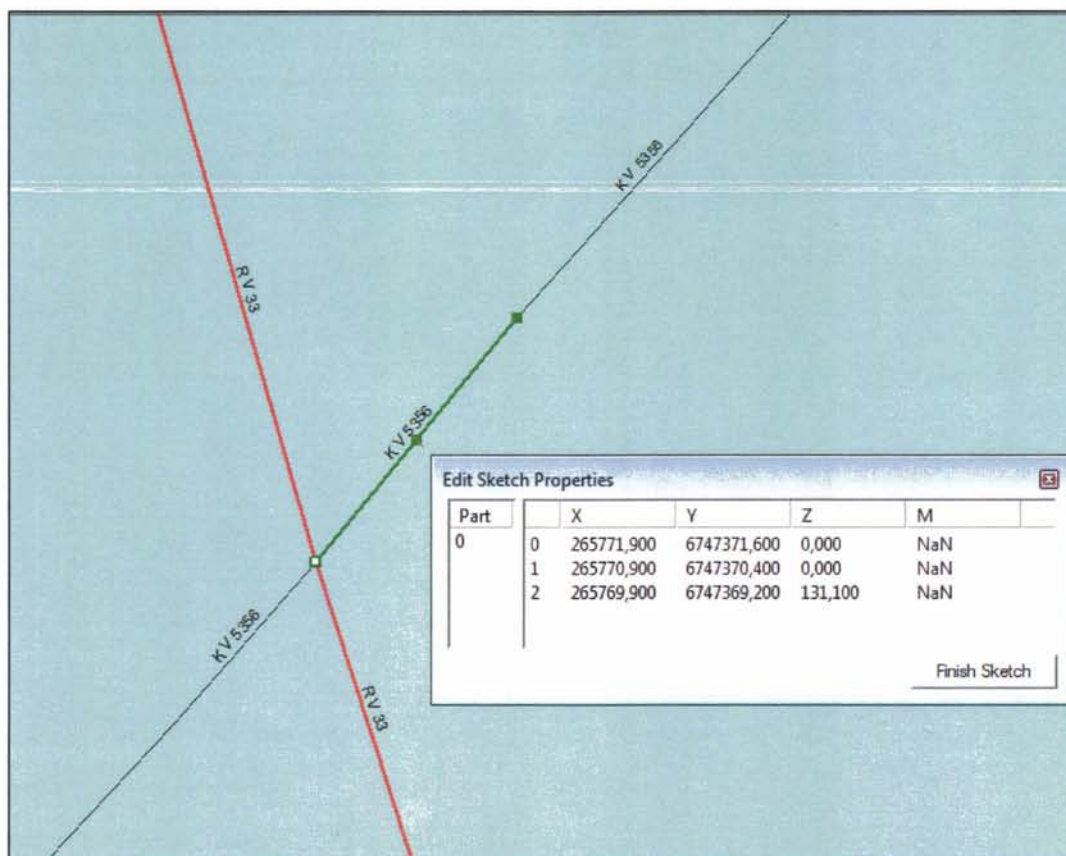
Geometrien på lenker vil også kunne påvirke utslippene, spesielt gjelder dette stigninger og fall. Det ble derfor gjort noen enkle kontroller av nettverkene for å finne eventuelle geometriske feil. For jernbane klarte man ikke å levere høydedata for alle banestrekningene. Jernbanenettverket ble derfor gjennomgått manuelt og det ble lagt høydedata på aktuelle stasjoner. Horisontalkurvatur påvirker ikke utslippene med gjeldende utslippsfunksjoner. Det er derfor ikke satt fokus på horisontal geometri. En enkelt metode å kontrollere stigninger og fall på er å se på forskjellen mellom lengde målt i to dimensjoner og lengde målt i 3 dimensjoner.





**Figur 22 Forskjeller mellom 2D og 3D lengde i Elveg 2008**

Figur 22 viser et diagram som viser forholdstallet mellom 2D og 3D lengde av veglenker fordelt på vegkategoriene. Det observeres til dels svært store forholdstall, der 3D lengden er mer enn en 1.4 ganger 2D lengden som betyr at stigningen er over 45 grader. En detaljanalyse har gitt at det er systematiske feil i Elveg 2008 nettet. Spesielt gjelder problemene kommunale veger inn mot riksveger.



**Figur 23 Problem med stigninger inn mot riksveger**

Figur 23 viser et eksempel på en slik stigning der riksvegen ligger på ca 133 meter over havet. Kommunalvegen som entrer riksvegen kobler seg på vegen i 133,1 meters høyde, mens resten av knekkpunktene i vegnettet har høyde 0. Siden veglenken er svært kort får man store stigninger, i dette tilfellet 4196 % stigning. I følge de norske vegnormalene som benyttes til vegbygging er det sjelden at man planlegger stigninger over 12 %. Det er derfor innført en begrensning på stigninger i beregningsrutinene som hindre ekstreme stigninger fra å gi ekstremt høye utslipp.

Tabell 3 viser fordelingen av lenker med stigninger/fall over 15 %. Av tabellen ser man at det er en relativt stor andel lenker, mens gjennomsnittlig lengde på lenkene er lav (10-53 meter). Av vegnettets totale lengde er 0,34 % av lengden belagt med stigninger større enn 15 %, se tabell 3. Det ser heller ikke ut til at det er en geografisk sammenheng mellom hvor problemlenkene er, se Figur 24.

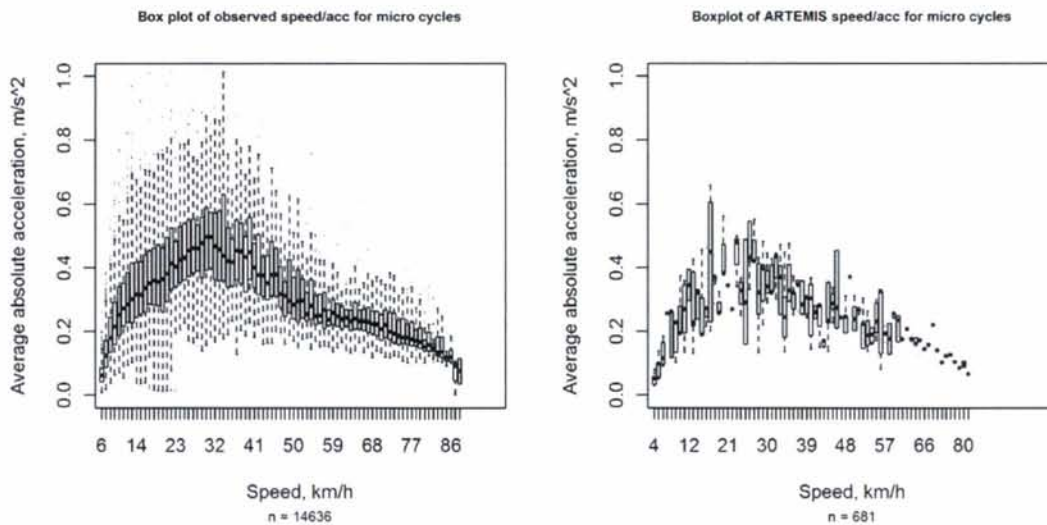


**Figur 24 Veglenker med over 15 % stigninger og fall**

Innenfor prosjektet var det ikke rammer til å rette opp i disse feilene. Dette er systematiske feil som bør rettes opp slik at oppdaterte utgaver av vegnettet inneholder riktige data. Selv om mange lenker er påvirket gjør spredningen og karakteren til feilene at de påvirker beregningene relativt lite. For normale reiser langs vegnettet er det relativt få overganger mellom riksveger og kommunale veger.

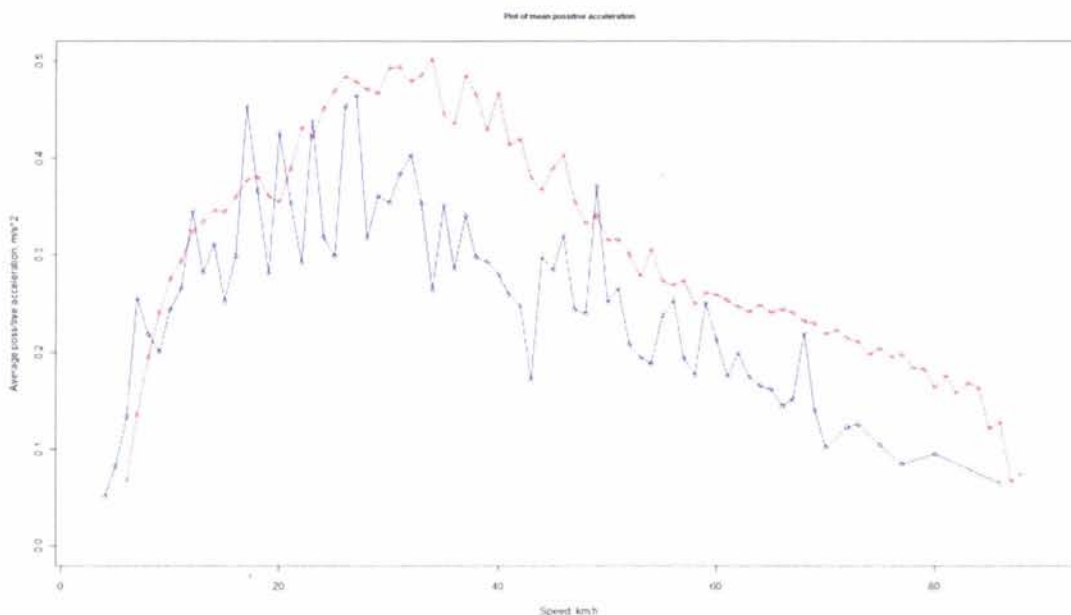
### 6.3 Utslippsfunksjoner – test av antagelser

Når det gjelder utslippsfunksjoner så er det naturlig å stille spørsmål om norsk kjørestil og europeisk kjørestil er lik? For å svare på dette ble det utviklet loggeutstyr som ble utplassert i kjøretøy til en underleverandør for Tollpost Globe. Grunnlaget for utslippsfunksjonene er kjøresykluser. Gjennom prosjektet er det ikke etablert norske kjøresykluser, men det er gjort stikkprøver av kjøreadferd hos et utvalg kjøretøy på normale godstransportruter i Norge.



**Figur 25** Analyse av gjennomsnittlig positiv akselerasjon for tyngre kjøretøy, ARTEMIS og observert i Norge.

Figur 25 viser gjennomsnittlig positiv akselerasjon innenfor forskjellige mikroturer med forskjellige gjennomsnittshastigheter. En mikrotur er en tur mellom to stopp der farten aldri er under 3 km/t. Skala og form på vurderingen av gjennomsnittlige akselerasjoner ved forskjellige hastigheter synes å være relativt lik. Dette gir indikasjoner på at norsk kjøreadferd ikke er svært forskjellig fra europeisk kjøreadferd som ligger til grunn for utlippskurvene.



**Figur 26** Plott av gjennomsnittlig positiv akselerasjon for mikro turer

Figur 26 viser at bildet er mer nyansert. Stort sett synes de akselerasjonene som ligger inne i ARTEMIS jevnt over å ha et lavere nivå. Det er en samvariasjon, men nivået på akselerasjoner i ARTEMIS databasen synes å være lavere. Akselerasjonene som ligger inne i ARTEMIS skal representere den totale kjøretøyparken for tungbil. I Grønn godstransport-prosjektet er bare en liten del av kjøretøyparken testet, og det er den som innbefatter containerbiler og biler egnet til

distribusjon av dagligvarer i regionen. Vi har ikke med tyngre lastebiler som kjører lavverdig gods som stein, grus og fyllmasser. Kjøretøyene vi har målt på har relativt kraftige motorer i forhold til nyttelasten de har transportert. Det er derfor ikke unaturlig at vi observerer sterke akselerasjoner. Dette er et område som bør studeres videre. I prosjektet har vi vist at det er mulig å se på bakenforliggende faktorer for utslippsberegninger og vi er i stand til å se på disse i forhold til observerte data. Det kunne vært interessant å se på forskjeller i kjøreadferd mellom sjåfører, men av hensyn til personvernet er det ikke samlet inn data om hvem som har kjørt.

## 6.4 Sammenlikning av ArcMap og NetworkX

Tabell 15 viser en kontroll av rutevalgsalgoritmen og datasettet som er benyttet til etablering av databasen med utslippsfaktorer. Det var ikke mulig å beregne utslippsmatrisen via standard ESRI ArcMap programvare. Derfor måtte det lages en egen ruteberegningsskript. Et sett med nettverksanalysealgoritmer kalt NetworkX fra Los Alamos National Laboratory<sup>14</sup> ble benyttet.

Avvikene mellom avstandsberegning med ArcMap og NetworkX er relativt små bortsett fra på noen relasjoner der avviket er så høyt som 12 %. Dette avviket er et systematisk avvik som fremkommer som følge av ferger på strekningene og hvordan disse håndteres. I ArcMap, som antas å være fasiten, blir distansen av ferger regnet inn. I algoritmen som generer databasen er ikke fergedistansen med. Dette henger sammen med at på en ferge står kjøretøyene i ro og da genereres det normalt sett ikke utslipp fra bilen. Kontrolltallet er et forholdstall mellom avstand målt i ArcMap og avstand målt i NetworkX. I tabellen ser vi at på relasjoner med ferger så er kontrolltallet over 1,0 og det er riktig. Selv om ArcMap antas å være fasiten gir den heller ikke det riktige svaret, da det er "glipper" i nettverket som følge av at Elveg 2008 ikke er topologisk korrekt. Kort fortalt finnes det glipper i nettverket som gjør at det ikke er mulig å kjøre på veger som egentlig skal henge sammen. Det velges da en omkjøring, og dette gjør at distansen blir lengre. Måten NetworkX nettverket er bygget på gjør at "glipper" på mindre enn ca 0,5 meter blir tettet. I ArcMap blir "glipper" under 0,10 meter tettet.

Konklusjonen av kontrollen er at overføring til NetworkX-format og ruteberegningene i NetworkX fungerer. Det observeres forskjeller som forventet i forhold til ferger, og på noen strekninger er det rett "glipper" i vegnettet som for eksempel mellom Ålesund og Kristiansand.

---

<sup>14</sup> <http://networkx.lanl.gov/overview.html>

**Tabell 15 Kontroll av rutevalgsalgoritme og nettverksdata**

Relative forskjeller i ruting, basert på utkjørte kilometer.

	Oslo	Fredrikstad	Drammen	Sandnes	Kristiansand	Bergen	Ålesund	Trondheim	Bodø	Tromsø	Kirkenes
Oslo		0,99	0,98	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fredrikstad	0,99		0,99	1,02	1,04	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Drammen	0,98	0,99		1,00	1,00	1,01	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00
Sandnes	1,00	1,02	1,00		1,00	1,12	1,07	0,99	0,99	1,00	1,00
Kristiansand	1,00	1,04	1,00	1,00		1,06	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00
Bergen	1,01	0,97	1,01	1,12	1,06		1,04	1,00	1,00	1,00	1,00
Ålesund	1,00	1,00	0,98	1,07	0,93	1,04		1,05	1,02	1,02	1,01
Trondheim	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,05		1,00	1,01	1,01
Bodø	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,02	1,00		1,01	1,01
Tromsø	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	1,01	1,01		1,01
Kirkenes	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	

## 6.5 Sammenligning av verktøy fra Grønn godstransport med verktøy hos Tollpost Globe

Utslippsfaktorene som Tollpost Globe benytter i dag stammer fra en TØI rapport fra 1997 (Thune-Larsen, Madslie et al. 1997). Faktorene er gjengitt i Tabell 16. Tollpost Globe har ikke regnet på partikkelutslipp (PM).

**Tabell 16 Utslippsfaktorer benyttet i Tollpost Globe sitt miljøregnskap fra 2003**

Type	CO <sub>2</sub> (g/tkm)	SO <sub>2</sub> (g/tkm)	NO <sub>x</sub> (g/tkm)	CO (g/tkm)
Innhenting og utkjøring	158,96	0,02	1,49	0,63
Langtransport veg	52,71	0,01	0,47	0,17
Langtransport dieseltog	69,30	0,06	0,87	0,23
Langtransport elektrisk tog	0,00	0,00	0,00	0,00
Langtransport sjø	91,00	0,24	2,15	0,06

Å regne seg bakover til hva en slik faktor skal være for vårt datamateriale involverer å finne maksimal nyttelast for de aktuelle kjøretøygruppene. Til dette ble det innhentet data om 44310 tunge kjøretøy med euroklasse 1-5 fra det nasjonale kjøretøyregisteret. For en lastebil med total vekt 40-50 tonn fant vi at gjennomsnittlig maksimal nyttelast var 33 610 kg. En full bil kan da ha med 2 konteinere (8000 kg) med 25610 tonn gods.

Tabell 17 gir da følgende utslippsfaktorer:

**Tabell 17 Utslippsfaktorer mellom Trondheim og Oslo**

Vogntog 40-50 tonn EURO IV	CO <sub>2</sub> (g/tkm)	NO <sub>X</sub> (g/tkm)	CO (g/tkm)	PM (g/tkm)
0 % nyttelast (1 tonn på bilen)	603,0	3,793	0,105	0,022
100 % nyttelast i gods	32,5	0,179	0,003	0,001
100 % nyttelast inkl. Konteiner	42,7	0,235	0,004	0,001

Tabellen viser utslippene omregnet til gram per tonnkilometer for relasjonen Trondheim - Oslo. Første rad viser utslipp dersom bilen har tilnærmet 0 % nyttelast, dette eksemplet beregnet med 1 tonn last. Rad nummer 2 er når all nyttelast er utnyttet av gods og lastbæreren har ingen vekt. Den siste raden viser et mer realistisk bilde med 2 konteinere som veier 8 tonn og 25 tonn gods fordelt på de to konteinerne. Tabellen gir en tydelig indikasjon på at vektutnyttelse er viktig i forhold til utslipp per tonnkilometer. Beregningsmetodikken i Grønn godstransport-prosjektet gjør det mulig å få med effekten av vektutnyttelse framfor å sette en statisk parameter som skal gjelde for hele firmaet eller liknende.

SO<sub>2</sub> utslipp avhenger direkte av svovel innholdet i drivstoffet. I følge produktbladene til Statoil er det maksimalt 0,001 vektprosent svovel i norsk diesel. Formelen fra å beregne SO<sub>2</sub> utslipp er som følger (European Environment Agency 2009):

$$E_{SO_2} = 2 \times \text{vektprosent svovel} \times \text{vekt av drivstoff}$$

Dersom vekten av drivstoff regnes i kilogram blir enheten for utslippet også kilogram.

## 6.6 Korreksjonsfaktorer for utslippsdatabase for vegtransport

Ved etablering av databasen som skal kobles mot bedriftens produksjonssystem måtte det benyttes en datareduksjonsteknikk, der antall kombinasjoner av stigninger og fartsgrenser ble redusert. Reduksjonen var nødvendig for å kunne etablere utslippsbasen i løpet av en akseptabel tidshorisont (31 dager mot ca 3 år). En lineær grupperingsfunksjon ble benyttet, men denne fungerte dårlig i kombinasjon med fordelingen av stigninger i det norske vegnettet. Det ble derfor kjørt simuleringer for å finne en korreksjonsfaktor. Korreksjonsfaktoren multipliseres med resultat fra beregningen basert på Ax+b parametrene fra databasen. Hver utslipps komponent har sin egen faktor, se Tabell 18:

**Tabell 18 Tabell med korreksjonsfaktorer for utslipp fra vegtransport**

Komponent	Korreksjonsfaktor
NO <sub>x</sub>	1.1184
Drivstofforbruk	1.1069
CO	1.1575
THC	1.1117
PM	1.1300
CO <sub>2</sub>	1.1069

## 6.7 Sammenligning GG med "Kvalitet og miljø på vei" hos Norges Lastebileier-Forbund

Norges Lastebileier-Forbund (NLF) har et eget system for miljøovervåkning som kalles for "Kvalitet og miljø på vei". I dette systemet rapporterer sjåfører og selskap inn drivstofforbruk og antall kjørte kilometer. NLF sitt system tar utgangspunkt i hva som har skjedd og lager seg en indeks i forhold til dette. Drivstofforbruk, kilometer kjørt og drivstoffbaserte utslippsfaktorer brukes så til å beregne utslippet. Dette fører til at NLF sitt system vil gi en riktig rapport på dieselforbruk og CO<sub>2</sub> utslipp i etterkant. Modellen vil ha noen utfordringer i å vurdere alternativer og fremtidige situasjoner da kilometer kjørt og kjøretøy er eneste forklaringsvariabel. Systemet plukker opp dersom det er mye kø-kjøring og annen aktivitet som ikke er knyttet til den konkrete transporten. Eksempler på dette er tomgangskjøring og avvik fra korteste rute. NLF-regnskapet vil kunne gi riktige utslippstall for hvor mye CO<sub>2</sub> lastebiler slipper ut. utfordringen er nøyaktigheten ved beregning av NO<sub>x</sub> og PM-utslipp der effekten av stigninger og fall ikke er inkludert.

NLF sin metode er en top-down tilnærming der totaltallet for det som måles er riktig. I dette tilfellet måles dieselforbruk, der CO<sub>2</sub>-utslippet er direkte knyttet til dieselforbruk. Når det kommer til tiltak for å redusere utslippene så er det begrenset med støtte i NLF sitt system. I all hovedsak vil man kunne bruke en indeks som består av forbrukt drivstoff og antall kilometer kjørt. I verktøyet som er utviklet i Grønn godstransport-prosjektet vil man bl.a. kunne se på rutevalg for å se hvordan man kan spare drivstoff. Det er også mulig å beregne utslipp som følge av køkjøring dersom man gjør antagelser om kjørehastigheter.

Kombinasjonen av NLF sitt "Kvalitet og miljø på vei" og beregningsverktøyet som er utviklet gjennom Grønn godstransport gir muligheten til å finne et besparingspotensial. Dersom vi fastholder dagens godsdistribusjonssystem kan man gjøre beregninger på hvor mye det er mulig å spare ved å redusere tomgangskjøring, køkjøring og kjøring der godsforflytning ikke er det primære målet. Dette tallet kan være et nyttig innspill i debatten om hvor stort besparingspotensial det ligger innenfor den vegbaserte transporten.

## 6.8 Kontroll av bane og skip

Det ble gjort forsøk med å kontrollere beregningsresultat mot målinger for jernbane og skip.

For skip ble det forsøkt innhentet drivstoff- og NO<sub>x</sub>-regnskap. Vi fikk tilgang på drivstofforbruk og utslipp av NO<sub>x</sub>, men vi fikk ikke tak i aktivitetsdata slik at det ble mulig å kombinere data til å fremskaffe kontrollfaktorer. Vi har derfor ingen mulighet til å gjøre kontroller mot det aktuelle skipet.

For bane ble det gjort tilsvarende forsøk på å skaffe data om energiforbruk fra energimålere som er installert i toget. Vi fikk tak i noe data som viste energiforbruk relatert til aktivitet, men utvalget var lite og tallene gav en indikasjon på at tonnkilometer ikke er en god parameter for å beskrive variansen vi observerer. På grunn av lite tallgrunnlag har vi ingen mulighet til å bruke disse dataene til kontroll. Det er trolig avdekket et område for videre forskning for å se på energiforbruk til godstog.



På grunn av faktorene nevnt over så har vi ikke hatt mulighet til å kontrollere resultatene på andre måter enn å gjøre rimelighetskontroller basert på andre datakilder. Beregningene har vært innenfor variasjonsområdet som oppgis av andre kilder (Knörr, Seum et al. 2010).

## 7 Resultatutnyttelse

Avslutningsvis i prosjektperioden ble det gjennomført en dialog med partnerne for å avdekke partnernes opplevelse av å delta i prosjektet. Partnerne ble oppfordret til å beskrive hvilke erfaringer deltakelsen i prosjektet har gitt og hvordan resultatet kan utnyttes av den enkelte i videre arbeid. Partnerne har ulike roller som bedrifter, etater og organisasjoner og det vil dermed påvirke hvilke muligheter de har til å utnytte resultatene. Følgende partnere har bidratt med hvert sitt notat med fokus på nytte og bruk av verktøyet for den enkelte:

- Tollpost Globe
- Norges Lastebileier-Forbund
- Statens vegvesen
- Jernbaneverket

Partnerne framhever at en viktig effekt av prosjektdeltakelse er den økte kompetansen som prosjektet har bidratt med å bygge opp hos sentrale aktører i transportsektoren. Denne kompetansen vil gi en miljødiskusjon innen sektoren som baserer seg på vitenskapelige fakta og reelle sammenhenger. Gode beslutningsstøttesystemer vil gjøre det enklere, gjennom frivillige tiltak, å prioritere og gjennomføre de riktige tilpasningene for å redusere miljøbelastningene fra transportvirksomheten. Sammensetningen av partnerne bidrar til at prosjektet representerer tverretatlighet, og gir håp om at verktøyet kan etableres som bransjestandard og bli et nøytralt, objektivt og felles verktøy for alle aktører i transportkjeden. Partnerne ser imidlertid utfordringen; "hvordan få flertallet til å ta verktøyet i bruk".

Den detaljerte beregningsmetoden gjør det mulig å gi et mer realistisk anslag på fordeling av miljøkonsekvenser på sendingene. Dette vil kunne øke bevisstheten om miljø og klimapåvirkning fra transport av gods, og det vil bidra til at aktørene i transportkjeden inklusive mottaker og avsender stilles ovenfor reelle valg.

For transportbedriftene vil verktøyet bidra til å vurdere tiltakene nede på operasjonelt nivå. For å kunne nyttiggjøre seg verktøyet må de ha god kunnskap om og innsikt i egne prosesser og rutiner knyttet til transportproduksjonen. Med bruk av Grønn godstransport vil det gi nyttig input til bedriftens eget miljøregnskap og miljøstyringssystem. Transportbedriftene vil videre kunne tilby miljødata og scenarioberegninger til sine kunder og bidra til bevisstgjøring av miljøkonsekvenser og påvirke valgene som gjøres av bestiller og sluttbruker. Bruk av verktøyet vil således bidra til å utvikle og styrke kunderelasjonene og øke behovet for informasjonsformidling om miljø- og klimakonsekvenser ved transportetterspørsel. Transportfaglig har prosjektet bidratt positivt blant annet i form av kunnskap og bevisstgjøring av terminalleddet, hvordan man styrer og påvirker sendingsstruktur og hvordan man gjennom kontraktsforhold kan påvirke tomkjøring, omplassering og retningsbalanse.

Vareeierne<sup>15</sup> vil gjennom informasjon fra transportbedriftene kunne beregne energiforbruk og utslipp som er knyttet til den enkelte forsendelse. De vil dermed bli i stand til i større grad å vurdere alternative transportopplegg basert på miljøparametre og gjøre vurderinger i forhold til forsendelsens karakter (vekt, volum, hasteordre etc.).

<sup>15</sup> Vareeierne deltok i prosjektet til og med 2009 da Transportbrukernes Fellesorganisasjon ble avvirket.

Transportetatene vil ved bruk av verktøyet kunne foreta detaljerte utslippsberegninger for næringstransport (og persontransport<sup>16</sup>). Videre kan beregninger av miljø- og klimaeffekter av tiltak i transportsystemet være nyttige bidrag i vurdering og prioritering av investeringer i infrastruktur og styrke beslutningsunderlaget i prosessen rundt arbeidet med Nasjonal Transportplan (NTP). Transportetatene har i tillegg fått god kunnskap om transportnæringen og opplever prosjektet som et verdifullt bidrag i forhold til å styrke samarbeidsarenaen mellom offentlige myndigheter og transportnæringen. Felles metodikk innen bransjen vil gi godt grunnlag for å operere med sammenlignbare resultater. Det vil bidra til kompetanseutvikling innefor området bærekraftig transport og det vil kunne bidra til styrket samarbeid på tvers innenfor samferdselssektoren.

Kunnskapsoppbygging, utvikling av kompetanse og nettverk kan oppsummeres til å være partnernes felles nytte av å delta i prosjektet. I tillegg til at det igjennom prosjektet er utviklet felles metodikk og beregningsverktøy.

---

<sup>16</sup> Med relativt små ressurser kan verktøyet inkludere alle kjøretøy slik at det også kan benyttes til å beregne utslipp og energiforbruk fra persontransport.

## 8 Videre forskning og utvikling

Kravet til forskningsprosjektet Grønn godstransport har vært opplevd som at man skulle finne de endelige og enkle utslippsfaktorene som lar seg benytte for å generere et totalt utslippsregnskap. Det prosjektet har lyktes med er å etablere metodikk for å beregne utslipp fra godstransport basert på detaljerte data i bedriften og detaljerte data om infrastrukturen. Beregningsmetodikken har en karakter som gjør det mulig og relativt enkelt for godstransportører å se på effekter av tiltak som kan tenkes å ha miljø eller klimaeffekter.

Prosjektet har også avdekket at det er et betydelig behov for videre studier og videre utvikling. Kunnskap som viser at transport er en stor bidragsyter til de totale klimagassutslippene er godt dokumentert. Men kunnskapen om hvordan man på detaljnivå kan redusere utslippene er mindre kjent. Det ligger føringer i Nasjonal transportplan om at mer gods skal over på sjø og bane. Det å få riktig gods på riktig transportmiddel synes ikke å ha fokus da dette krever nye og mer detaljerte analyser som ikke bruker nasjonale gjennomsnitt.

Aktuelle videre *forskningstema* kan være

- Veg
  - Hvordan kan man benytte seg av den informasjonen som moderne flåtestyringssystem og kjøretøyovervåkningssystem lagrer til å gjøre vegtransporter mer miljøvennlige.
  - Modellen som er laget i Grønn godstransport har noen svakheter når det gjelder forklaringsvariable som går på effektene av belastning i infrastrukturen. Er det mulig å ta kapasitetsproblemstillinger inn i analysene.
  - Det gjenstår også mye rundt forståelse av kjøreadferd og om det er noen sammenhenger mellom type gods, kjøremønster og miljøkonsekvenser.
  - En del av den vegbaserte godstransporten går etter relativt stabile ruter. Kombinert med moderne rimelig registreringsteknologi kan det tenkes at det ligger et potensial i disse kjøretøyene med hensyn på å overvåke det norske vegnettet og bidra med nyttige data inn mot infrastruktureiere og næringslivet.
- Jernbane
  - Prosjektet har avdekket at det registreres data om energibruk på tog på et veldig detaljert nivå. Disse dataene er dessverre ikke koblet sammen med aktivitetsdata, noe som kan gjøre det mulig å få veldig gode energiforbruksdata på det norske jernbanenettverket. Det ligger trolig et potensial for energibesparelser i å analysere data for togselskapene og for infrastruktureiere der vi kan identifisere energimessige flaskehals.
  - På de dieseldrevne togrelasjonene ligger det også et potensial i å registrere energiforbruk. Det kunne være nyttig å se på hvordan etablering av forbruksindikatorer kan påvirke utslipp. Vi tror det er mulig å forske mer på tema som kan gjøre godstransport på jernbane mer energieffektiv og miljøvennlig ved å gjennomføre detaljerte studier.
- Båt
  - Kunnskapen om skip på korte distanser og miljøeffektiviteten av disse synes å være mangelfull. Kystverket har detaljerte data om skipsbevegelser og skipsteknologi bl.a. gjennom AIS-systemet. Det bør være mulig å benytte disse dataene til å estimere

utslippsfaktorer for den norske kystfrakteflåten. For å kunne benytte dette systemet må rederne gi tillatelse til å hente ut data for enkeltskip.

- Terminaler
  - Prosjektet har avdekket at det er relativt lite kunnskap tilgjengelig om utlipp fra terminaler. Terminalens del av en transportkjede er relativt liten, men med det totale antall bevegelser gjennom terminalen kan være så stort at det rettferdiggjør tiltak på terminalen. Miljømessig potensial ved å innføre et felles sett med indikatorer på terminalen vil være interessant å studere videre.

Aktuell tema for *videreutvikling* kan være:

- Veg
  - Endre fra skiltet hastighet til å benytte Fartsmodell for næringslivets transporter (Tørset, Aakre et al. 2011).
  - En av utfordringene med utslippsmodellene utviklet er at de ikke tar høyde for kapasitets begrensninger i infrastrukturen. Gjennom NTP arbeidet er det etablert nasjonale transportmodeller som kunne tenkes brukt til å fremskaffe nødvendig kapasitetsdata.
  - Etablere rutiner for bruk av informasjon fra flåtestyringssystemer eller håndholdte terminaler til å forbedre utslippsberegninger ved distribusjon og innhenting
- Jernbane
  - Etablere et registreringsregime for energiforbruk som knytter forbruk til aktivitet. Dette vil kunne danne grunnlag for egne KPI'er og videre forskning.
- Båt
  - Knytte drivstoff til aktivitet, loggføre forbruk og loggføre bruk av kraner og hjelpemotorer
- Terminaler
  - Registrering av energiforbruk og knytte til aktiviteter

Verktøyet som er utviklet gjennom prosjektet er svært detaljert, og det har vært etterspørsel etter et enklere verktøy. Med basis i utslippsdatabasen som er utviklet kan det lages en enklere utgave av verktøyet som baserer seg på inputdata fra brukeren. Et slikt verktøy kan utvikles og eventuelt gjøres tilgjengelig på web eller smarttelefon.

## 9 Forkortelser

Forkortelse	Forklaring
AIS	Automatisk identifikasjonssystem
ArcMap	GIS-programvare fra ESRI
ARTEMIS	Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems
AT/TT	Vogntog eller semitrailer
CO	Karbonmonoksid
CO <sub>2</sub>	Karbondioksid
CSR	Corporate Social Responsibility, bedrifters samfunnsansvar
DWI	Direct Water Injection
ELVEG	Elektronisk vegnett
EMAS	Eco-Management and Audit Schemes
EMS	Environmental Management System
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FARTSMODELL	Forskningsprosjektet Fartsmodell for næringslivets transport
FC	Fuel Consumption, drivstofforbruk
g/tkm	Emisjonsmål, gram utslipp per tonnkilometer
GFT	Green Freight Transport, Grønn godstransport
GG	Grønn godstransport
GHG	Green House Gases, drivhusgasser
GIS	Geografisk informasjonssystem
GOFER	Forskningsprosjektet Godstransportfremkommelighet på egnede ruter
GPS	Globalt Posisjoneringsystem
HAM	Humid Air Motor
HC	Hydrokarboner
HDV	Heavy Duty Vehicle, tung lastebil
INRETS	Nasjonalt institutt i Frankrike for transport- og sikkerhetsforskning
INTERSYS	Forskningsprosjekt for RFID-støtte i intermodale transportsystemer
INTRANS	Forskningsprosjektet Intelligent gods i transportsystemer
ISO	International Organization for Standardization
ITS	Intelligente Transportsystemer
KPI	Key Performance Index
kWh	Kilowatt-timer
LDV	Light Duty Vehicle, lett lastebil
NetworkX	Nettverksanalysealgoritme
NLF	Norges Lastebileier-Forbund
NO <sub>x</sub>	Nitrogen oksider
NTP	Nasjonal Transportplan
NVDB	Nasjonal vegdatabank
NVE	Norges Vassdrags- og Energidirektorat
PM	Svevestøv

<b>Forkortelse</b>	<b>Forklaring</b>
PRINT	Forskningsprosjektet Prioritering av næringstransport i by
PROFIT	Prosjekt Fremtidens Intermodale Terminaler
RFID	Radio Frequency Identification
RT	Rigid Truck, lastebil med konteiner
SCR	Selective Catalytic Reduction
SEMBA	SINTEF Emission Module Based on ARTEMIS
SMARTFREIGHT	EU-prosjekt for smartere godstransport
SMB	Små og mellomstore bedrifter
SO <sub>2</sub>	Svoveldioksid
TEU	20 fots konteiner
THC	Totale hydrokarboner
TPG	Tollpost Globe
TØI	Transportøkonomisk Institutt

## Referanser

ANDERSSON, E. and P. LUKASZEWICZ (2006). Energy consumption and related air pollution for Scandinavian electric passenger trains, Department of Aeronautical and Vehicle Engineering, Royal Institute of Technology, KTH, Sweden.

Arveson, P. (1998). "The Deming Cycle." Balanced Scorecard Institute. Retrieved 21 December, 2010, from <http://www.balancedscorecard.org/TheDemingCycle/tabid/112/Default.aspx>.

Bang, J., K. Flugsrud, et al. (1999). Emissions from road trafikk in Norway - method for estimation, input data and emission. 99:04: 163.

Boulter, P. and T. Barlow (2005). ARTEMIS: Average speed emission functions for heavy-duty road vehicles. Wokingham, TRL.

Boulter, P. and I. McCrae (2007). ARTEMIS: Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems: final report.

Boulter, P. and I. McCrae (2007). Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems - Final Report. ARTEMIS deliverable no. 15. Wokingham, TRL: 337.

British Standards Institution, Carbon Trust, et al. (2008). Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. London, British Standard Institution: 59.

Department for Environmental Food and Rural Affairs (2008). Guidelines to Defra's GHG Conversion Factors Department for Environmental Food and Rural Affairs,.

Department for Environmental Food and Rural Affairs (2008). Guidelines to Defra's Greenhouse Gas Conversion Factors for Company Reporting, Department for Environmental Food and Rural Affairs.

Department for Transport (2009). Monitoring and understanding CO2 emissions from road freight operations, Department for Transport, Freight Best Practice.

Department of Environment (2006). Et klimavennlig Norge, Miljøverndepartementet. 18.

ESRI (2008). "Create Turn Feature Class From Multi-Edge Turn Table." ESRI Developer Network. Retrieved 20081118, from <http://edn.esri.com/index.cfm?fa=codeExch.sampleDetail&pg=/arcobjects/9.1/Samples/NetworkAnalyst/CreateTurnFCFromMultiEdgeTurnTable.htm>.

European Environment Agency (2009). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2009. Technical report No 9/2009. EEA.

Freight Best Practice, Act on CO2, et al. (2009). Monitoring and understanding CO2 emissions from road freight operations. UK, Freight Best Practice, Department for Transport: 31.

Hassel, D. and F.-J. Weber (1997). Gradient influence on emission and consumption behaviour of light and heavy duty vehicles. MEET Project deliverable, TÜV Rheinland. Deliverable no. 9: 22.



Intergovernmental Panel on CLimate Change (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Switzerland, Intergovernmental Panel on CLimate Change,.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Switzerland, Intergovernmental Panel on Climate Change, . Into the forth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

International Organization for Standardization (2006). Greenhouse gases- Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions. Switzerland.

International Organization for Standardization (2006). Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. Switzerland.

International Organization for Standardization (2006). Greenhouse gases - Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements. Switzerland.

Jernbaneverket (2006). Jernbaneverkets standardvilkår for avregning av 16 2/3 Hz energi, versjon 2.1 Oslo, Jernbaneverket.

Jernbaneverket (2009). Miljørapport 2009. Oslo, Jernbaneverket.

Klima - og Forurensningsdirektoratet (2010, 2 October 2008). "Utslipp fra kjøretøy." Retrieved 8 December, 2010, from <http://co2.klif.no/en/-HOVEDMENY-/Slik-beregnes-dine-utslipp/Kjoretoy/>.

Klima og Forurensningsdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat, et al. (2010). Klimakur 2020 - Tiltak of virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020. Oslo, Klima- og forurensningsdirektoratet: 316.

Knudsen, T. (2007). Godstransport og transportmidlenes miljømessige egenskaper, SINTEF.

Knudsen, T. (2007). Godstransport og transportmidlenes miljømessige egenskaper. SINTEF Rapport. Trondheim, SINTEF.

Knörr, W., S. Seum, et al. (2010). Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports - Methodology and Data 2nd Draft Report. Berlin – Hannover - Heidelberg, IFEU Heidelberg, Öko-Institut, IVE / RMCON.

Kågeson, P. (1998). Cycle-Beating and the EU Test Cycle for Cars. T&E 98/3. E. F. f. T. a. Environment. Brussels, European Federation for Transport and Environment.

Lervåg, L.-E. (2009). Grønn godstransport: Behovsundersøkelse. SINTEF. Trondheim, SINTEF.

Levin, T. (2010). A methodology for inexpensive GPS data storage and analysis. Trafikdage 2010. Aalborg.

Levin, T. and R. Norvik (2010). GREENING FREIGHT - DO DETAILS MATTER? European Transport Conference 2010. Glasgow.

Levin, T., R. Norvik, et al. (2009). ENVIRONMENTAL INVENTORY FOR FREIGHT TRANSPORT COMPANIES. 16th ITS World Conference Stockholm: 8.

Levin, T. and A. B. Sund (2010). Green Freight - Every penny counts. WCTR. Lisbon: 14.

Lindgreen, E. and S.C.Sorenson (2005). Driving Resistance from Railroad Trains, DTU: 86.

Miljøverndepartementet (2005). Miljøledelse i staten. Miljøverndepartementet.

Osenga, M. (1998). "Diesel industry confronts the emission settlement." Diesel Progress North American Edition Retrieved 20100722, 2010, from <http://www.allbusiness.com/transportation/motor-vehicle-manufacturing/733895-1.html>.

Piecyk, M. (2010). Carbon auditing of companies, Supply chains and products. Green logistics. S. Cullinane, A. McKinnon, M. Browne and T. Whiteing. London, Kogan Page.

Sjöbris, A., J. Gustafsson, et al. (2005). ARTEMIS Sea transport emission modelling. Gothenburg MariTerm AB.

Standard Norge (2004). Miljøstyringssystemer og Spesifikasjon med veiledning (ISO 14001:2004). NS-EN ISO 14001:2004, Norsk standard: 38.

Standard Norge (2004). Miljøstyringssystemer. Spesifikasjon med veiledning (ISO 14001:2004), CEN..

Statistisk sentralbyrå (2009). 3 Kildefordelt utslipp til luft. 2007. Utslipp av klimagasser - nasjonale tall, Statistisk sentralbyrå.

Tele Atlas (2009). Using Tele Atlas Logistics within ESRI Network Analyst. Tele Atlas White paper.

Thune-Larsen, H., A. Madslie, et al. (1997). Energieffektivitet og utslipp i transport. TØI notat. 1078/1997.

Tveit, Ø., B. Bang, et al. (2011). Sluttrapport: PRINT - PRIoritering av NæringsTransport i by SINTEF.

Tørset, T., A. Aakre, et al. (2011). Fartsmodell for næringslivets transporter. Datagrunnlag og dokumentasjon av modell. , SINTEF.

Utenriksdepartementet (2009). Næringslivets samfunnsansvar i en global økonomi - Hvorfor en stortingsmelding om samfunnsansvar?, Utenriksdepartementet. St.meld.nr.10 (2008-2009)

Vessia, Ø. and K. B. Lindberg (2008). Kvartalsrapport for kraftmarke det 1. kvartal 2008. NVE rapport. T. A. Johnsen. Oslo, Norges vassdrags- og energidirektorat: 72.

World Resource Institute and World Business Council for Sustainable Development (2007). Indirect CO2 emissions from consumption of purchased electricity, heat, and/ or steam, The Greenhouse gas protocol initiative.

World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development (2005) Calculating CO2 Emissions from Mobile Sources.

## Vedlegg

# Vedlegg 1

Rapport: Grønn godstransport: Behovsundersøkelse

SINTEF A11626 – Åpen

# RAPPORT



**Grønn  
gods-  
transport**

## **Grønn godstransport: Miljøstyring i transportbedrifter** Behovsundersøkelse

Lone-Eirin Lervåg

**SINTEF Teknologi og samfunn**  
Transportforskning

Mai 2009

www.sintef.no



**SINTEF Teknologi og samfunn**  
Transportforskning

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: S P Andersens veg 5  
7031 Trondheim  
Telefon: 73 59 03 00  
Telefaks: 73 59 46 56

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Grønn godstransport:  
Miljøstyring i transportbedrifter.  
Behovsundersøkelse.**

FORFATTER(E)

Lone-Eirin Lervåg

OPPDRAKSGIVER(E)

Norges forskningsråd  
SMARTRANS – Næringslivets transporter og ITS

RAPPORTNR. SINTEF A11626	GRADERING Åpen	OPPDRAKSGIVERS REF. Øystein Strandli	
GRADER, DENNE SIDE Åpen	ISBN 978-82-14-04812-4	PROSJEKTNR. 50373802	ANTALL SIDER OG BILAG 27 s + 3 vedlegg
ELEKTRONISK ARKIVKODE A11626_Rapport.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Roar Norvik	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Tore Knudsen
ARKIVKODE 503738	DATO 2009-05-11	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Ragnhild Wahl (Forskningsjef)	

## SAMMENDRAG

Denne rapporten dokumenterer resultatene fra behovsundersøkelsen i forskningsprosjektet Grønn godstransport. Hensikten med prosjektet er å utvikle et opplegg for miljøstyring i transportbedrifter, samt beregningsverktøy som støtte i dette arbeidet. Behovsundersøkelsen er en av de første oppgavene i prosjektet, hvor målet har vært å kartlegge brukernes behov og forventninger til miljøstyringssystem og tilhørende beregningsverktøy.

Resultatene viser at transportbedrifter og vareeiere er opptatt av miljøutfordringer og forventer at miljøspørsmål vil få enda større fokus i framtiden. Bedriftene har et sterkt ønske om å framstå som miljøvennlige og opplever dette som et konkurransefortrinn overfor kundene. Bedriftene stiller seg også positive til å ta i bruk et omfattende miljøstyringssystem med tilhørende prosesser og beregningsverktøy. Undersøkelsen har gitt nyttige innspill til hvilke elementer som kan inngå i miljøregnskap og miljøkalkulatorer som skal utvikles i prosjektet Grønn godstransport.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Samferdsel	Transport
GRUPPE 2	Utslipp	Emission
EGENVALGTE	Miljøstyring	Environmental Management
	Godstransport	Freight Transport
	Miljøkalkulator	Emission Calculator



## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>9</b>
1.1	Bakgrunn.....	9
1.2	Metode og utvalg .....	10
1.3	Begrepsavklaring .....	10
<b>2</b>	<b>Resultater fra behovsundersøkelsen.....</b>	<b>12</b>
2.1	Generelle miljøspørsmål .....	12
2.2	Miljøstyringssystem.....	16
2.3	Miljøregnskap .....	18
2.4	Krav til miljøkalkulatorer .....	22
2.5	Implementering av miljøstyringssystem i egen bedrift.....	24
<b>3</b>	<b>Oppsummering .....</b>	<b>27</b>

**VEDLEGG 1:** Spørreskjema til transportbedrifter

**VEDLEGG 2:** Spørreskjema til vareiere

**VEDLEGG 3:** Spørreskjema til etater/organisasjoner





## **FORORD**

Denne rapporten dokumenterer resultatene fra behovsundersøkelsen i forskningsprosjektet Grønn godstransport. Prosjektet er et brukerstyrt innovasjonsprosjekt (BIP) under Norges forskningsråds program ”SMARTRANS – næringslivets transporter og ITS”.

Prosjektet eies av Tollpost Globe og ledes av SINTEF som er FoU-partner. Øvrige partnere i prosjektet er Statens vegvesen, CargoNet, Jernbaneverket, Norges Lastebileier-Forbund og Transportbrukernes fellesorganisasjon.

Seniorforsker Tore Knudsen har vært leder for arbeidspakke 2 ”Brukerbehov” mens forsker Lone-Eirin Lervåg har gjennomført undersøkelsen og forfattet rapporten. Prosjektleder Roar Norvik og forsker Tor Nicolaisen ved SINTEF har bidratt med gode råd og innspill til denne undersøkelsen.

En stor takk rettes til alle bedriftene som har deltatt i behovsundersøkelsen, til daglig leder Hans Kristian Norset i Fosen Transport AS, som deltok i pilotundersøkelsen, og til alle partnerne som har bidratt med nyttige innspill i utformingen av spørreundersøkelsen.

Trondheim, mai 2009

Ragnhild Wahl  
Forskningsjef



## SAMMENDRAG

Denne rapporten dokumenterer resultatene fra Arbeidspakke 2: "Brukerbehovsundersøkelse" i forskningsprosjektet Grønn godstransport. Prosjektet er et brukerstyrt innovasjonsprosjekt (BIP) under Norges forskningsråds program "SMARTRANS – Næringslivets transporter og ITS".

Formålet med prosjektet Grønn godstransport er å utvikle beslutningsstøttestystem for håndtering av miljøutfordringer. Hensikten med behovsundersøkelsen har vært å kartlegge følgende problemstillinger:

- I hvilken grad påvirker miljøspørsmål bedriftenes virksomhet i dag, og hvordan tror de dette vil utvikle seg de neste 10-20 årene?
- Har bedriftene miljøstyringssystem, og finnes det tilstrekkelig data, kunnskap og beregningsverktøy på dette området?
- Hvilke krav stiller bedriftene til et miljøstyringssystem og tilhørende beregningsverktøy?
- Er transportbedriftene villige til å samarbeide om miljøatsingen?
- Hva er de viktigste barrierene for å ta i bruk mer miljøvennlige transportløsninger?

Undersøkelsen omfatter spørreundersøkelse og telefonintervju av transportbedrifter, vareeiere og relevante etater og organisasjoner. Til sammen 18 bedrifter har deltatt i undersøkelsen.

Resultatene fra undersøkelsen viser at transportbedrifter og vareeiere er opptatt av miljøutfordringer og forventer at miljøspørsmål vil få enda større fokus i framtiden. Bedriftene ønsker å framstå med miljøprofil og opplever dette som en viktig konkurransefaktor overfor kundene. Likevel stiller de fleste bedriftene seg positive til å samarbeide med andre - også konkurrenter - om videreutvikling av miljøatsingen.

Nesten alle bedriftene som deltok i undersøkelsen har allerede tatt i bruk en eller annen form for miljøstyringssystem, og transportbedrifter og vareeiere stiller seg positive til å ta i bruk et mer omfattende system, slik det er beskrevet i denne undersøkelsen. De største barrierene for implementeringen av et slikt system i dag, er manglende datagrunnlag, at man ikke kjenner miljøeffekten av de tiltakene man iverksetter, samt at bedriftene mangler nødvendig miljøkompetanse.

Bedriftene ønsker at miljøfokus skal prege den interne bedriftskulturen og at miljøstyringssystemet blir en del av den daglige driften. For miljøregnskap og miljøkalkulatorer er det et viktig prinsipp at hver hvert enkelt transportmiddel behandles så rettferdig som mulig, og generelt ønsker bedriftene verktøy som spenner vidt og omfatter både utslipp, energiforbruk og avfall knyttet til både godstransporten, terminaldrift og andre sider ved bedriftens virksomhet.

## SUMMARY

This report presents the results from Work Package 2 “Exploration of User Needs”, part of the project “Green Freight Transport”. This is a three year project financed by the Research Council of Norway and a group of project partners (transport industry, public authorities in the field of transportation, transport organizations).

The aim of the main project “Green Freight Transport” is to develop a system for environmental management solutions in transport- and/or transport intensive companies and supply the companies with data, knowledge and calculation tools for the environmental impacts of freight transport by different modes.

In the “Exploration of User Needs” a user survey was conducted as a combination of internet and telephone surveys. The aim of the survey was to find out:

- Do environmental issues influence the work of the transport companies and how do they think this will develop during the next 10 – 20 years?
- Do the transport companies have environmental management systems and do they have satisfactory data, knowledge and calculating tools?
- Can the transport companies convey their requirements to an environmental management system and the calculating tools needed as part of the system?
- Are the transport companies willing to cooperate with other companies in order to improve on their environmental performance?
- What do the transport companies consider to be the most severe obstacles in introducing more environmental friendly transport solutions?

A selection of 18 companies participated in the survey. They represent transport companies, freight owners and transport organisations.

The results from the survey show that the companies and owners of the goods are very concerned about the environmental impacts of their transport activities. They further expect environmental issues to be of even greater importance in the future. Thus, they are increasingly concerned with achieving and demonstrating sound environmental impacts of their transport activities.

Most of the companies participating in the survey have already some sort of environmental management system, but they wanted to improve on their environmental profile. They also considered this to be an important competitive factor in the market. Notwithstanding the competitive aspect, a majority of the companies were quite willing to cooperate with other companies (including competitors) to develop more environmental friendly transport solutions.

The greatest obstacles for implementing and operating environmental management systems were expressed to be lack of data and calculating tools for quantifying the environmental impacts of transport and lack of knowledge within their own organization.

All the companies and organizations participating in the surveys expressed that they wanted the “environmental focus” to be a character of the whole organization and part of its internal “culture”. Several participants also emphasized the need for calculating tools which treat the different modes of transport in a fair way, not favouring any specific mode over another.

In general, the respondents from transport companies expressed great demand for data, knowledge and calculating tools that could deal with both the freight transports and terminal operations and their impacts on the environment.

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Dette notatet presenterer resultatene fra Brukerbehovsundersøkelsen som er gjennomført som del av forskningsprosjektet Grønn godstransport, høsten 2008. Studien omhandler miljøstyring av transportbedrifter, og omfatter en spørreundersøkelse og intervjuer blant transportbedrifter, vareeiere, offentlige etater og organisasjoner innenfor transportsektoren.

Undersøkelsen er en av oppgavene i forskningsprosjektet Grønn godstransport, som inngår i Norges forskningsråds program "SMARTRANS – Næringslivets transporter og ITS". Formålet med prosjektet er å gjøre godstransportene mer miljøvennlige gjennom å utvikle et opplegg for miljøstyring i transportbedrifter, samt å utvikle beregningsverktøy som støtte i dette arbeidet.

Prosjektets mål er å utvikle et beslutningsstøttesystem for håndtering av miljøutfordringer knyttet til godstransport. Dette innebærer å:

- Utvikle verktøy for beregning av miljøkonsekvenser av enkelttransporter (direkte transport eller multimodal transport).
- Utvikle beregningsverktøy som støtte til bedriftens periodiske miljøregnskap.
- Utvikle forslag til rutiner/prosesser for bruk av miljøregnskapet i kommunikasjon mellom transportselskapet og selskapets transportører.
- Utvikle forslag til rutiner/prosesser for bedriften, som gjør miljøregnskapet til en integrert del av bedriftens styringssystem og stimulerer til at bedriften setter seg kvantifiserbare miljømål, finner relevante tiltak og kan måle effekten av tiltakene.
- Bidra til økt synliggjøring av miljømessige konsekvenser av tiltak som påvirker næringslivets transporter.

Verktøyet skal beregne utslipp til luft for forskjellige godstransportmåter. Å definere hvilke luftutslipp og eventuelt andre miljøutfordringer som skal inngå er en del av prosjektet. Det skal også foretas avgrensninger med hensyn til hvor langt man skal gå i retning av livssyklusbetraktninger når det gjelder kvantifisering av utslipp.

Hensikten med behovsundersøkelsen er å kartlegge brukernes behov og forventninger til et beslutningsstøttesystem for håndtering av miljøutfordringer, og samtidig få innspill til hvilke elementer som bør inngå i et miljøregnskap. Resultatene fra denne undersøkelsen skal, sammen med et litteraturstudium, danne grunnlag for det øvrige arbeidet i prosjektet.

## 1.2 Metode og utvalg

Metodikken som er benyttet i behovsundersøkelsen er en enkel variant av Delphi-undersøkelse, og omfatter tre faser:

1. Deltakerne deltar i en spørreundersøkelse
2. Deltakerne blir informert om resultatene fra undersøkelsen
3. Deltakerne får mulighet til å revurdere eller utdype egen besvarelse

Innledningsvis ble det gjennomført en pilotundersøkelse for å kvalitetssikre spørreskjemaet som skulle benyttes. Dette resulterte i mindre justeringer på noen formuleringer i skjemaet.

Spørreskjema ble sendt på e-post til 22 utvalgte respondenter, hvorav 18 har valgt å delta i undersøkelsen (svarprosent = 82%). Utvalget består av åtte transportbedrifter, fire vareeiere og seks etater/organisasjoner, som har besvart varianter av samme spørreskjema (se vedlegg 1, 2 og 3). Store og små bedrifter er representert, og transportørene omfatter både veg-, jernbane- og sjøtransport.

Selv om respondentene ikke består av et tilfeldig utvalg, anser vi deltakerne for å være representative for transportbransjen i denne undersøkelsen.

## 1.3 Begrepsavklaring

Spørreskjemaet omfattet spørsmål om styringssystem og beregningsverktøy på tre ulike nivåer. For å tydeliggjøre dette, brukte vi tre ulike begrep som er forklart nedenfor og illustrert i *Figur 1*. Denne informasjonen ble gitt til deltakerne i undersøkelsen.

### Miljøstyringssystem

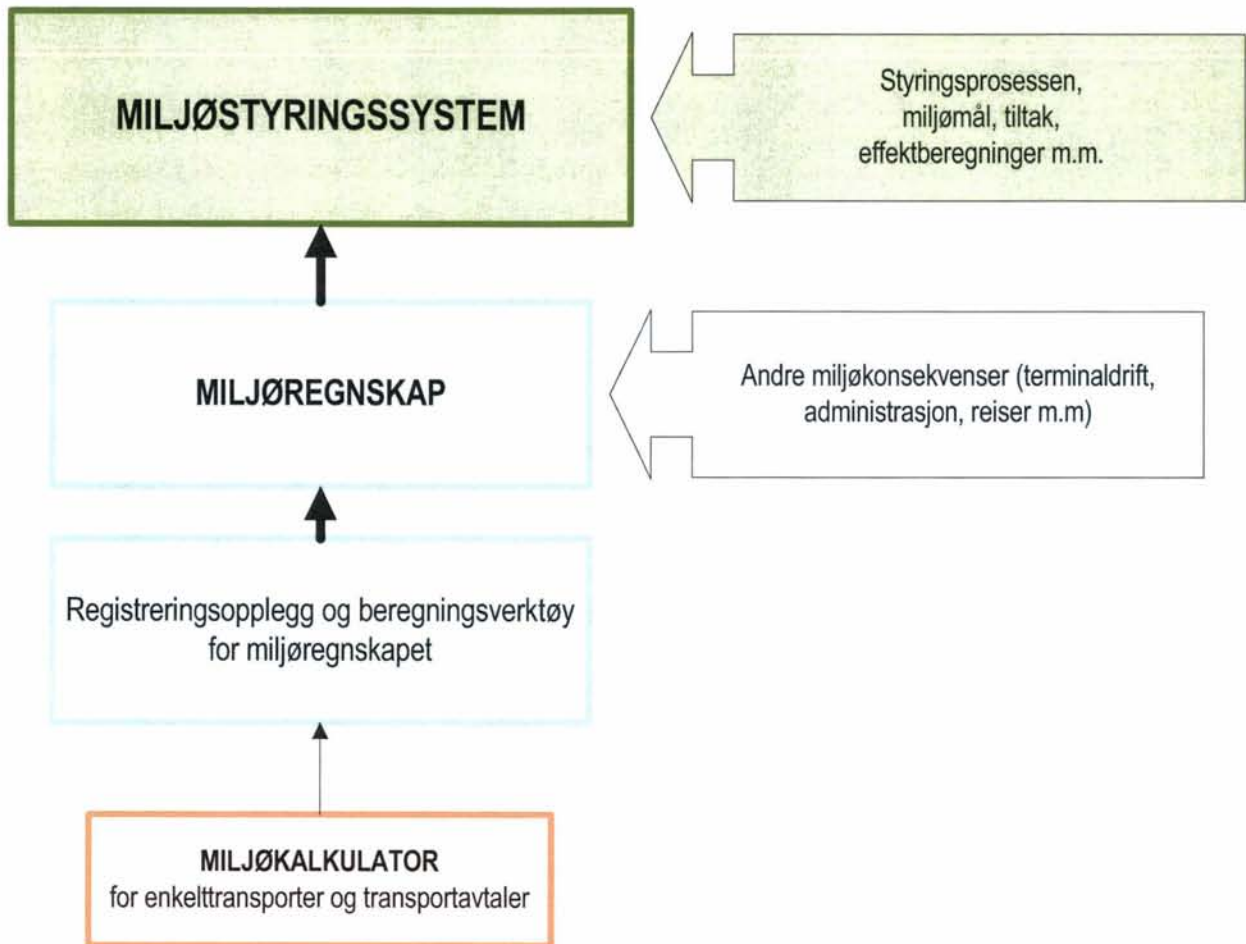
Bedriftens overordnede miljøstyringssystem. Dette inneholder både utvikling av miljømål, implementering av tiltak og alle prosesser og rutiner for håndtering av miljøspørsmål. Her finner man også ulike beregningsverktøy og registreringer, samt miljøregnskapet.

### Miljøregnskap

Periodisk (kvartal, halvår, år) rapport som omfatter miljømessige konsekvenser av bedriftens totale virksomhet. Miljøregnskapet baserer seg på registreringer og beregninger av ulike miljøkonsekvenser av virksomheten.

### Miljøkalkulator

Verktøy for beregning av miljøkonsekvenser av enkelttransporter, som grunnlag for miljømessige optimale valg av transportløsninger. Miljøkalkulatoren kan også gi input til bedriftens miljøregnskap, enten i form av summen av beregninger for alle enkelt-transporter, eller i form av resultatene fra en overordnet versjon av miljøkalkulatoren.



Figur 1: Oversikt over de ulike elementene i et miljøstyringssystem, slik det er beskrevet i undersøkelsen.



## 2 Resultater fra behovsundersøkelsen

Transportbedrifter, vareeiere og etater/organisasjoner har besvart varianter av samme spørreskjema. Mens transportbedrifter og vareeiere er bedt om å relatere spørsmålene til egen virksomhet, har etatene og organisasjonene besvart spørsmålene ut fra hvordan de ser på norsk transportvirksomhet.

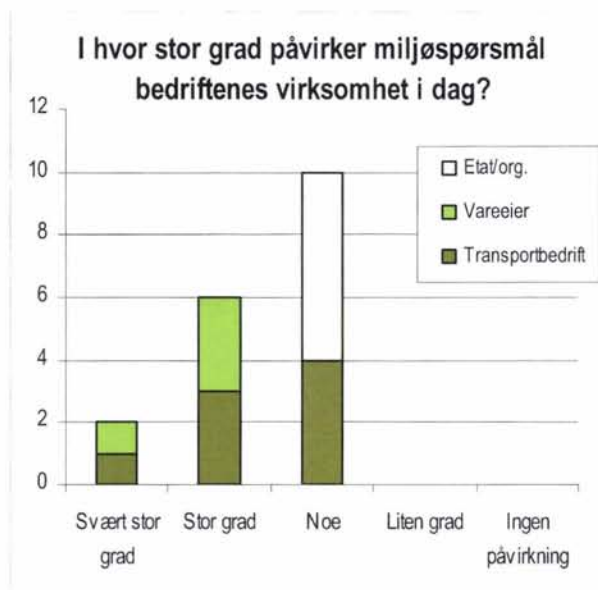
Spørreskjemaet var delt inn i følgende tema:

- Informasjon om bedriften (respondenten) og generelle miljøspørsmål
- Behov for miljøstyringssystem
- Innhold i et miljøregnskap
- Krav til miljøkalkulatorer (beregningsverktøy for enkelttransporter)
- Implementering av miljøstyringssystem i egen bedrift

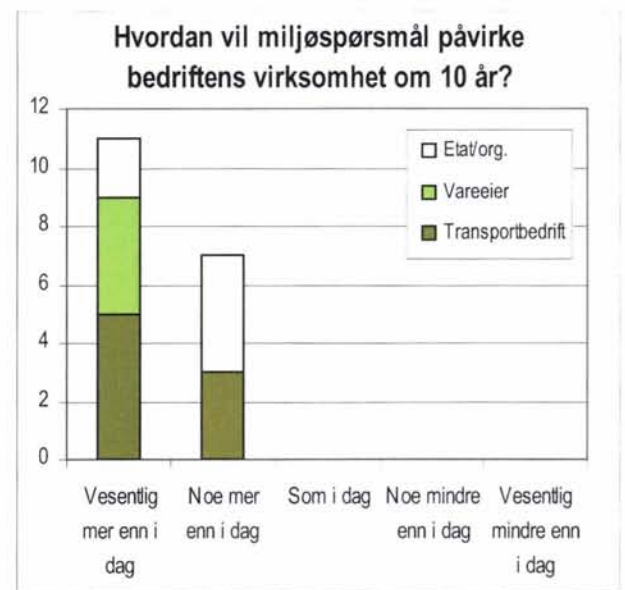
### 2.1 Generelle miljøspørsmål

#### Betydning av miljø i bedriftenes daglige virksomhet

Innledningsvis ble bedriftene spurt om hvordan de opplever at miljøspørsmål påvirker deres virksomhet i dag, og hvordan de forventer at miljøfokus vil påvirke bedriftens virksomhet i framtiden. Resultatene fra disse spørsmålene er vist i *Figur 2* og *Figur 5*.



Figur 2: Bedriftenes opplevelse av hvordan miljøspørsmål påvirker virksomheten i dag (N=18).



Figur 3: Bedriftenes forventning om hvordan miljøspørsmål vil påvirke virksomheten om 10 år (N=18).

Alle bedriftene oppgir at miljøspørsmål har betydning for bedriftens virksomhet, og det er en forventning om at miljøspørsmål vil få enda større betydning i fremtiden. Resultatene viser imidlertid at transportbedriftene og vareeierne opplever at miljøhensyn har større innvirkning på egen drift enn det etater/organisasjoner tror<sup>1</sup>. Dette samsvarer med de tilbakemeldingene vi fikk i intervjurunden. Bedriftene opplever at det er store private aktører som er pådrivere med hensyn til

<sup>1</sup> I spørreskjema til etater og organisasjoner var spørsmålsstillingen: "I hvor stor grad tror etaten/organisasjonen at miljøspørsmål innvirker på hvordan transportvirksomhet i samfunnet gjennomføres i dag?" og "Hvordan tror man at miljøspørsmål vil påvirke transportvirksomheten om 10 år?".

å stille krav og spørsmål om miljøprofil. Drivkreftene i markedet er tydeligvis sterkere enn det etater og organisasjoner forventer.

Bedriftene ønsker generelt å være proaktive i miljøsatsingen, og stiller til dels strengere miljøkrav til seg selv, enn det de blir pålagt av myndighetene. Selv om økonomi har større fokus enn miljø, oppleves det som gunstig å kunne markedsføre en miljøprofil.

### **Aktuelle miljøtiltak for transportører og vareeiere**

Bedriftene ble bedt om å foreslå aktuelle tiltak for å redusere de negative konsekvensene for miljøet. Dette var et åpent spørsmål, hvor bedriftene kunne foreslå tiltak som er aktuelle både på kort og lang sikt. Nedenfor presenteres en oversikt de miljøtiltakene som deltakerne i undersøkelsen har foreslått. Forslagene er forsøkt systematisert under noen overskrifter, men presenteres i uprioritert rekkefølge:

- Bytte til mer miljøvennlige transportmidler
  - Flytte gods fra vei til sjø og bane
- Effektivisere logistikken
  - Flåteoptimalisering og lastkonsentrasjon i godsknutepunkt
  - Bruke navigasjonssystem og ruteoptimalisering
- Bruke miljøeffektivt materiell
  - Utnytte teknologisk utvikling med hensyn til materiell, motor, propell m.m. (f.eks. modulvogntog, hybridlastebiler, Euro 5-motor)
- Gjøre selve transporten mer effektiv og/eller miljøvennlig
  - Bruk av alternative drivstoff (biodrivstoff, diesel fremstilt av trevirke eller søppel)
  - Eco-kjøring (inkl. velge riktig hastighet m.h.t. miljø)
  - Optimal vektfordeling
  - Bedre utnyttelse av kapasitet/økt fyllingsgrad
  - Unngå tomkjøring
  - Mer samlasting
  - Mer samarbeid mellom transportaktører
- Vurdere den totale anleggs- og produksjonsstrukturen med hensyn til miljøoptimalisering
  - Velge miljøvennlige alternativer ved oppvarming og drift av anlegg/fabrikker (f.eks. minimere energibruk/bruke miljøvennlig gass for nedkjøling av fryselaast)
  - Iverksette ulike ENØK-tiltak (f.eks. utnytte varmegjenvinning fra avfall/utslipp).
  - Øke foredlingsgrad på produkt for å redusere transportbehov
  - Forbedre avfallsordningen, med større grad av kildesortering
- Innføre miljørasjonelle prissystemer
  - Premiere større forsendelser
  - Myndighetene kan gi incentiver som premierer overgang til moderne materiell
- Informasjon og opplæring
  - Gi ansatte/sjåfører miljøopplæring (f.eks. i Eco-kjøring)
  - Premiere miljøvennlig oppførsel og fokus
  - Informere kundene om ulike produkters CO<sub>2</sub>-utslipp (Carbon Footprint)
- Miljøstyringssystemer

- Krav om miljøstyringssystem og dokumentasjon til transportør, vareeier, verksted, utstyrsleverandører og underleverandører.
- Ha retningslinjer/prosedyrer i tilfelle avvik (f.eks. ved oljeutslipp)
- Ledelsesfokus på miljø

Dette temaet ble fulgt opp i intervjurunden, hvor bedriftene først ble bedt om å trekke fram de miljøtiltakene som er enklest å gjennomføre, og deretter de tiltakene som gir størst effekt.

Det å flytte gods fra veg til jernbane blir vurdert å være både gjennomførbart og svært effektivt av flere bedrifter. Dette er et tiltak som også er økonomisk fordelaktig for bedriftene. Problemet i dag er at jernbanen mangler kapasitet på de tidspunktene som er mest etterspurt (ettermiddag og kveld). Andre tiltak som blir pekt på som både virkningsfulle og enkle å gjennomføre, er innføring av miljøeffektive prissystem og å gjøre transportene mer effektive.

Innføring av ny motorteknologi (batteri-/hybridløsninger), ENØK-tiltak på den totale bygningsmassen og langsiktig miljøfokus i hele bedriften og transportkjeden er eksempler på tiltak bedriftene mener vil ha stor positiv effekt, men som er vanskeligere å gjennomføre.

Generelt er det enklest å gjennomføre de miljøtiltakene som også gir de største økonomiske fordelene for bedriftene.

#### **Hindringer for at transportører og vareeiere kan iverksette ulike miljøtiltak:**

Respondentene ble også bedt om å oppgi forhold som hindrer dem i å iverksette de aktuelle miljøtiltakene de selv har foreslått. Nedenfor presenteres de hindringene som bedriftene selv har oppgitt (i uprioritert rekkefølge):

- Økonomiske forhold (knapphet på investeringsmidler, manglende personell)
- Manglende kompetanse i bedriften
- Administrative og/eller organisatoriske barrierer
- Institusjonelle hindringer
  - EU-forordninger som hindrer utvikling
  - Maktstruktur
  - Manglende incentiver fra myndigheter
- Manglende kundeinteresse (vareeiere stiller ikke miljøkrav, de er mer opptatt av pris og leveringsdyktighet)
- Dagens infrastruktur
  - Kapasitetsproblem på jernbanenettet
  - Trenger større regularitet, fleksibilitet, pålitelighet og raskere framføring på jernbanenettet
  - Det er for lite fokus på mulighetene som ligger i sjøtransport
  - Mangler tilgang til alternativ transport eller miljøeffektive kjøretøy
- Bedriftene mangler enkle verktøy for å iverksette miljøtiltak
- Bedriftene mangler verktøy for å måle effekt av tiltak

- Alternative drivstoff er for dårlig (lav energieffektivitet, problematisk at man bruker mat som råstoff) og for lite tilgjengelig

For å overkomme disse hindringene, mener bedriftene at myndighetene må ha større fokus på miljø, både ved at det stilles krav til transportbransjen og at det gis belønninger for miljøriktig atferd. Samtidig må standarden på infrastruktur for både veg og bane forbedres.

Transportørene peker på at det er behov for "oppdragelse" av kunder, for å oppnå større fleksibilitet i transportene (m.h.t. større forsendelser og å utnytte ledig kapasitet på jernbanenettet), mens vareeierne etterlyser et miljøprisingssystem som begunstiger miljøriktige valg av transportløsninger.

Det er også behov for intern kompetanseheving i bedriftene. Flere bedrifter peker på at de mangler personell med tilstrekkelig miljøkompetanse til å være pådriver for en miljøsatsing, i tillegg til at det er vanskelig å oppnå helhetlig fokus på miljø i de ulike delene av organisasjonen.

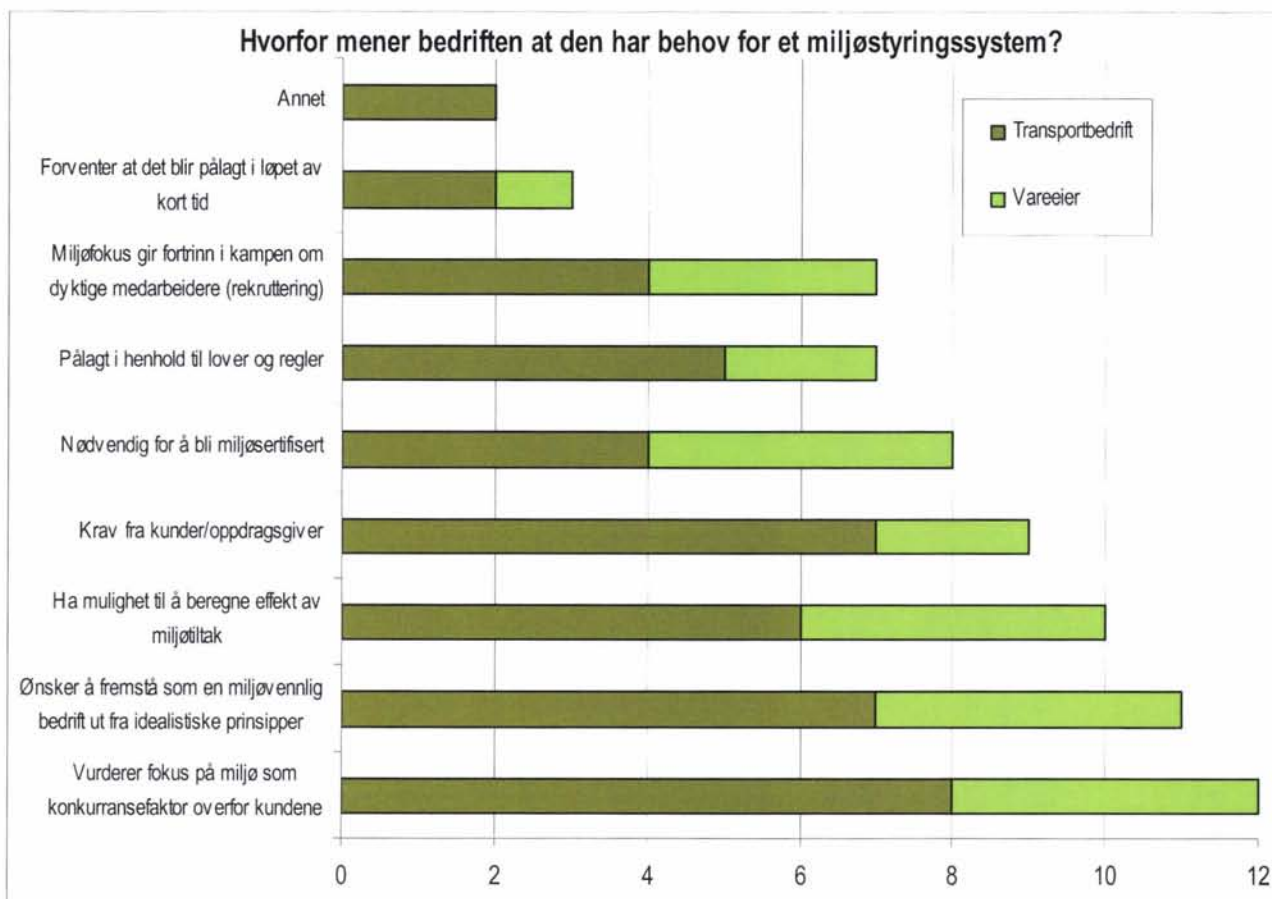
## 2.2 Miljøstyringssystem

Deltakerne i undersøkelsen ble stilt spørsmål om bedriftens behov for miljøstyringssystem, hvordan et miljøstyringssystem bør innpasses i bedriften og hvorvidt bedriftene er åpne for å samarbeide om videreutvikling av miljøstrategien.

De fleste transportørene og vareeierne som har deltatt i undersøkelsen har allerede et operativt miljøstyringssystem. Styringssystemene varierer fra enkle varianter til sertifisering i henhold til ISO14001. Det er kun to av de små transportørene som oppgir at de ikke har noen form for miljøstyringssystem i dag. Med ett unntak, mener alle bedriftene at de har behov for et slikt system.

Samtlige etater/organisasjoner synes at vareeiere og transportører bør ha et miljøstyringssystem, men de fleste mener at dette skal være frivillig, og ikke lovpålagt.

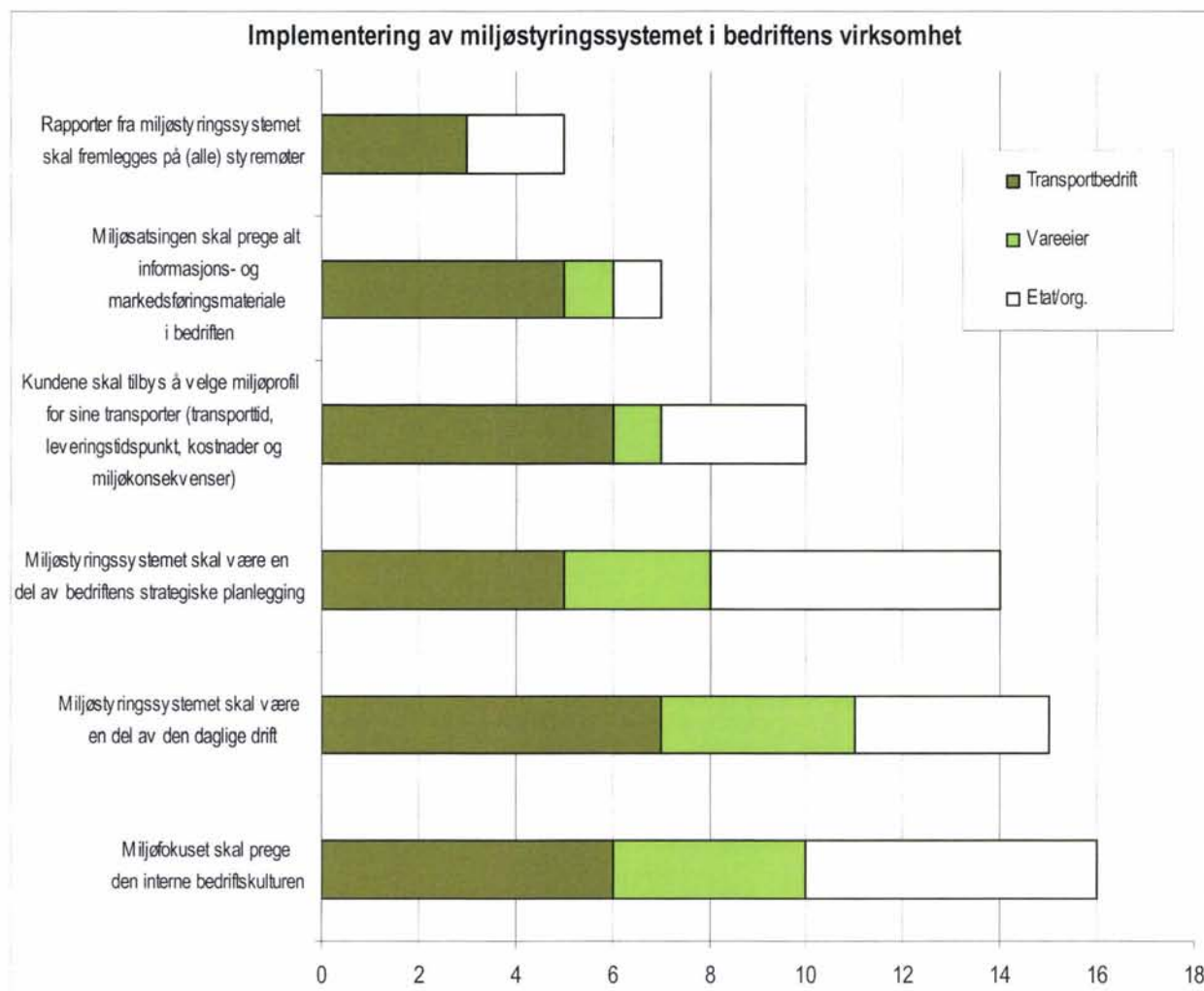
Figur 4 viser årsaker til at transportbedriftene og vareeierne mener at de har behov for miljøstyringssystem. Respondentene er blitt presentert for en rekke utsagn og bedt om å krysse av for de faktorene som stemmer for egen bedrift. Hver bedrift har hatt mulighet for å krysse av for flere alternativer. Etater og organisasjoner har ikke besvart dette spørsmålet.



Figur 4: Årsaker til at bedriftene synes de har behov for miljøstyringssystem. Søylene representerer antall bedrifter som har krysset av for de ulike alternativene (N=12).

Alle bedriftene har svart at de vurderer fokus på miljø som konkurransefaktor overfor kundene. Videre oppgir de fleste bedriftene at de ønsker å framstå som en miljøvennlig bedrift ut fra idealistiske prinsipper, at de ønsker mulighet til å beregne effekt av miljøtiltak og at de har behov for et miljøstyringssystem på grunn av krav fra kunder/oppdragsgiver.

Både transportbedrifter, vareeiere og etater/organisasjoner er blitt spurt om hvordan de mener miljøstyringssystemet skal innpasses i bedriftens styringssystemer og i den daglige driften. *Figur 5* viser hvordan deltakerne i spørreundersøkelsen mener at miljøsystemet bør implementeres i bedriftens virksomhet.

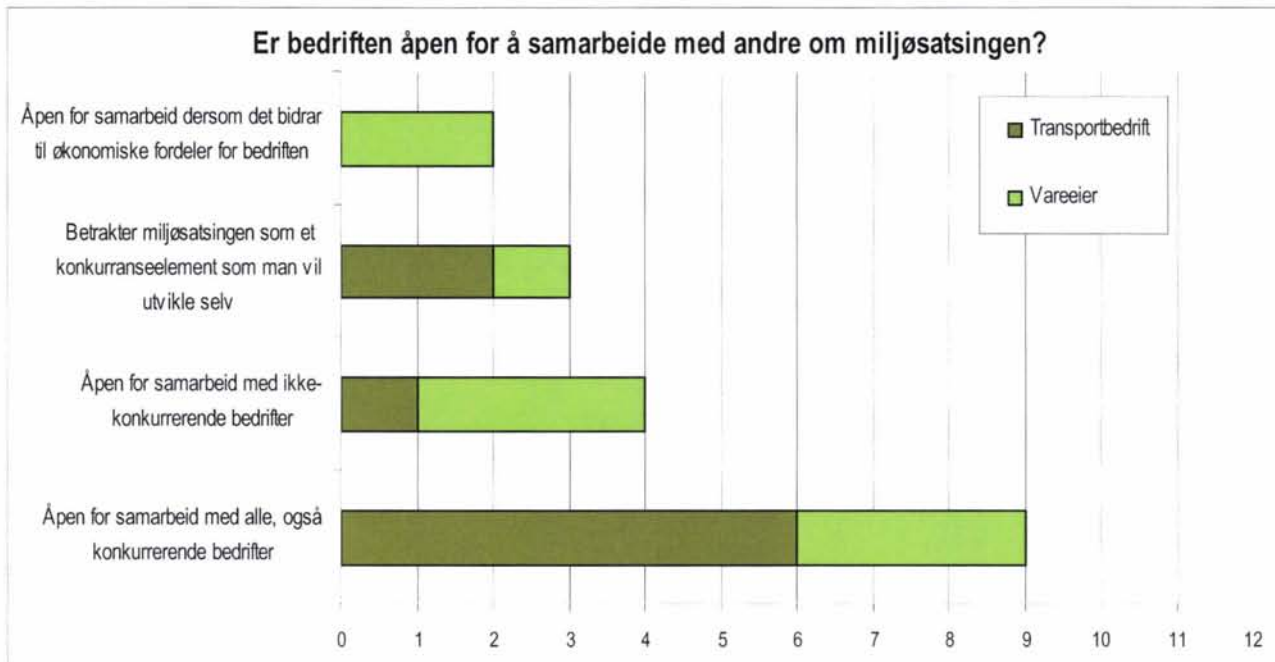


*Figur 5: Hvordan miljøstyringssystemet bør implementeres i bedriftens virksomhet. Søylene representerer antall bedrifter som har krysset av for de ulike alternativene (N=18).*

På spørsmål om hvordan miljøstyringssystemet skal implementeres i bedriftens virksomhet, har de fleste respondentene svart at *miljøfokus skal prege den interne bedriftskulturen, miljøstyringssystemet skal være en del av den daglige drift og miljøstyringssystemet skal være en del av bedriftens strategiske planlegging.*

Respondentene har hatt mulighet til å spesifisere hvordan dette skal arte seg i praksis. Svarene handler i hovedsak om at bedriften skal sette miljømål og definere tiltak som følges opp og evalueres underveis. For eksempel kan et av målene være mer miljørasjonelle transporter i hverdagen, hvor sjåførene følges opp blant annet med hensyn til dieselforbruk.

Transportørene og vareeierne ble også spurt om de var åpne for å samarbeide med andre konkurrerende bedrifter om videreutvikling av miljøetsatsingen, eller om dette er noe man foretrekker å utvikle på egen hånd. *Figur 6* viser hvordan bedriftene<sup>2</sup> stiller seg til å samarbeide om miljøetsatsingen. Noen av respondentene har krysset av for flere alternativer.



*Figur 6: Bedriftenes holdning til samarbeid om miljøetsatsing. Søylene representerer antall bedrifter som har krysset av for hvert svaralternativ (N=12).*

De fleste bedriftene er åpne for å samarbeide med andre om miljøetsatsingen. 75% av bedriftene (seks transportbedrifter og tre vareeiere) har svart at de vil samarbeide med alle, også konkurrerende bedrifter. Tre av respondentene svarer at de betrakter miljøetsatsingen som et konkurranseelement som de vil utvikle selv, men to av disse åpner for samarbeid dersom det skjer med ikke-konkurrerende bedrifter eller dersom det bidrar til økonomiske fordeler for bedriften.

### 2.3 Miljøregnskap

Spørreskjemaet inneholdt også spørsmål om hvordan et miljøregnskap bør forankres i bedriften, hva et slikt regnskap bør omfatte, samt hvilke beregningsverktøy som bør inkluderes i et miljøregnskap.

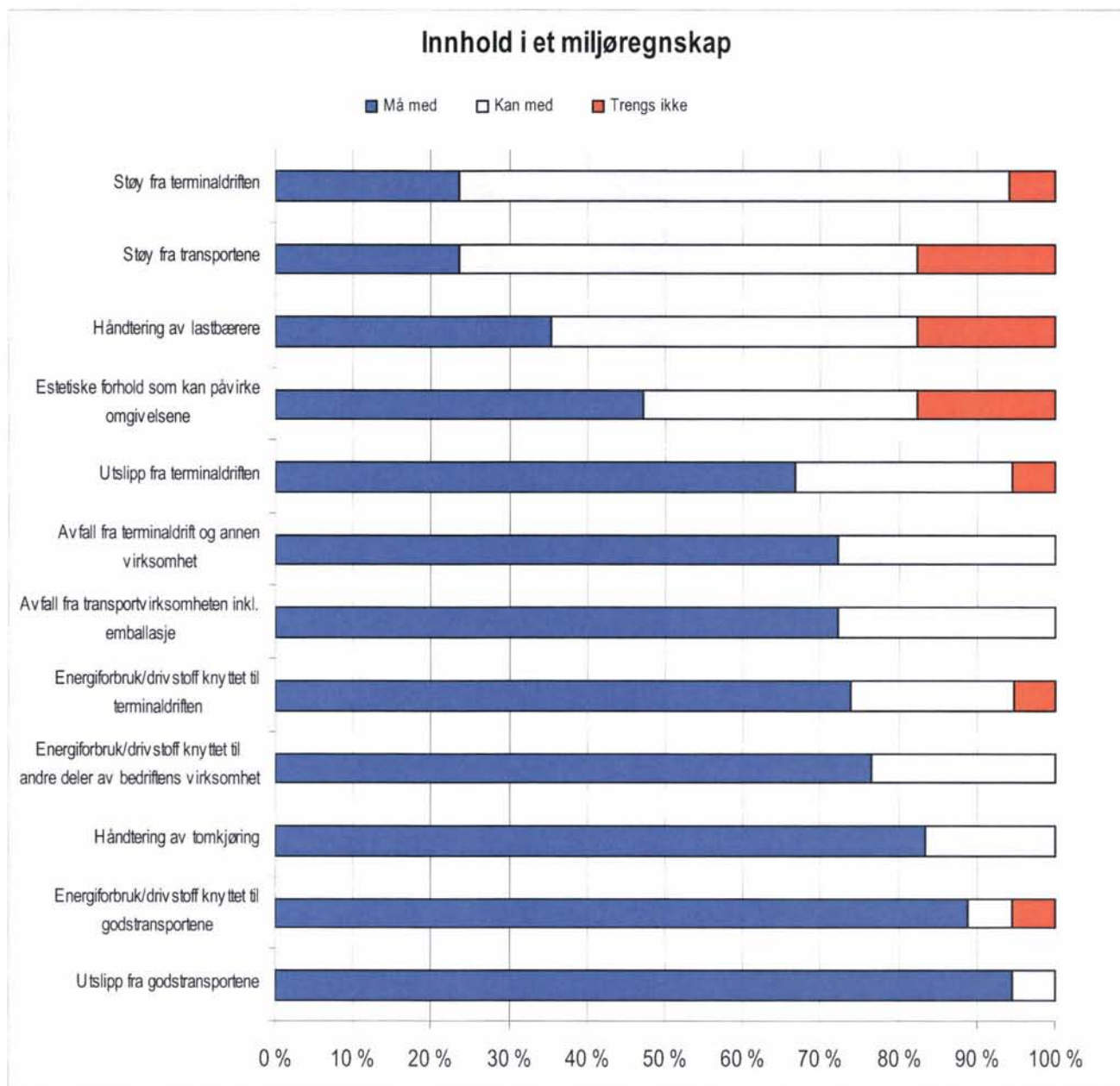
#### Forankring og prosesser

Alle deltakerne i undersøkelsen er enige i at miljøregnskapet må etableres som en fast del av bedriftens styringssystem, med tilhørende interne prosesser.

#### Innhold

I spørreskjemaet ble det angitt en rekke elementer som kan inngå i et miljøregnskap, og respondentene ble bedt om å krysse av for hvilke elementer de mener bør være med. Dersom vi sammenligner svarene fra transportbedrifter, vareeiere og etater/organisasjoner, finner vi at tendensene i svarematerialet er likt, men etater/organisasjoner er litt mer kritisk til hva som bør inkluderes i miljøregnskapet. Dette gjelder spesielt *støy fra transportene* og *estetiske forhold*. Vi har valgt å presentere resultatene samlet i *Figur 7*.

<sup>2</sup> Dette spørsmålet ble kun stilt til transportbedrifter og vareeiere.



Figur 7: Elementer som bør inngå i et miljøregnskap. Søylene viser hvor stor andel av de som har svart som mener at det enkelte element må inngå, kan inngå eller ikke trenger å inngå i miljøregnskapet (N=18).

Det er i stor grad enighet om at følgende elementer må inkluderes i miljøregnskapet:

1. Utslipp fra godstransportene
2. Energi- og drivstofforbruk knyttet til godstransportene
3. Håndtering av tomkjøring
4. Energiforbruk knyttet til andre deler av bedriftens virksomhet
5. Energiforbruk knyttet til terminaldriften
6. Avfall fra transportvirksomheten, inkl. emballasje
7. Avfall fra terminaldrift og annen virksomhet
8. Utslipp fra terminaldriften

Det er noe mer usikkerhet knyttet til andre forhold som estetikk, håndtering av lastbærere og støy fra transportere og terminaldrift, selv om de fleste synes at også disse forholdene kan implementeres i miljøregnskapet.

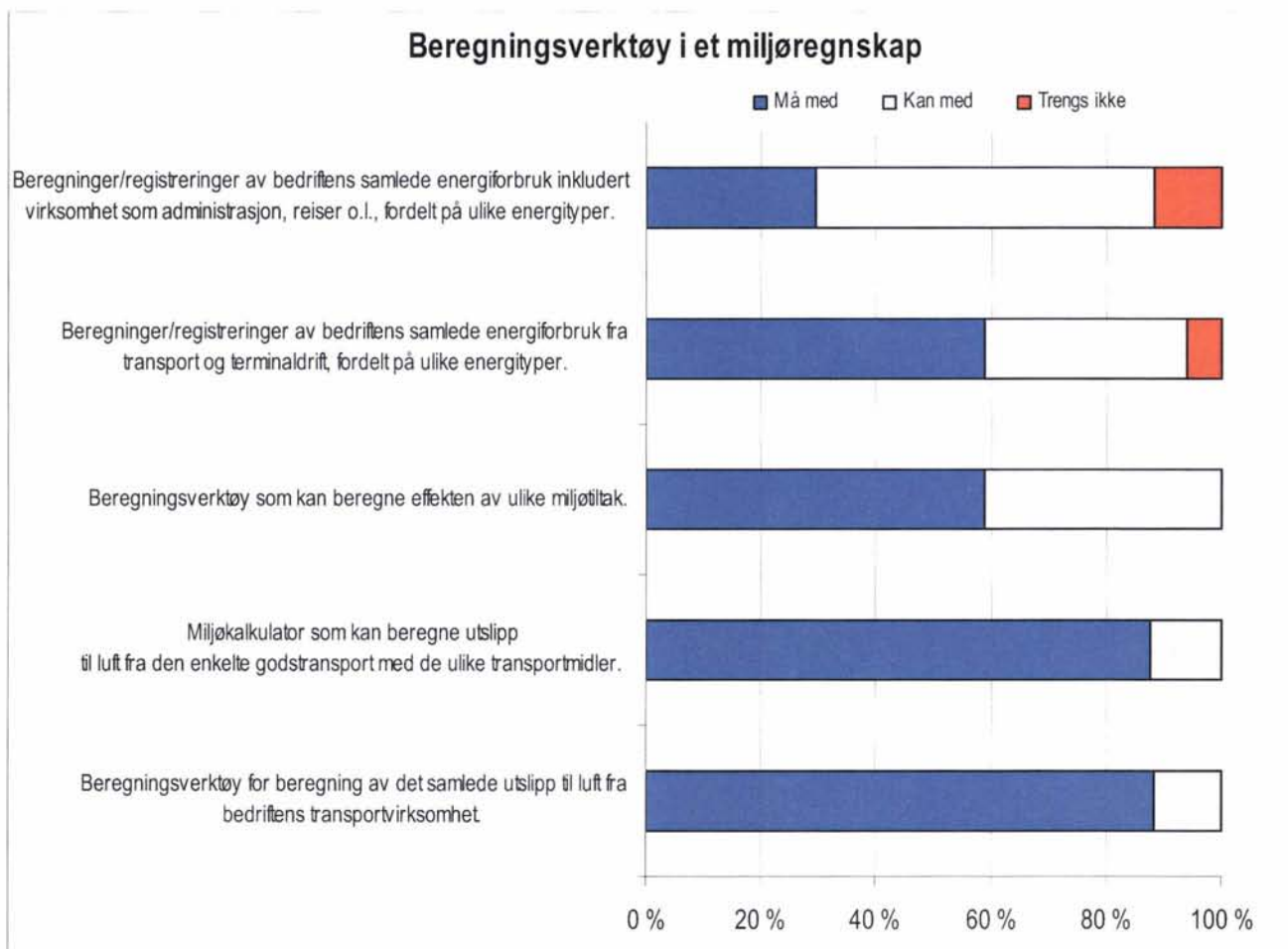


Andre forhold som ble nevnt av respondentene er ekstrautstyr i tilknytning til bil, maskiner som brukes ved vedlikehold av infrastruktur, kjemikalieforbruk, avfallsbehandling, uønskede hendelser, vannforbruk og forbruk av ikke fornybare ressurser.

Det ble kommentert at håndtering av tomkjøring i et miljøregnskap vil kunne by på utfordringer, da enkelte transporter ikke kan ha returgods, mens annen kjøring uten last er nødvendig posisjonering av kjøretøyet. Det vil ikke være rettferdig å definere dette som ”negativ tomkjøring”.

### Beregningsverktøy

Miljøregnskapet må baseres på registreringer og beregninger av de ulike miljøkonsekvensene av bedriftens virksomhet. Dette krever at man har tilgang til beregningsverktøy som kan framskaffe disse dataene. Bedriftene har gjort en vurdering av hvilke beregningsverktøy som bør inngå i analysegrunnlaget for miljøregnskapet. Det er ingen vesentlige avvik mellom svarene fra transportbedrifter, vareeiere og etater/organisasjoner, så svarene er presentert samlet. *Figur 8* viser hvordan respondentene har vurdert de ulike elementene.



*Figur 8: Beregningsverktøy som kan inngå i analysegrunnlaget for et miljøregnskap. Søylene viser hvor stor andel av de som har svart som mener at det enkelte beregningsverktøy må inngå, kan inngå eller ikke trenger å inngå i miljøregnskapet (N=18).*

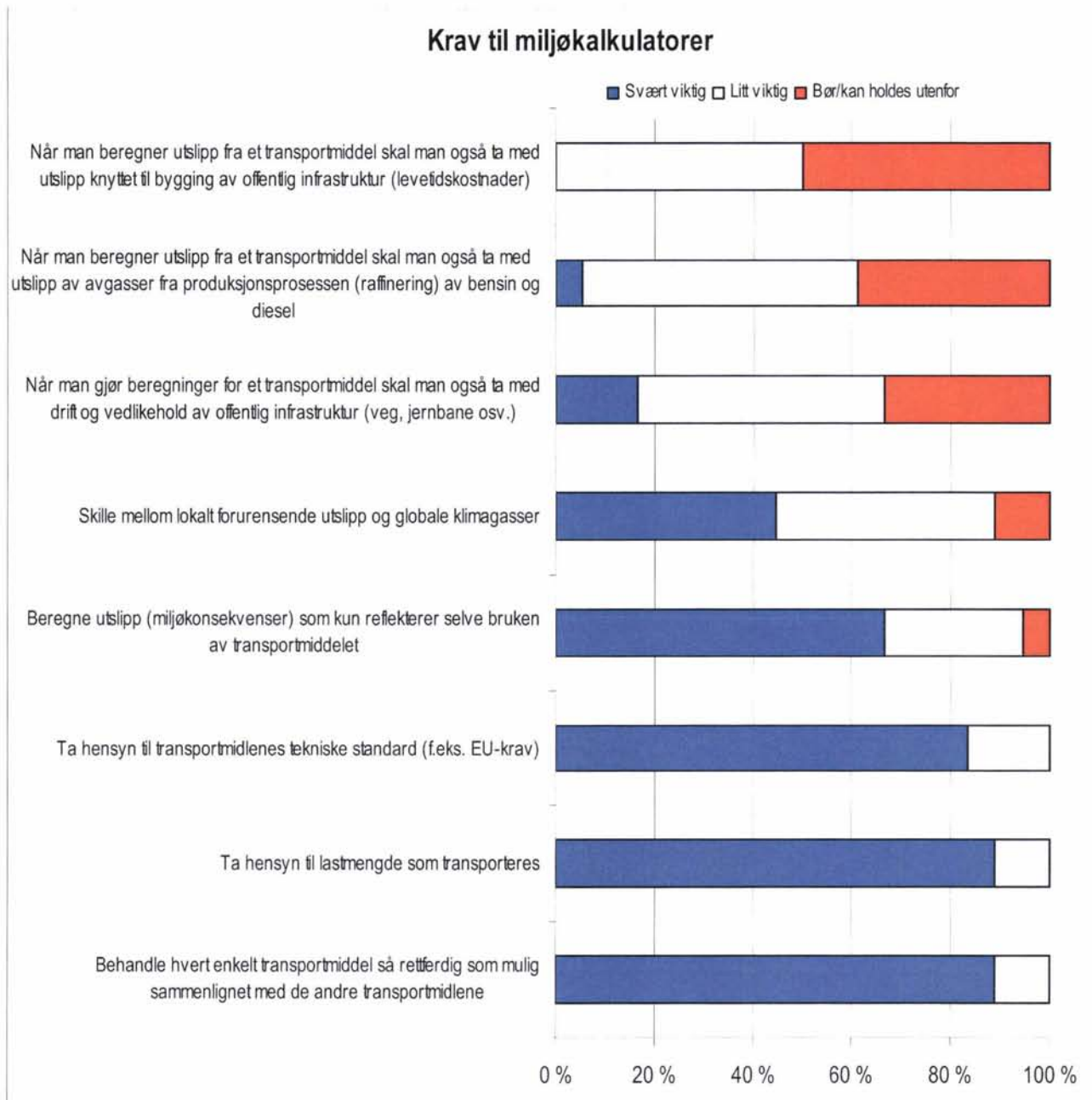
Det er i hovedsak enighet om at et miljøregnskap også må omfatte følgende verktøy for å beregne ulike miljøutfordringer:

1. Verktøy for beregning av det samlede utslipp til luft fra bedriftens virksomhet
2. Miljøkalkulator som kan beregne utslipp til luft fra den enkelte godstransport med ulike transportmidler
3. Beregningsverktøy som kan beregne effekten av ulike miljøtiltak.

De fleste som har svart på dette spørsmålet synes også det er greit at beregninger/registreringer av bedriftens samlede energiforbruk fordelt på ulike energityper inkluderes i regnskapet.

## 2.4 Krav til miljøkalkulatorer

En miljøkalkulator skal fungere som beregningsverktøy for de enkelte vare- og godstransporter. Deltakerne i spørreundersøkelsen ble bedt om å angi viktigheten ved en rekke krav som kan stilles til en miljøkalkulator. Det er ikke nevneverdige forskjeller mellom svarene fra transportbedrifter, vareeiere og etater/organisasjoner, og vi har derfor valgt å presentere resultatene samlet, se *Figur 9*.



*Figur 9: Viktigheten av ulike krav som kan stilles til en miljøkalkulator. Søylene representerer andel av respondentene som har svart at de ulike kravene er svært viktig, litt viktig eller at det kan/bør holdes utenfor (N=18).*

Resultatene viser at deltakerne er svært opptatt av at hvert transportmiddel må behandles så rettferdig som mulig sammenlignet med de andre transportmidlene. I tillegg oppleves det som viktige krav at man tar hensyn til den lastmengde som transporteres og transportmidlenes tekniske standard.

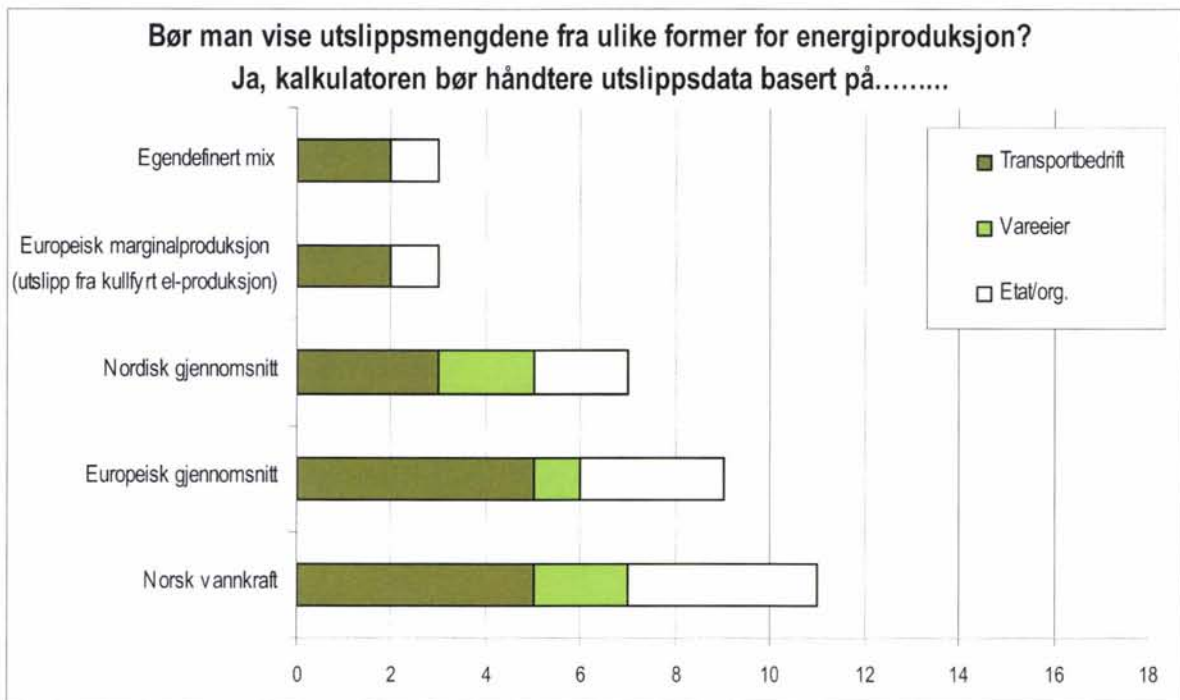
Deltakerne mener at utslippsberegningene kun skal reflektere selve bruken av transportmiddelet, og at det er viktig å skille mellom lokalt forurensende utslipp og globale klimagasser. Nesten halvparten har svart at miljøkonsekvenser knyttet til produksjon av drivstoff eller bygging, drift og vedlikehold av offentlig infrastruktur (veg, jernbane) kan/bør holdes utenfor miljøberegningene.

Nesten 90% av bedriftene har svart at det er viktig å skille mellom lokalt forurensende utslipp og globale klimagasser. Avgasskrav i EU (Eurokravene) har vært viktige for å redusere de lokalt forurensende gassene (karbonmonoksid, hydrokarboner, nitrogenoksider og partikler), mens det etter hvert er blitt økende fokus på global oppvarming og klimagasser (spesielt karbondioksid). Dette temaet ble diskutert i intervjurunden, og bedriftene mener beregningsverktøyene må kunne behandle begge disse utslippstypene.

**Utslipp fra ulike former for energiproduksjon**

Fordi enkelte transportmidler og terminalutstyr bruker elektrisk energi, ble respondentene spurt om de synes at miljøkalkulatoren også bør håndtere utslippsmengder fra ulike former for energiproduksjon.

Kun en av respondentene har svart negativt på dette spørsmålet (*Nei, i Norge har vi utslippsfri el-produksjon fra norsk vannkraft*). De øvrige har krysset av for at miljøkalkulatoren bør inneholde utslippsdata ut fra alternative forutsetninger som vist i *Figur 10*.

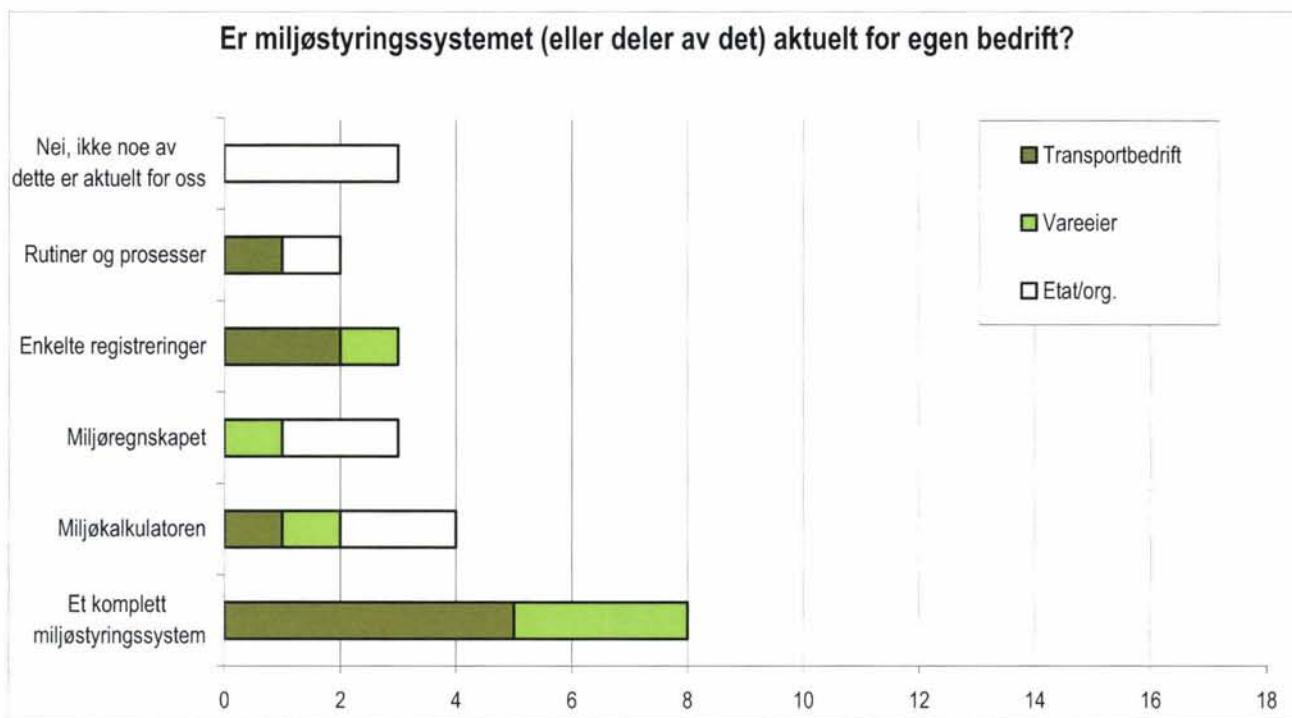


Figur 10: Utslippsdata fra ulike former for energiproduksjon. Søylene viser antall respondenter som mener den aktuelle faktoren bør implementeres i miljøkalkulatoren (N=17).

Det er noe spredning på svarene, men de fleste respondentene mener at miljøkalkulatoren bør håndtere utslippsdata basert på *norsk vannkraft*, *uropeisk gjennomsnitt* eller *nordisk gjennomsnitt*. Respondentene har hatt mulighet til å krysse av for flere svaralternativer samtidig.

## 2.5 Implementering av miljøstyringssystem i egen bedrift

Avslutningsvis ble deltakerne i spørreundersøkelsen bedt om å vurdere hvor aktuelt det er for egen bedrift å ta i bruk et omfattende miljøstyringssystem, slik det er beskrevet i denne undersøkelsen. Respondentenes vurderinger er presentert i *Figur 11*.

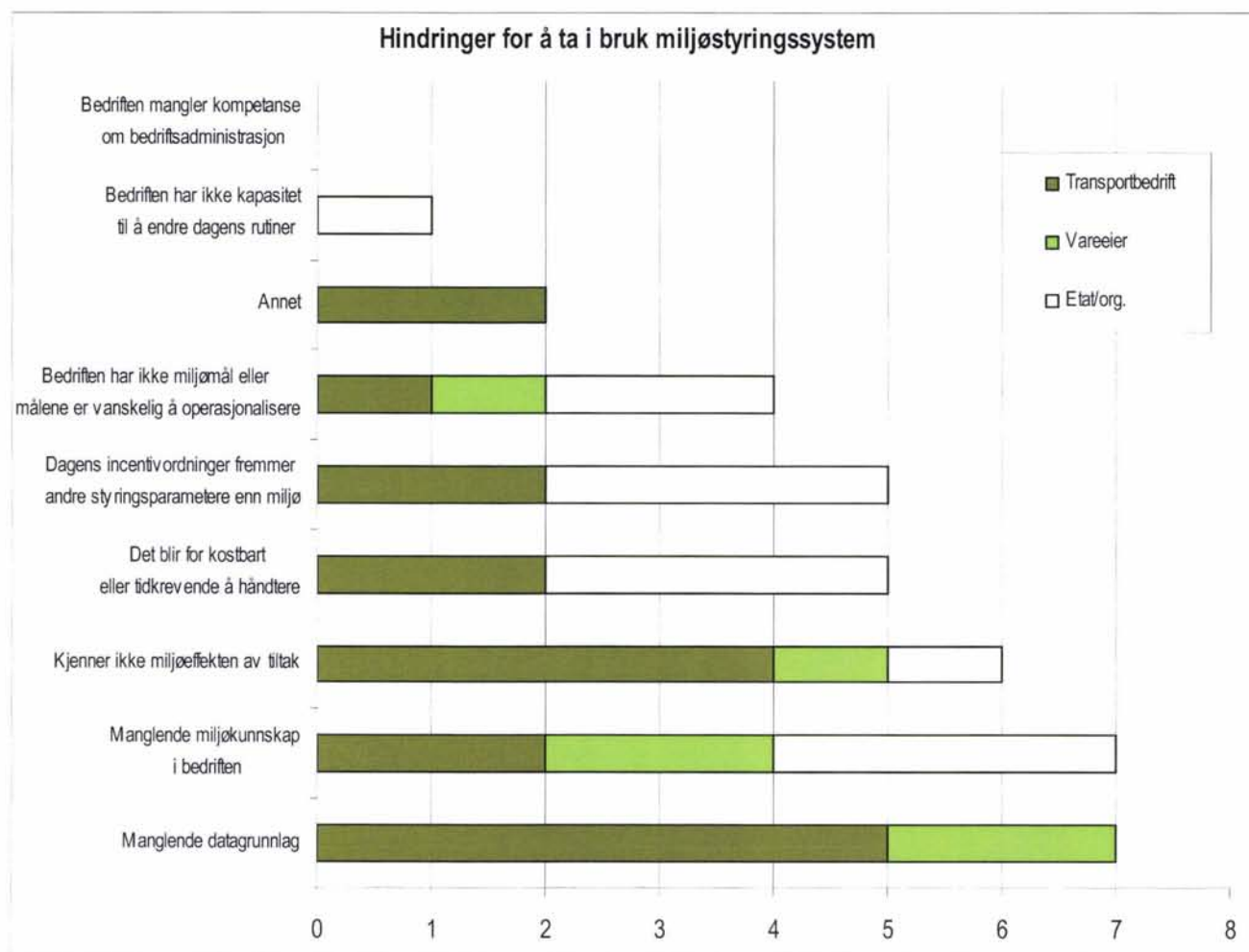


*Figur 11: Antall respondenter som mener det er aktuelt å ta i bruk miljøstyringssystemet (eller deler av det) i egen bedrift.*

Transportbedrifter og vareeiere stiller seg positiv til å implementere miljøstyringssystemet i egen bedrift, mens etater/organisasjoner opplever det som mindre relevant for egen virksomhet. Åtte av tolv transportører eller vareeiere har svart at de synes det er aktuelt å ta i bruk et komplett miljøstyringssystem, slik det er beskrevet.

Blant de som mener det ikke er aktuelt å implementere hele miljøstyringssystemet, er det likevel interesse for å ta i bruk deler av systemet, som miljøkalkulatoren, miljøregnskapet og enkelte registreringer. Utslipp fra godstransport ble nevnt som eksempel på aktuelle registreringer fra flere respondenter. Det ble også kommentert at beregningsverktøyene kan fremskaffe resultater som nyttig basis for politisk arbeid.

Respondentene ble også presentert for en liste med faktorer som kan hindre bedriften i å ta i bruk et omfattende miljøstyringssystem, og de ble bedt om å eventuelt markere de tre viktigste hindringene for sin egen bedrift<sup>3</sup>. Resultatet er presentert i *Figur 12*.



*Figur 12: Barrierer for innføring av miljøstyringssystemet. Søylene representerer antall respondenter som har krysset av for hvert element.*

De faktorene som hyppigst blir nevnt av bedriftene selv er *manglende datagrunnlag* og at man *ikke kjenner miljøeffekten av tiltak*. Tar man også med svarene fra etater/organisasjoner scorer faktoren *manglende miljøkunnskap i bedriften* høyt.

Under punktet "annet", har respondentene ført opp at *det tar tid å implementere et slikt styringssystem i alle delene av en stor virksomhet*, og at *det er lite interesse for miljøkrav fra markedet, også blant offentlige oppdragsgivere*. En av respondentene har svart at bedriften ikke ser noen hindringer for å ta i bruk et slikt systemet som er beskrevet i undersøkelsen.

<sup>3</sup> Etater/organisasjoner ble spurt om de ser noen hindringer for at *norske vareeiere og transportbedrifter* kan ta i bruk et slikt miljøstyringssystem som er beskrevet i undersøkelsen.

**Krav og innspill til utforming av miljøkalkulator, miljøregnskap og tilhørende systemer**

Prosjektet "Grønn godstransport" skal resultere i verktøy som miljøkalkulator, miljøregnskap og tilhørende systemer. I intervjujurunden diskuterte vi hvordan disse verktøyene bør utformes for å oppnå best og enklest mulig implementering i bedriftene.

Det er en fordel at den metodikken som utvikles i prosjektet bygger på eksisterende standarder og state-of-the-art innenfor fagområdet. For bedriftene er det viktig at verktøyene og systemene ikke gjøres for kompliserte og avhengige av veldig mange variabler. Det er ønskelig med en mest mulig åpen løsning som muliggjør integrasjon mot bedriftenes interne systemer, og som håndterer et utvalg av metoder (fra manuell bruk til helautomatiske rutiner). Den største utfordringen er datainnsamling, og det å ta i bruk erfaringstall.

For bedriftene er det viktig at verktøyene kan benyttes til å måle og synliggjøre effekter av miljøtiltak, slik at de kan benyttes for å selge miljøargumentasjon også internt i bedriften.

### 3 Oppsummering

Brukerbehovsundersøkelsen viser at bedriftene er opptatt av miljøutfordringer og interessert i å forbedre egen miljøprofil. De opplever at miljøspørsmål påvirker bedriftens virksomhet og forventer at fokuset på miljø blir betydelig større i framtiden. De fleste bedriftene er åpne for å samarbeide med andre – også konkurrerende bedrifter – om videreutvikling av miljøsatsingen.

Bedriftene har selv foreslått en rekke aktuelle tiltak for å redusere de negative miljøkonsekvensene i transportbransjen. Å flytte gods fra veg til jernbane blir vurdert å være både gjennomførbart og svært effektivt av flere bedrifter. Et annet tiltak som vurderes å gi stor effekt er innføring av prissystem som belønner miljøriktige valg av transportløsninger (større forsendelser, utnyttelse av ledig kapasitet m.m.). Generelt er det enklest å gjennomføre de tiltakene som også er økonomisk fordelaktig for bedriftene.

Bedriftene har også rapportert en rekke faktorer som hindrer iverksetting av de aktuelle miljøtiltakene. For å overkomme disse barrierene, etterspørres en standardheving av infrastruktur for både veg og jernbane, samt generelt større miljøfokus hos myndighetene. Det er også behov for å styrke miljøkompetansen internt i bedriftene.

Prosjektet Grønn godstransport skal resultere i verktøy som miljøkalkulator, miljøregnskap og tilhørende systemer. Nesten alle bedriftene som deltok i undersøkelsen har allerede innført en eller annen form for miljøstyringssystem, og transportører og vareeiere stiller seg positive til å ta i bruk et mer omfattende system, slik det er beskrevet i denne undersøkelsen. De største hindringene for implementeringen av et slikt system i dag, er manglende datagrunnlag, at man ikke kjenner miljøeffekten av de tiltakene man iverksetter, samt at bedriften mangler nødvendig miljøkompetanse.

Bedriftene ønsker at miljøfokus skal prege den interne bedriftskulturen og at miljøstyringssystemet må være en del av den daglige driften. Når det gjelder miljøregnskap og miljøkalkulatorer, er det et viktig prinsipp at hvert enkelt transportmiddel behandles så rettferdig som mulig. Generelt ønsker bedriftene verktøy som spenner vidt og omfatter både utslipp, energiforbruk og avfall knyttet til både godstransport, terminaldrift og andre sider ved bedriftens virksomhet.

For prosjektet Grønn godstransport blir det et viktig suksesskriterium å utforme beregningsverktøy på en slik måte at man oppnår enklest mulig implementering i bedriftene.









## Miljøstyring av transportbedrifter

Dette er en spørreundersøkelse knyttet til miljøstyring av transportbedrifter. Varianter av denne spørreundersøkelsen går til en del transportbedrifter, vareeiere, offentlige etater og organisasjoner innenfor transportsektoren. Undersøkelsen er en av de første oppgavene innenfor forskningsprosjektet "Grønn Godstransport" som er en del av Norges Forskningsråds program "SMARTRANS – Næringslivets transporter og ITS".

Gjennom prosjektet "Grønn Godstransport" ønsker man å utvikle et beslutningsstøttesystem for håndtering av miljøutfordringer for godstransporten. Hensikten med spørreundersøkelsen er å kartlegge brukernes behov og forventninger til et miljøstyringssystem, og samtidig få innspill om hvilke elementer som bør inngå i et miljøregnskap. **Vi håper du vil være med å bidra med dine synspunkter!**

Forskningspartner i prosjektet er SINTEF, som også står bak denne undersøkelsen. SINTEF er også garantist for at dine svar blir behandlet konfidensielt og bare gjengis anonymisert og som del av den totale svarmengde i prosjektets notater og rapporter.

De som svarer på undersøkelsen vil også være blant de første som får tilgang til rapporter med bearbejdede og analyserte svar fra alle deltagerne.

På forhånd takk for hjelpen!



Fyll ut svarene i de hvite boksene

<b>Navn på virksomheten:</b>	
------------------------------	--

**Type virksomhet:**

<input type="checkbox"/>	Bedrift som utfører transport
<input type="checkbox"/>	Bedrift som organiserer varer og tjenester (samlastere)
<input type="checkbox"/>	Annet... <i>Spesifiser:</i>

**Hvem svarer på denne undersøkelsen på vegne av bedriften?**

<b>Stilling/plass i bedriftens organisasjon:</b>	
<b>Navn:</b>	

**I hvor stor grad påvirker miljøspørsmål bedriftens virksomhet i dag? (Sett ett kryss)**

<i>Svært stor grad</i> <input type="checkbox"/>	<i>Stor grad</i> <input type="checkbox"/>	<i>Noe</i> <input type="checkbox"/>	<i>Liten grad</i> <input type="checkbox"/>	<i>Ingen påvirkning</i> <input type="checkbox"/>
--	--	--	---	---

**Hvordan tror bedriften at miljøspørsmål vil påvirke bedriftens virksomhet om 10 år: (Sett ett kryss)**

<i>Vesentlig mer enn i dag</i> <input type="checkbox"/>	<i>Noe mer enn i dag</i> <input type="checkbox"/>	<i>Som i dag</i> <input type="checkbox"/>	<i>Noe mindre enn i dag</i> <input type="checkbox"/>	<i>Vesentlig mindre enn i dag</i> <input type="checkbox"/>
--	--	--	---	---

**Dersom bedriften skulle iverksette tiltak for å redusere negative konsekvenser for miljøet, hvilke tiltak vurderer man som aktuelle i bedriften (på kort eller lang sikt)?**

--

**Hva hindrer bedriften i å iverksette disse tiltakene i dag?**

--

Vær oppmerksom på at vi i spørreskjemaet opererer med styringssystem og beregningsverktøy på tre ulike nivåer. For å tydeliggjøre dette, har vi brukt tre ulike begrep som er forklart nedenfor:

### MILJØSTYRINGSSYSTEM

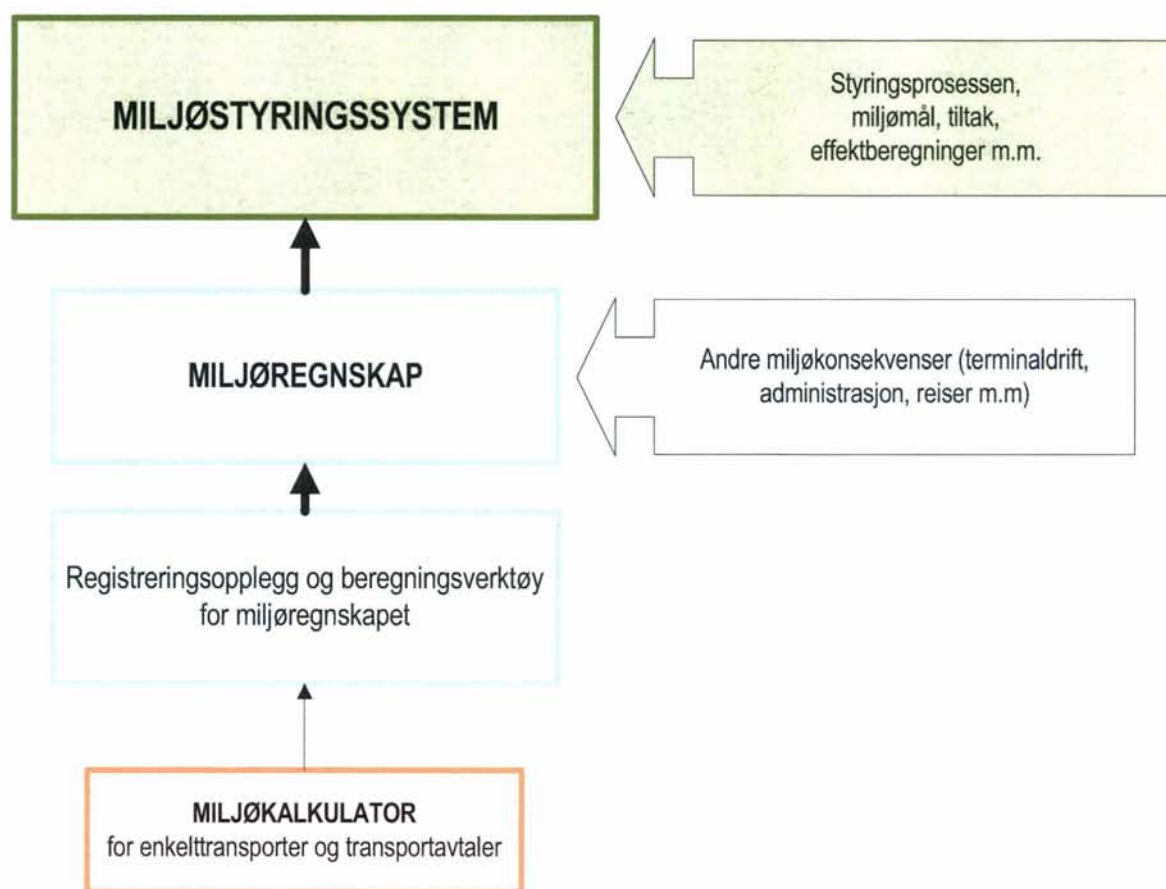
Bedriftens overordnede miljøstyringssystem. Dette inneholder både utvikling av miljømål, implementering av tiltak og alle prosesser og rutiner for håndtering av miljøspørsmål. Her finner man også ulike beregningsverktøy og registreringer, samt miljøregnskapet.

### MILJØREGNSKAP

Periodisk (kvartert, halvår, år) rapport som omfatter miljømessige konsekvenser av bedriftens totale virksomhet. Miljøregnskapet baserer seg på registreringer og beregninger av de ulike miljøkonsekvenser av virksomheten.

### MILJØKALKULATOR

Verktøy for beregning av miljøkonsekvenser av enkelttransporter, som grunnlag for miljømessige optimale valg av transportløsninger. Miljøkalkulatoren kan også gi input til bedriftens miljøregnskap.



## Behov for miljøstyringssystem

Har bedriften allerede et operativt miljøstyringssystem?	Ja <input type="checkbox"/>	Nei <input type="checkbox"/>
--	--------------------------------	---------------------------------

Hvis ja:	Gi en kort beskrivelse av miljøstyringssystemet (bruk gjerne vedlegg):

Mener bedriften at de har behov for et miljøstyringssystem?	Ja <input type="checkbox"/>	Nei <input type="checkbox"/>
---	--------------------------------	---------------------------------

Hvis ja:	Hvorfor mener bedriften at den har behov for et miljøstyringssystem? (Sett ett eller flere kryss)	
<input type="checkbox"/>	a) Pålagt i henhold til lover og regler	Angi hvilken lov/regel:
<input type="checkbox"/>	b) Forventer at det blir pålagt i løpet av kort tid	
<input type="checkbox"/>	c) Nødvendig for å bli miljøsertifisert	
<input type="checkbox"/>	d) Ønsker å fremstå som en miljøvennlig bedrift ut fra idealistiske prinsipper	
<input type="checkbox"/>	e) Vurderer fokus på miljø som konkurransefaktor overfor kundene	
<input type="checkbox"/>	f) Krav fra kunder/oppdragsgiver	
<input type="checkbox"/>	g) Miljøfokus gir fortrinn i kampen om dyktige medarbeidere (rekruttering)	
<input type="checkbox"/>	h) Ha mulighet til å beregne effekt av miljøtiltak	
<input type="checkbox"/>	i) Annet...	Beskriv:

**Hvordan tenker man seg at miljøstyringssystemet skal innpasses i bedriftens styringssystemer og den daglige driften (kundekontakt, utvikling av bedriftsprofil/miljøvennlighet, o.l.)?**

*(Sett ett eller flere kryss)*

<input type="checkbox"/>	a) skal være en del av bedriftens strategiske planlegging	
<input type="checkbox"/>	b) rapporter fra miljøstyringssystemet skal fremlegges på (alle) styremøter	
<input type="checkbox"/>	c) skal være en del av den daglige drift...	<i>Gi eksempler på hvordan:</i>
<input type="checkbox"/>	d) kundene skal tilbys å velge miljøprofil for sine transporter (må velge mellom transporttid, leveringstidspunkt, kostnader og miljøkonsekvenser)	
<input type="checkbox"/>	e) miljøsetsingen skal prege alt informasjons- og markedsføringsmateriale i bedriften	
<input type="checkbox"/>	f) miljøfokus skal prege den interne bedriftskulturen	
<input type="checkbox"/>	g) annet ...	<i>Beskriv:</i>

**Er bedriften åpen for å samarbeide med andre konkurrerende bedrifter om videreutvikling av miljøsetsingen eller foretrekker man å utvikle dette på egen hånd? *(Sett ett kryss)***

<input type="checkbox"/>	Åpen for samarbeid med alle, også konkurrerende bedrifter
<input type="checkbox"/>	Åpen for samarbeid med ikke-konkurrerende bedrifter
<input type="checkbox"/>	Åpen for samarbeid dersom det bidrar til økonomiske fordeler for bedriften
<input type="checkbox"/>	Betrakter miljøsetsingen som et konkurranseelement som man vil utvikle selv



## Innhold i et miljøregnskap

I listen nedenfor har vi angitt en del elementer som kan inngå i miljøregnskapet for en transportbedrift. Vennligst angi hva du mener er viktig å ta med i miljøregnskapet?

*Kryss av for hvert enkelt element.*

<b>Forankring og prosesser:</b>		<b>Må med</b>	<b>Kan med</b>	<b>Trengs ikke</b>
Etablere miljøregnskapet som en fast del av bedriftens styringssystem med tilhørende interne prosesser		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Innhold:</b>		<b>Må med</b>	<b>Kan med</b>	<b>Trengs ikke</b>
a) Utslipp fra godstransportene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Utslipp fra terminaldriften		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Støy fra transportene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Støy fra terminaldriften		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Avfall fra transportvirksomheten inkl. emballasje		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Avfall fra terminaldrift og annen virksomhet		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Håndtering av lastbærere		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Håndtering av tomkjøring		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i) Energiforbruk drivstoff knyttet til godstransportene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j) Energiforbruk drivstoff knyttet til terminaldriften		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k) Energiforbruk drivstoff knyttet til andre deler av bedriftens virksomhet		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l) Estetiske forhold som kan påvirke omgivelsene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m) Annet...	<i>Spesifiser:</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Beregningsverktøy:</b>		<b>Må med</b>	<b>Kan med</b>	<b>Trengs ikke</b>
Miljøkalkulator som kan beregne utslipp til luft fra den enkelte godstransport med de ulike transportmidler.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregningsverktøy for beregning av det samlede utslipp til luft fra bedriftens transportvirksomhet.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregninger/registreringer av bedriftens samlede energiforbruk fra transport og terminaldrift, fordelt på ulike energityper.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregninger/registreringer av bedriftens samlede energiforbruk inkludert virksomhet som administrasjon, reiser o.l., fordelt på ulike energityper.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregningsverktøy som kan beregne effekten av ulike miljøtiltak.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Krav til miljøkalkulatorer (beregningsverktøy for enkelttransporter)

En test av en rekke av dagens tilgjengelige miljøkalkulatorer viser at resultatene spriker mer enn vi anser som akseptabelt. Vi vil derfor utvikle en forbedret miljøkalkulator. Hvilke krav synes du er viktig å sette til en miljøkalkulator som skal fungere som beregningsverktøy for de enkelte vare- og godstransporter?

*Angi viktigheten ved å sette ett kryss for hvert krav.*

	Svært viktig	Litt viktig	Bør/kan holdes utenfor
Ta hensyn til transportmidlenes tekniske standard (f.eks. EU-krav)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ta hensyn til lastmengde som transporteres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Behandle hvert enkelt transportmiddel så rettferdig som mulig sammenlignet med de andre transportmidlene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Skille mellom lokalt forurensende utslipp og globale klimagasser	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregne utslipp (miljøkonsekvenser) som kun reflekterer selve bruken av transportmiddelet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Når man gjør beregninger for et transportmiddel skal man også ta med drift og vedlikehold av offentlig infrastruktur (veg, jernbane osv.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Når man beregner utslipp fra et transportmiddel skal man også ta med utslipp knyttet til bygging av offentlig infrastruktur (levetidskostnader)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Når man beregner utslipp fra et transportmiddel skal man også ta med utslipp av avgasser fra produksjonsprosessen (raffinering) av bensin og diesel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Andre krav... <i>Spesifiser:</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Enkelte transportmidler og/eller terminalutstyr bruker elektrisk energi. Bør man også vise utslippsmengdene fra ulike former for energiproduksjon?**

<input type="checkbox"/>	Nei, i Norge har vi utslippsfri el-produksjon fra norsk vannkraft
Ja, kalkulatoren bør inneholde utslippsdata for ulike former for el-produksjon som gjør det mulig å beregne ut fra ulike forutsetninger f eks:	
<input type="checkbox"/>	a) Norsk vannkraft
<input type="checkbox"/>	b) Nordisk gjennomsnitt
<input type="checkbox"/>	c) Europeisk gjennomsnitt
<input type="checkbox"/>	d) Europeisk marginalproduksjon (utslipp fra kullfyrt el-produksjon)
<input type="checkbox"/>	e) Egendefinert mix

## Implementering av miljøstyringssystem i egen bedrift

<b>Planlegger din bedrift å ta i bruk et miljøstyringssystem slik det er beskrevet i denne undersøkelsen?</b>		
<input type="checkbox"/>	Ja, et komplett miljøstyringssystem er aktuelt	
Ja, enkelte deler av miljøstyringssystemet kan være aktuelt, deriblant:		
<input type="checkbox"/>	a) Miljøregnskapet	
<input type="checkbox"/>	b) Rutiner og prosesser	<i>Spesifiser:</i>
<input type="checkbox"/>	c) Enkelte registreringer	<i>Spesifiser:</i>
<input type="checkbox"/>	d) Miljøkalkulatorene	
<input type="checkbox"/>	e) Annet...	<i>Spesifiser:</i>
<input type="checkbox"/>	f) Nei, ikke noe av dette er aktuelt for oss	

<b>Ser du noen hindringer for at din bedrift kan ta i bruk et miljøstyringssystem slik det er beskrevet her? Marker eventuelt de tre viktigste faktorene.</b>		
<input type="checkbox"/>	a) Manglende miljøkunnskap i bedriften	
<input type="checkbox"/>	b) Manglende datagrunnlag	
<input type="checkbox"/>	c) Kjenner ikke miljøeffekten av tiltak	
<input type="checkbox"/>	d) Det blir for kostbart eller tidkrevende å håndtere	
<input type="checkbox"/>	e) Dagens incentivordninger fremmer andre styringsparametere enn miljø	
<input type="checkbox"/>	f) Bedriften har ikke miljømål eller målene er vanskelig å operasjonalisere	
<input type="checkbox"/>	g) Bedriften har ikke kapasitet til å endre dagens rutiner	
<input type="checkbox"/>	h) Bedriften mangler kompetanse om bedriftsadministrasjon	
<input type="checkbox"/>	i) Annet...	<i>Forklar kort:</i>

**Takk for hjelpen!**





## Miljøstyring av transportbedrifter

Dette er en spørreundersøkelse knyttet til miljøstyring av transportbedrifter. Varianter av denne spørreundersøkelsen går til en del transportbedrifter, vare-eiere, offentlige etater og organisasjoner innenfor transportsektoren. Undersøkelsen er en av de første oppgavene innenfor forskningsprosjektet "Grønn Godstransport" som er en del av Norges Forskningsråd's program "SMARTRANS – Næringslivets transporter og ITS".

Gjennom prosjektet "Grønn Godstransport" ønsker man å utvikle et beslutningsstøttesystem for håndtering av miljøutfordringer for godstransporten. Hensikten med spørreundersøkelsen er å kartlegge brukernes behov og forventninger til et miljøstyringssystem, og samtidig få innspill om hvilke elementer som bør inngå i et miljøregnskap. **Vi håper du vil være med å bidra med dine synspunkter!**

Forskningspartner i prosjektet er SINTEF, som også står bak denne undersøkelsen. SINTEF er også garantist for at dine svar blir behandlet konfidensielt og bare gjengis anonymisert og som del av den totale svarmengde i prosjektets notater og rapporter.

De som svarer på undersøkelsen vil også være blant de første som får tilgang til rapporter med bearbejdede og analyserte svar fra alle deltagerne.

På forhånd takk for hjelpen!



Fyll ut svarene i de hvite boksene

Navn på virksomheten:	
Type virksomhet:	
Bransje:	
Kort beskrivelse:	
<b>Hvem svarer på denne undersøkelsen på vegne av bedriften?</b>	
Stilling/plass i bedriftens organisasjon:	
Navn:	

Hvordan organiseres varetransportene <u>inn til</u> bedriften og <u>ut fra</u> bedriften?		Inn til	Ut fra
Leverandør eller mottaker ordner transportene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har eget transportkontor som organiserer, bestiller og gjennomfører transportene med <u>egne</u> transportmidler		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har eget transportkontor som organiserer, bestiller og gjennomfører transportene med <u>andre</u> transportmidler		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Samlaster eller annen transportbedrift tar seg av transportene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Annet...	Beskriv kort:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>I hvor stor grad påvirker miljøspørsmål bedriftens virksomhet i dag? (Sett ett kryss)</b>				
Svært stor grad <input type="checkbox"/>	Stor grad <input type="checkbox"/>	Noe <input type="checkbox"/>	Liten grad <input type="checkbox"/>	Ingen påvirkning <input type="checkbox"/>
<b>Hvordan tror bedriften at miljøspørsmål vil påvirke bedriftens virksomhet om 10 år: (Sett ett kryss)</b>				
Vesentlig mer enn i dag <input type="checkbox"/>	Noe mer enn i dag <input type="checkbox"/>	Som i dag <input type="checkbox"/>	Noe mindre enn i dag <input type="checkbox"/>	Vesentlig mindre enn i dag <input type="checkbox"/>

<b>Dersom bedriften skulle iverksette tiltak for å redusere negative konsekvenser for miljøet, hvilke tiltak vurderer man som aktuelle i bedriften (på kort og lang sikt)?</b>
<b>Hva er det som hindrer bedriften i å iverksette disse tiltakene i dag?</b>

Vær oppmerksom på at vi i spørreskjemaet opererer med styringssystem og beregningsverktøy på tre ulike nivåer. For å tydeliggjøre dette, har vi brukt tre ulike begrep som er forklart nedenfor:

### MILJØSTYRINGSSYSTEM

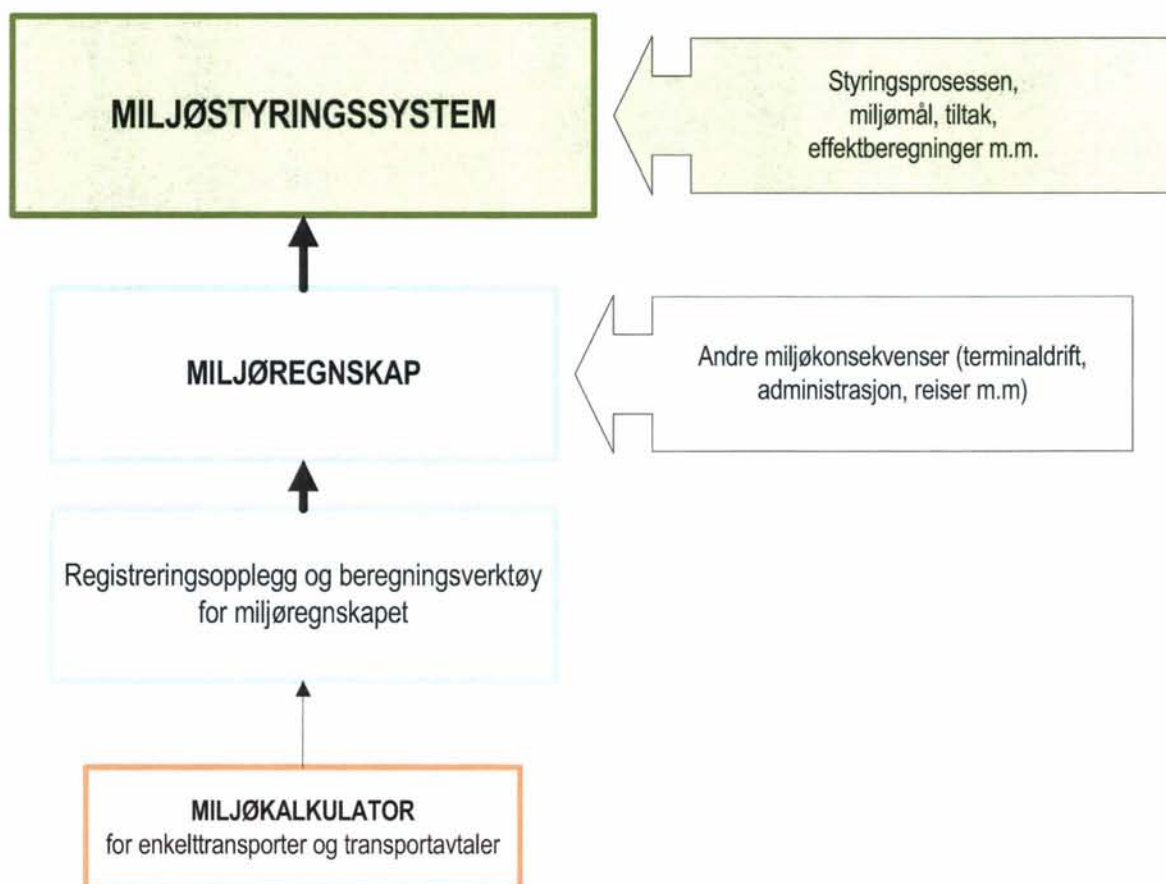
Bedriftens overordnede miljøstyringssystem. Dette inneholder både utvikling av miljømål, implementering av tiltak og alle prosesser og rutiner for håndtering av miljøspørsmål. Her finner man også ulike beregningsverktøy og registreringer, samt miljøregnskapet.

### MILJØREGNSKAP

Periodisk (kvarartal, halvår, år) rapport som omfatter miljømessige konsekvenser av bedriftens totale virksomhet. Miljøregnskapet baserer seg på registreringer og beregninger av de ulike miljøkonsekvenser av virksomheten.

### MILJØKALKULATOR

Verktøy for beregning av miljøkonsekvenser av enkeltransporter, som grunnlag for miljømessige optimale valg av transportløsninger. Miljøkalkulatoren kan også gi input til bedriftens miljøregnskap.





# Behov for miljøstyringssystem

Har bedriften allerede et operativt miljøstyringssystem?	Ja <input type="checkbox"/>	Nei <input type="checkbox"/>
--	--------------------------------	---------------------------------

Hvis ja:	Gi en kort beskrivelse av miljøstyringssystemet (bruk gjerne vedlegg):

Mener bedriften at de har behov for et miljøstyringssystem?	Ja <input type="checkbox"/>	Nei <input type="checkbox"/>
---	--------------------------------	---------------------------------

Hvis ja:	<b>Hvorfor mener bedriften at den har behov for et miljøstyringssystem?</b> (Sett ett eller flere kryss)	
<input type="checkbox"/>	a) Pålagt i henhold til lover og regler	Angi hvilken lov/regel:
<input type="checkbox"/>	b) Forventer at det blir pålagt i løpet av kort tid	
<input type="checkbox"/>	c) Nødvendig for å bli miljøsertifisert	
<input type="checkbox"/>	d) Ønsker å fremstå som en miljøvennlig bedrift ut fra idealistiske prinsipper	
<input type="checkbox"/>	e) Vurderer fokus på miljø som konkurransefaktor overfor kundene	
<input type="checkbox"/>	f) Krav fra kunder/oppleggsgiver	
<input type="checkbox"/>	g) Miljøfokus gir fortrinn i kampen om dyktige medarbeidere (rekruttering)	
<input type="checkbox"/>	h) Ha mulighet til å beregne effekt av miljøtiltak	
<input type="checkbox"/>	i) Annet...	Beskriv:

**Hvordan tenker man seg at miljøstyringssystemet skal innpasses i bedriftens styringssystemer og den daglige driften (kundekontakt, utvikling av bedriftsprofil/miljøvennlighet, o.l.)?**

*(Sett ett eller flere kryss)*

<input type="checkbox"/>	a) skal være en del av bedriftens strategiske planlegging	
<input type="checkbox"/>	b) rapporter fra miljøstyringssystemet skal fremlegges på (alle) styremøter	
<input type="checkbox"/>	c) skal være en del av den daglige drift...	<i>Gi eksempler på hvordan:</i>
<input type="checkbox"/>	d) kundene skal tilbys å velge miljøprofil for sine transporter (må velge mellom transporttid, leveringstidspunkt, kostnader og miljøkonsekvenser)	
<input type="checkbox"/>	e) miljøsatsingen skal prege alt informasjons- og markedsføringsmateriale i bedriften	
<input type="checkbox"/>	f) miljøfokuset skal prege den interne bedriftskulturen	
<input type="checkbox"/>	g) annet ...	<i>Beskriv:</i>

**Er bedriften åpen for å samarbeide med andre konkurrerende bedrifter om videreutvikling av miljøsatsingen eller foretrekker man å utvikle dette på egen hånd? (Sett ett kryss)**

<input type="checkbox"/>	Åpen for samarbeid med alle, også konkurrerende bedrifter
<input type="checkbox"/>	Åpen for samarbeid med ikke-konkurrerende bedrifter
<input type="checkbox"/>	Åpen for samarbeid dersom det bidrar til økonomiske fordeler for bedriften
<input type="checkbox"/>	Betrakter miljøsatsingen som et konkurranseelement som man vil utvikle selv

## Innhold i et miljøregnskap

I listen nedenfor har vi angitt en del elementer som kan inngå i miljøregnskapet for en transportbedrift. Vennligst angi hva du mener er viktig å ta med i miljøregnskapet?

*Kryss av for hvert enkelt element.*

<b>Forankring og prosesser:</b>		<b>Må med</b>	<b>Kan med</b>	<b>Trengs ikke</b>
Etablere miljøregnskapet som en fast del av bedriftens styringssystem med tilhørende interne prosesser		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Innhold:</b>		<b>Må med</b>	<b>Kan med</b>	<b>Trengs ikke</b>
a) Utslipp fra godstransportene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Utslipp fra terminaldriften		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Støy fra transportene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Støy fra terminaldriften		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Avfall fra transportvirksomheten inkl. emballasje		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Avfall fra terminaldrift og annen virksomhet		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Håndtering av lastbærere		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Håndtering av tomkjøring		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i) Energiforbruk/drivstoff knyttet til godstransportene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j) Energiforbruk/drivstoff knyttet til terminaldriften		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k) Energiforbruk/drivstoff knyttet til andre deler av bedriftens virksomhet		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l) Estetiske forhold som kan påvirke omgivelsene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m) Annet...	<i>Spesifiser:</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Beregningsverktøy:</b>		<b>Må med</b>	<b>Kan med</b>	<b>Trengs ikke</b>
Miljøkalkulator som kan beregne utslipp til luft fra den enkelte godstransport med de ulike transportmidler.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregningsverktøy for beregning av det samlede utslipp til luft fra bedriftens transportvirksomhet.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregninger/registreringer av bedriftens samlede energiforbruk fra transport og terminaldrift, fordelt på ulike energityper.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregninger/registreringer av bedriftens samlede energiforbruk inkludert virksomhet som administrasjon, reiser o.l., fordelt på ulike energityper.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregningsverktøy som kan beregne effekten av ulike miljøtiltak.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Krav til miljøkalkulatorer (beregningsverktøy for enkeltransporter)

En test av en rekke av dagens tilgjengelige miljøkalkulatorer viser at resultatene spriker mer enn vi anser som akseptabelt. Vi vil derfor utvikle en forbedret miljøkalkulator. Hvilke krav synes du er viktig å sette til en miljøkalkulator som skal fungere som beregningsverktøy for de enkelte vare- og godstransporter?

Angi viktigheten ved å sette ett kryss for hvert krav.

	Svært viktig	Litt viktig	Bør/kan holdes utenfor
Ta hensyn til transportmidlenes tekniske standard (f.eks. EU-krav)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ta hensyn til lastmengde som transporteres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Behandle hvert enkelt transportmiddel så rettferdig som mulig sammenlignet med de andre transportmidlene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Skille mellom lokalt forurensende utslipp og globale klimagasser	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregne utslipp (miljøkonsekvenser) som kun reflekterer selve bruken av transportmiddelet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Når man gjør beregninger for et transportmiddel skal man også ta med drift og vedlikehold av offentlig infrastruktur (veg, jernbane osv.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Når man beregner utslipp fra et transportmiddel skal man også ta med utslipp knyttet til bygging av offentlig infrastruktur (levetidskostnader)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Når man beregner utslipp fra et transportmiddel skal man også ta med utslipp av avgasser fra produksjonsprosessen (raffinering) av bensin og diesel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Andre krav... <i>Spesifiser:</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Enkelte transportmidler og/eller terminalutstyr bruker elektrisk energi. Bør man også vise utslippsmengdene fra ulike former for energiproduksjon?**

<input type="checkbox"/>	Nei, i Norge har vi utslippsfri el-produksjon fra norsk vannkraft
Ja, kalkulatoren bør inneholde utslippsdata for ulike former for el-produksjon som gjør det mulig å beregne ut fra ulike forutsetninger f eks:	
<input type="checkbox"/>	a) Norsk vannkraft
<input type="checkbox"/>	b) Nordisk gjennomsnitt
<input type="checkbox"/>	c) Europeisk gjennomsnitt
<input type="checkbox"/>	d) Europeisk marginalproduksjon
<input type="checkbox"/>	e) Egendefinert mix

## Implementering av miljøstyringssystem i egen bedrift

<b>Planlegger din bedrift å ta i bruk et miljøstyringssystem slik det er beskrevet i denne undersøkelsen?</b>		
<input type="checkbox"/>	Ja, et komplett miljøstyringssystem er aktuelt	
Ja, enkelte deler av miljøstyringssystemet kan være aktuelt, deriblant:		
<input type="checkbox"/>	a) Miljøregnskapet	
<input type="checkbox"/>	b) Rutiner og prosesser	Spesifiser:
<input type="checkbox"/>	c) Enkelte registreringer	Spesifiser:
<input type="checkbox"/>	d) Miljøkalkulatorene	
<input type="checkbox"/>	e) Annet...	Spesifiser:
<input type="checkbox"/>	f) Nei, ikke noe av dette er aktuelt for oss	

<b>Ser du noen hindringer for at din bedrift kan ta i bruk et miljøstyringssystem slik det er beskrevet her? Marker eventuelt de tre viktigste faktorene.</b>		
<input type="checkbox"/>	a) Manglende miljøkunnskap i bedriften	
<input type="checkbox"/>	b) Manglende datagrunnlag	
<input type="checkbox"/>	c) Kjenner ikke miljøeffekten av tiltak	
<input type="checkbox"/>	d) Det blir for kostbart eller tidkrevende å håndtere	
<input type="checkbox"/>	e) Dagens incentivordninger fremmer andre styringsparametere enn miljø	
<input type="checkbox"/>	f) Bedriften har ikke miljømål eller målene er vanskelig å operasjonalisere	
<input type="checkbox"/>	g) Bedriften har ikke kapasitet til å endre dagens rutiner	
<input type="checkbox"/>	h) Bedriften mangler kompetanse om bedriftsadministrasjon	
<input type="checkbox"/>	i) Annet...	Forklar kort:

Takk for hjelpen!





## Miljøstyring av transportbedrifter

Dette er en spørreundersøkelse knyttet til miljøstyring av transportbedrifter. Varianter av denne spørreundersøkelsen går til en del transportbedrifter, vareeiere, offentlige etater og organisasjoner innenfor transportsektoren. Undersøkelsen er en av de første oppgavene innenfor forskningsprosjektet "Grønn Godstransport" som er en del av Norges Forskningsråds program "SMARTRANS – Næringslivets transporter og ITS".

Gjennom prosjektet "Grønn Godstransport" ønsker man å utvikle et beslutningsstøttesystem for håndtering av miljøutfordringer for godstransporten. Hensikten med spørreundersøkelsen er å kartlegge brukernes behov og forventninger til et miljøstyringssystem, og samtidig få innspill om hvilke elementer som bør inngå i et miljøregnskap. **Vi håper du vil være med å bidra med dine synspunkter!**

Forskningspartner i prosjektet er SINTEF, som også står bak denne undersøkelsen. SINTEF er også garantist for at dine svar blir behandlet konfidensielt og bare gjengis anonymisert og som del av den totale svarmengde i prosjektets notater og rapporter.

De som svarer på undersøkelsen vil også være blant de første som får tilgang til rapporter med bearbejdede og analyserte svar fra alle deltagerne.

På forhånd takk for hjelpen!





Fyll ut svarene i de hvite boksene

Navn på etaten/organisasjonen:	
--------------------------------	--

Hvem svarer på denne undersøkelsen på vegne av etaten / organisasjonen?:	
Stilling/plass i organisasjonen:	
Navn:	

		Ja	Nei
Er etaten/organisasjonen en medlemsorganisasjon (Sett ett kryss)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hvis ja:	Hva er medlemmenes felles kjennetegn:		
Hvis nei:	Hva er etatens/organisasjonens hovedfunksjon:		

I hvor stor grad tror etaten/organisasjonen at miljøspørsmål innvirker på hvordan transportvirksomhet i samfunnet gjennomføres i dag? (Sett ett kryss)				
Svært stor grad <input type="checkbox"/>	Stor grad <input type="checkbox"/>	Noe <input type="checkbox"/>	Liten grad <input type="checkbox"/>	Ingen påvirkning <input type="checkbox"/>

Hvordan tror man at miljøspørsmål vil påvirke transportvirksomheten om 10 år: (Sett ett kryss)				
Vesentlig mer enn i dag <input type="checkbox"/>	Noe mer enn i dag <input type="checkbox"/>	Som i dag <input type="checkbox"/>	Noe mindre enn i dag <input type="checkbox"/>	Vesentlig mindre enn i dag <input type="checkbox"/>

Hvilke tiltak knyttet til vare- og godstransport bør vareeiere og transportører ta i bruk for å redusere de negative konsekvenser for miljøet (på kort og lang sikt)?

--

Hva tror du hindrer vareeiere og transportører i å iverksette disse tiltakene?

--

Vær oppmerksom på at vi i spørreskjemaet opererer med styringssystem og beregningsverktøy på tre ulike nivåer. For å tydeliggjøre dette, har vi brukt tre ulike begrep som er forklart nedenfor:

### MILJØSTYRINGSSYSTEM

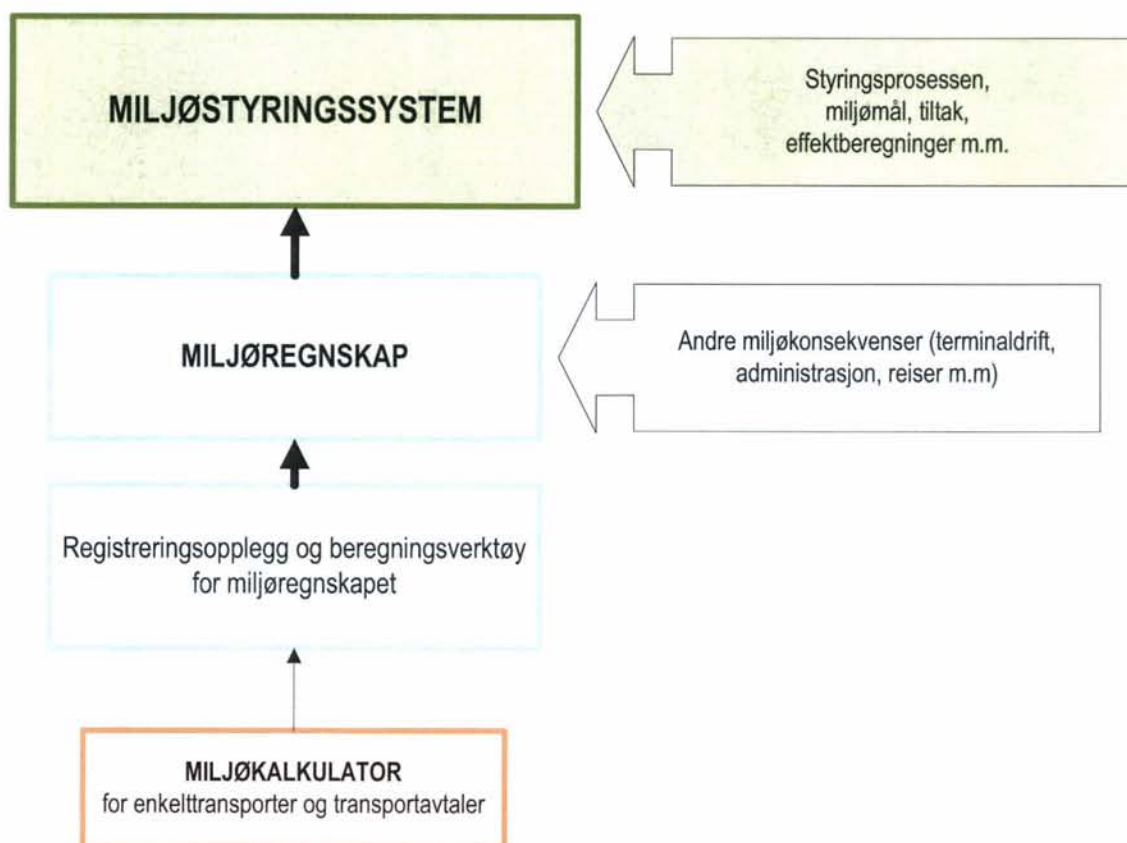
Bedriftens overordnede miljøstyringssystem. Dette inneholder både utvikling av miljømål, implementering av tiltak og alle prosesser og rutiner for håndtering av miljøspørsmål. Her finner man også ulike beregningsverktøy og registreringer, samt miljøregnskapet.

### MILJØREGNSKAP

Periodisk (kvartert, halvår, år) rapport som omfatter miljømessige konsekvenser av bedriftens totale virksomhet. Miljøregnskapet baserer seg på registreringer og beregninger av de ulike miljøkonsekvenser av virksomheten.

### MILJØKALKULATOR

Verktøy for beregning av miljøkonsekvenser av enkelttransporter, som grunnlag for miljømessige optimale valg av transportløsninger. Miljøkalkulatoren kan også gi input til bedriftens miljøregnskap.



## Behov for miljøstyringssystem

<b>Mener etaten/organisasjonen at det er behov for at norske vareeiere og transportører skal ha et miljøstyringssystem rettet mot transportfunksjonen i bedriften?</b> (Sett ett kryss)	<i>Ja</i> <input type="checkbox"/>	<i>Nei</i> <input type="checkbox"/>
--	---------------------------------------	--

<b>Bør et slikt miljøstyringssystem være pålagt bedriftene og forankret i lovverket?</b> (Sett ett kryss)	<i>Ja</i> <input type="checkbox"/>	<i>Nei</i> <input type="checkbox"/>
--	---------------------------------------	--

<b>Hvordan tenker man seg at miljøstyringssystemet skal innpasses i transportbedrifters styringssystemer og den daglige driften (kundekontakt, utvikling av bedriftsprofil/miljøvennlighet, o.l.)?</b> (Sett ett eller flere kryss)		
<input type="checkbox"/>	a) skal være en del av bedriftens strategiske planlegging	
<input type="checkbox"/>	b) rapporter fra miljøstyringssystemet skal fremlegges på (alle) styremøter	
<input type="checkbox"/>	c) skal være en del av den daglige drift...	<i>Gi eksempler på hvordan:</i>
<input type="checkbox"/>	d) kundene skal tilbys å velge miljøprofil for sine transporter (må velge mellom transporttid, leveringstidspunkt, kostnader og miljøkonsekvenser)	
<input type="checkbox"/>	e) miljøsatsingen skal prege alt informasjons- og markedsføringsmateriale i bedriften	
<input type="checkbox"/>	f) miljøfokus skal prege den interne bedriftskulturen	
<input type="checkbox"/>	g) annet ...	<i>Beskriv:</i>

<b>Ser etaten/organisasjonen at et slikt miljøstyringssystem eller deler av det kan være aktuelt for egen etat/organisasjon?</b> (Sett ett kryss)	<i>Ja</i> <input type="checkbox"/>	<i>Nei</i> <input type="checkbox"/>
<i>Evt kort begrunnelse:</i>		

## Innhold i et miljøregnskap

I listen nedenfor har vi angitt en del elementer som kan inngå i miljøregnskapet for en transportbedrift. Vennligst angi hva du mener er viktig å ta med i miljøregnskapet?

*Kryss av for hvert enkelt element.*

<b>Forankring og prosesser:</b>		<b>Må med</b>	<b>Kan med</b>	<b>Trengs ikke</b>
Etablere miljøregnskapet som en fast del av bedriftens styringssystem med tilhørende interne prosesser		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Innhold:</b>		<b>Må med</b>	<b>Kan med</b>	<b>Trengs ikke</b>
a) Utslipp fra godstransportene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Utslipp fra terminaldriften		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Støy fra transportene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Støy fra terminaldriften		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Avfall fra transportvirksomheten inkl. emballasje		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Avfall fra terminaldrift og annen virksomhet		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Håndtering av lastbærere		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Håndtering av tomkjøring		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i) Energiforbruk drivstoff knyttet til godstransportene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j) Energiforbruk drivstoff knyttet til terminaldriften		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k) Energiforbruk drivstoff knyttet til andre deler av bedriftens virksomhet		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l) Estetiske forhold som kan påvirke omgivelsene		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m) Annet...	<i>Spesifiser:</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Beregningsverktøy:</b>		<b>Må med</b>	<b>Kan med</b>	<b>Trengs ikke</b>
Miljøkalkulator som kan beregne utslipp til luft fra den enkelte godstransport med de ulike transportmidler.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregningsverktøy for beregning av det samlede utslipp til luft fra bedriftens transportvirksomhet.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregninger/registreringer av bedriftens samlede energiforbruk fra transport og terminaldrift, fordelt på ulike energityper.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregninger/registreringer av bedriftens samlede energiforbruk inkludert virksomhet som administrasjon, reiser o.l., fordelt på ulike energityper.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregningsverktøy som kan beregne effekten av ulike miljøtiltak.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Krav til miljøkalkulatorer (beregningsverktøy for enkelttransporter)

En test av en rekke av dagens tilgjengelige miljøkalkulatorer viser at resultatene spriker mer enn vi anser som akseptabelt. Vi vil derfor utvikle en forbedret miljøkalkulator. Hvilke krav synes du er viktig å sette til en miljøkalkulator som skal fungere som beregningsverktøy for de enkelte vare- og godstransporter?

Angi viktigheten ved å sette ett kryss for hvert krav.

	Svært viktig	Litt viktig	Bør/kan holdes utenfor
Ta hensyn til transportmidlenes tekniske standard (f.eks. EU-krav)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ta hensyn til lastmengde som transporteres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Behandle hvert enkelt transportmiddel så rettferdig som mulig sammenlignet med de andre transportmidlene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Skille mellom lokalt forurensende utslipp og globale klimagasser	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beregne utslipp (miljøkonsekvenser) som kun reflekterer selve bruken av transportmiddelet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Når man gjør beregninger for et transportmiddel skal man også ta med drift og vedlikehold av offentlig infrastruktur (veg, jernbane osv.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Når man beregner utslipp fra et transportmiddel skal man også ta med utslipp knyttet til bygging av offentlig infrastruktur (levetidskostnader)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Når man beregner utslipp fra et transportmiddel skal man også ta med utslipp av avgasser fra produksjonsprosessen (raffinering) av bensin og diesel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Andre krav... <i>Spesifiser:</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Enkelte transportmidler og/eller terminalutstyr bruker elektrisk energi. Bør man også vise utslippsmengdene fra ulike former for energiproduksjon?**

<input type="checkbox"/>	Nei, i Norge har vi utslippsfri el-produksjon fra norsk vannkraft
Ja, kalkulatoren bør inneholde utslippsdata for ulike former for el-produksjon som gjør det mulig å beregne ut fra ulike forutsetninger f eks:	
<input type="checkbox"/>	a) Norsk vannkraft
<input type="checkbox"/>	b) Nordisk gjennomsnitt
<input type="checkbox"/>	c) Europeisk gjennomsnitt
<input type="checkbox"/>	d) Europeisk marginalproduksjon (utslipp fra kullfyrt el-produksjon)
<input type="checkbox"/>	e) Egendefinert mix

## Implementering av miljøstyringssystem i egen bedrift

<b>Ser din etat/organisasjon det som aktuelt å ta i bruk et komplett miljøstyringssystem rettet mot vare- og godstransporter eller ser man at det kan være aktuelt å ta i bruk deler av det?</b>		
<input type="checkbox"/>	Ja, et komplett miljøstyringssystem er aktuelt	
Ja, enkelte deler av miljøstyringssystemet kan være aktuelt, deriblant:		
<input type="checkbox"/>	a) Miljøregnskapet	
<input type="checkbox"/>	b) Rutiner og prosesser	<i>Spesifiser:</i>
<input type="checkbox"/>	c) Enkelte registreringer	<i>Spesifiser:</i>
<input type="checkbox"/>	d) Miljøkalkulatorene	
<input type="checkbox"/>	e) Annet...	<i>Spesifiser:</i>
<input type="checkbox"/>	f) Nei, ikke noe av dette er aktuelt for oss	

<b>Ser du noen hindringer for at norske vareeiere og transportbedrifter kan ta i bruk et miljøstyringssystem slik det er beskrevet her? Marker eventuelt de tre viktigste faktorene.</b>		
<input type="checkbox"/>	a) Manglende miljøkunnskap i bedriften	
<input type="checkbox"/>	b) Manglende datagrunnlag	
<input type="checkbox"/>	c) Kjenner ikke miljøeffekten av tiltak	
<input type="checkbox"/>	d) Det blir for kostbart eller tidkrevende å håndtere	
<input type="checkbox"/>	e) Dagens incentivordninger fremmer andre styringsparametere enn miljø	
<input type="checkbox"/>	f) Bedriften har ikke miljømål eller målene er vanskelig å operasjonalisere	
<input type="checkbox"/>	g) Bedriften har ikke kapasitet til å endre dagens rutiner	
<input type="checkbox"/>	h) Bedriften mangler kompetanse om bedriftsadministrasjon	
<input type="checkbox"/>	i) Annet...	<i>Forklar kort:</i>

**Takk for hjelpen!**

**Trondheim**

Address: NO-7465 Trondheim, Norway  
Phone: +47 73 59 30 00  
Fax: +47 73 59 33 50

**Oslo**

Address: P.O. Box 124, Blindern, NO-0314 Oslo, Norway  
Phone: +47 22 06 73 00  
Fax: +47 22 06 73 50

## Vedlegg 2

Konferansepaper: ENVIRONMENTAL INVENTORY FOR FREIGHT TRANSPORT  
COMPANIES



# ENVIRONMENTAL INVENTORY FOR FREIGHT TRANSPORT COMPANIES

**Tomas Levin\***, Roar Norvik and Lone-Eirin Lervåg  
SINTEF Technology and Society, Transport Research, Norway.  
Address: NO-7465 Trondheim - Phone: +47 73 59 50 58  
E-mail: tomas.levin@sintef.no

## ABSTRACT

As transport companies believe there will be an increased focus on the climatic and environmental impacts from their transports there is a need for tools to calculate emissions from the transports. The Green freight research project tries to employ emission functions developed in Europe to create an emission inventory at company level. The key challenge is to document that the assumptions that the emission functions build on are not violated by Norwegian conditions. This paper looks at how detailed registration can be conducted to validate or invalidate the underlying assumptions. A large geo referenced dataset is being collected that contains both GPS and engine parameters. The standard OBD-II protocol which is present in all new cars in Europe is being used to harvest the engine parameters. A Hinton diagram, most commonly used for displaying a weight matrix in neural networks, is modified to graphically show speed and acceleration matrices. The collected data can be used to verify that the emission inventories build on realistic emission data.

## KEYWORDS

Emission inventory, GPS, OBD-II, freight transport

## INTRODUCTION

The freight industry is experiencing an increasing interest and queries about the environmental and climatic consequences of freight transport. Many customers are requesting information about the climatic and environmental impact of their transport activities. Some of this focus on environment and climate may be traced back to the emergence of CSR (Corporate Social Responsibility) as a business and marketing strategy.

The Green freight transport project, funded by the research council of Norway, seeks to make freight transport cleaner through the development of environmental inventories for use in companies along with a calculation tool. The project started in 2008 and is set to finish by the end of 2010. Project owner is Tollpost Globe whom is one of Norway's leading transport and logistics companies. SINTEF is the research partner in the project and the consortium consists of several Norwegian transport

companies and public agencies.

As a part of the needs assessment 18 firms within the freight industry were selected for a survey and a phone interview. Large and small companies were selected and together they cover rail, road and sea transport. One interesting result is the fact that every company answered that environmental questions are important for company operations. The companies also expect that environmental issues will be of greater importance in the years to come. Large private companies who buy transport services are seen as the driving force behind the quest for more information on environmental impacts. Even if economic issues are most important it is seen as beneficial to be able to market oneself as environmentally friendly. An uplifting note from the needs assessment is that companies are open to cooperation, even with competing businesses in the quest to develop their knowledge of the environmental impacts.

The companies have come up with several measures to reduce the negative impacts of transport related activities. Moving freight from road to rail and implementing pricing schemes to promote environmentally friendly choices are seen as plausible measures. In general it seems that measures that have a positive economic effect are easiest to implement.

Several obstacles to implementation were also identified by the companies. Aside from capacity issues with the Norwegian rail freight network, companies reported the lack of tools for implementation and measurement of environmental consequences were seen as key obstacles. A lack of in-house expertise in the field of environmental impacts is also seen as a challenge to becoming more environmentally friendly.

Within the Green freight project one goal is to give freight companies tools to assess their environmental impact in way that is sensitive to measures under their control. The focus is primarily on air emissions, local pollutants and greenhouse gasses. An important principle is that emission calculation should be as fair as possible across all modes.

Norway might be a long country, but is not a large country when it comes to population, so from a practical point of view Norway is not able to be on the forefront of every research topic. Unlike our neighboring country Sweden we do not have an auto industry which makes it commonsensical to have research program like the Swedish EMFO (Emissjonsforskningsprogrammet) program(Programrådet för fordonsforskning). The option to directly use European research results is tempting, but how can we be certain that assumptions for emissions tools are valid for Norwegian conditions? This paper will focus on methodology for inventorying emissions originating from road based freight transport. And how detailed registrations using GPS and engine parameters can collect and used to confirm emission estimates from more general emission functions.

## **METHODOLOGY**

As part of the Green freight project a litterateur search was conducted to find emission functions that could be used for inventorying freight companies. One key aspect of this search was that the functions had to be sensitive to measures that

freight companies can control. Norway has developed some emission functions for the national emission inventory. This model is documented in detail in (Bang, Flugsrud et al. 1999) and is used for the national inventory. One way to reduce emissions for road based transport can be route optimization. The national traffic based emission function has the form:

$$Q_i = q_i \times L \times T_i$$

Where the index  $i$  is an index for vehicle and fuel type.  $Q$  is the emitted pollutant in grams per time unit on a road with length  $L$ .  $T$  is the traffic on the road per time unit.

The key parameter in the previous equation is  $q_i$  the emission factor. This factor is specific to European emissions standards (pre-Euro to Euro III), vehicle weight (3.5-7.5t, 7.5 – 16t and <16t) and fuel type (Petrol or Diesel). Emissions are also dependant of vehicle speed. Vehicle load and road gradient is missing from this list of factors influencing emission factors. For shippers the emissions resulting from one vehicle is not their key concern, but rather a figure that is specific to the load they sent. Thus a factor in the shape of grams per ton kilometer might be more relevant. The assumption that the effects of gradients will tend to equalize as stated in (Bang, Flugsrud et al. 1999) is not supported by European research. (Hassel and Weber 1997) states quite clearly that the impact of gradients is important and that it should not be overlooked. 'Even in the case of large-scale considerations, however, it cannot be assumed that –for example – the extra emission when travelling uphill is compensated by correspondingly reduced emissions when travelling downhill' is a quote from Deliverable no. 9, Grade influence, from the Meet Project (Methodologies for estimating air pollutants emissions from transport)(Hassel and Weber 1997). The source of emission factors are for the most part collected from measurements done in Europe. In the quest to find functions that would give a fair comparison of the freight transport modes alternate sources of emission factor had to be found.

In the litterateur search a set of emission functions covering several freight transport modes and that included the effects of gradients and loading were found. The ARTEMIS project (Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems) has a set of well documented emission functions. From this project a set of emission functions were extracted and put into a GIS calculation framework known as SEMBA (SINETF Emission Module Based on ARTEMIS). As stated in the introduction it is not likely that Norway will do much research in the field of establishing emission factors based on Norwegian measurements, but we will more likely be focusing on transferability of European emission functions. Driving cycles form the basis for most emission factors, this is also true for the ARTEMIS functions. Is there a way to check and see if ARTEMIS functions are valid for Norwegian conditions?

To answer this question a large data collection scheme is underway in the Green Freight transport project. Two different schemes have been identified, the first one focuses on the driving cycles and comparing these to observed driving behavior in Norway. The other method focuses on using engine parameters for estimate emission and comparing this estimate with the average speed estimate from the ARTEMIS project.

### **Analyzing driving cycles**

Driving cycles are fundamental to environmental assessments of road traffic; these driving cycles should to some extent describe real world driving behavior. The

ARTEMIS database for contains descriptions of driving cycles and these will be used to compare with real world data. The real world data is collected from a subcontractor of the Green freight project owner, Tollpost Globe. Some preliminary results based on a small subset of freight trips are presented here. The green freight project will be collection data from 6 to 8 trucks in regular long distance traffic, this data will be used for the final analysis. In addition to comparing traditional averages of the different data a modified Hinton diagram is used to graphically show the speed and acceleration profile of the driving cycle and GPS data. The Hinton diagram is named after its creator Geoffrey Hinton and is used for graphically showing weights when building neural networks. A frequency speed/acceleration matrix can be visualized via a Hinton diagram, but without a notation of sign. The plan is to take the driving cycles used in the ARTEMIS project and compare these to observed data. This will be done by the end of 2009

### **Using engine parameters**

Along with the advent of fuel injection cars became equipped with computers for controlling the engine and other vital parts of the car. In 2001 the EU made EOBD mandatory for all petrol cars sold within the union(Wikipedia 2008). Newer diesel cars also come with the EOBD. The EOBD standard gives a set of standard fault codes to help with diagnostics, but it also gives a standardized way to extract data from the engine. The emission factors database in ARTEMIS for heavy duty vehicles was compiled using PHEM which in turn uses tables of rpm and engine load to calculate emissions(Boulter and McCrae 2007). Thus using PHEM and OBD data for load and engine speed one could be able to calculate emissions. These emissions can in turn be compared to average speed emissions for a trip. To be able to use OBD data for comparison one first had to create a system for capturing ODB data and merge it with GPS data. One key aspect is the use of standardized data; this ensures that the equipment is portable and could be moved freely between vehicles to collect data for a wide range of roads and routes. Equipment to read data from the OBD-II communications port is freely available and is inexpensive. A reader that sends data from the OBD-II port to a pc via Bluetooth costs under €120.

### **Developing a GPS-OBD-Python toolkit**

The pilot equipment was based around a pocket pc with an OBD-Key(KBM Systems Ltd 2009) with Bluetooth connections and a Bluetooth GPS. It turns out that many of the units read OBD data and translate it to RS-232 (standard serial communication) are based around the ELM327 chip. Based on documentation of the ELM327 chip(Elm Electronics 2009) a simple serial communication protocol was created for harvesting OBD data. Python was chosen as the development language because of its simplicity and its cross platform availability (Windows, UNIX, Linux, Pocket Pc and Symbian S60). The final application was developed for the Pocket Pc / Windows Mobile platform and used an external Bluetooth GPS. Modules for Bluetooth communication and serial communication on the windows mobile existed so the challenge was to create a multitasking application for reading one push stream with GPS data, and pull data from the OBD protocol. Python on the Windows Mobile platform supports multitasking thus it was possible to have two separate processes for logging data. Data was written to a 2GB SD-card. Each line of data was preceded with the internal clock of the windows mobile unit for synchronization of the data

streams. During initial testing it was discovered that the Bluetooth GPS suffered from time lag.

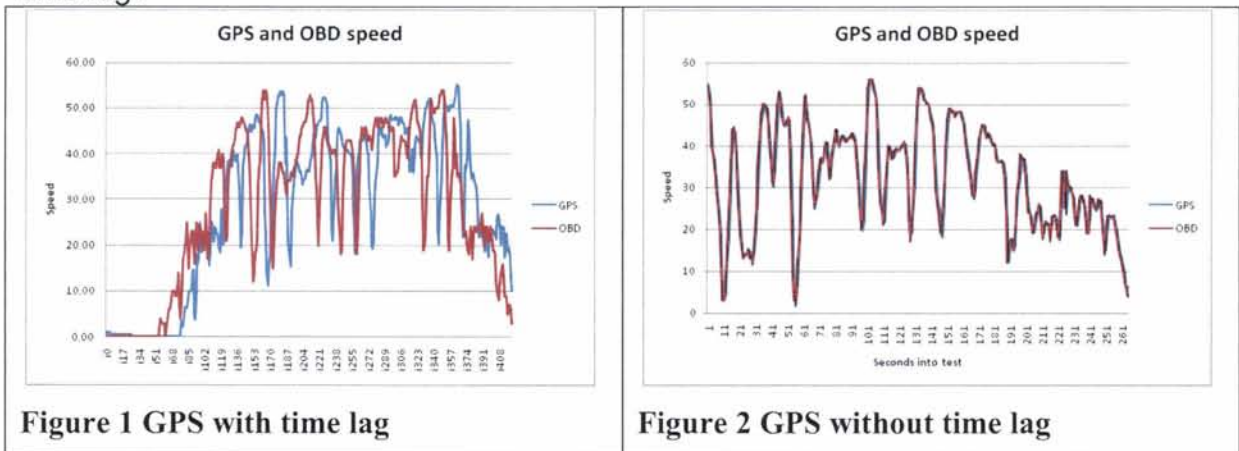


Figure 1 GPS with time lag

Figure 2 GPS without time lag

Figure 1 shows the Bluetooth GPS which had a time lag, while the figure to the right shows a GPS without time lag. The solution was to buy a new windows mobile unit with an included GPS, a HP Ipaq 914 was chosen, this unit does not seem to be suffering from time lag. In the textbook below there is a selection of data stored. Each parameter is stored on one line, data is coma separated. The first field is a description of data. The next field is the windows mobile internal clock which is only used for merging data. Since all data in the textbox are registered in the same second all this data will be assigned to the same geographic point given by the NMEA sentence (GPS\_GGA or GPS\_RMC).

```

OBD_Speed,090409091528,74
GPS_GGA,090409091528,$GPGGA,100430.0,6308.006760,N,01014.990498,E,1,08,0.9,85.0,M,,,*3E
GPS_RMC,090409091528,$GPRMC,100430.0,A,6308.006760,N,01014.990498,E,39.7,209.5,090409,,*A*54
OBD_Load,090409091528,45.4901960784
OBD_MAF,090409091528,18.38
OBD_RPM,090409091528,1701.0
    
```

A mere 320 lines of code was needed to build the multithreaded application with a GUI and FTP client for data file transfer. A set of routines were written to import the data into an ESRI file geodatabase. All code was written in Python.

## RESULTS

Transport companies have been very positive to our research. The Green freight project owner found a company serving several of their long distance routes. 4 trucks were fitted with GPS registration system. During 1 month of operation 1.8 million data points were collected. The pilot gave us some valuable insight into the equipment used. This is in line with the needs assessment where most of the firms where positive to actions that could have a positive environmental impact. There has been little concern about privacy issues that might arise from the detailed logging. This again shows that environmental concerns are more than just words in the Norwegian trucking industry, which is again in line with what the needs assessment found.

The first lesson learns was that there is a need for black box equipment. Equipment should not need any interaction from the driver. The other lesson learnt was that off the shelf GPS products might not be suitable for combining real time registrations. Some GPS receivers have a time delay. A combination of speed and acceleration is a good indication of emissions. Commercial software can use these data to calculated emissions based on stylistic vehicle characteristics. One way to quickly

evaluate loads of speed and acceleration data is by using a Hinton diagram. A Hinton diagram is a graphical representation of a matrix, where a cells area is covered according to its contribution to the total. Figure 3 shows a Hinton diagram for a long distance trip from Trondheim to Fredrikstad. The data in the figure is raw GPS data and not filtered. The figure has a clear arrowhead shape, which is expected, lower speeds larger accelerations. The figure also shows that there are erroneous GPS registrations; accelerations and decelerations in the region of  $3\text{m/s}^2$  are highly unlikely for a container truck. The blue line is  $0\text{ m/s}^2$  acceleration. The idea is to collect the driving cycles used in ARTEMIS and compare these via the Hinton diagram to check speed and acceleration levels used in the ARTEMIS average speed functions. The GPS 1 Hz data will be used to look at driving speed and stability of driving speeds. The GPS speed measurements will give an indication of the errors involved if speed limits are used in the average speed functions.

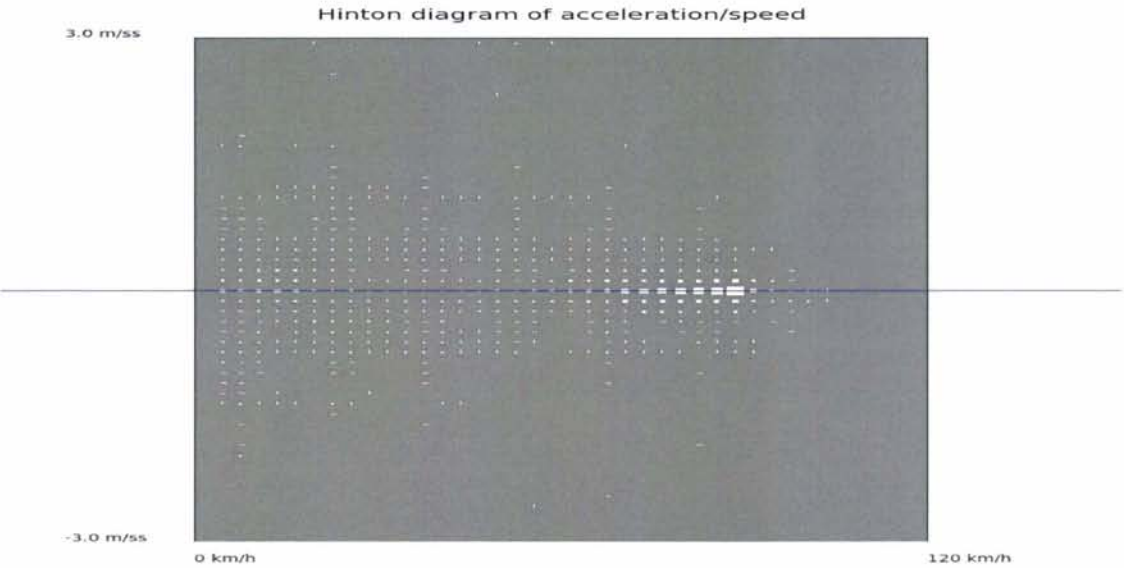


Figure 3 Hinton diagram Trondheim – Fredrikstad (41301 seconds)

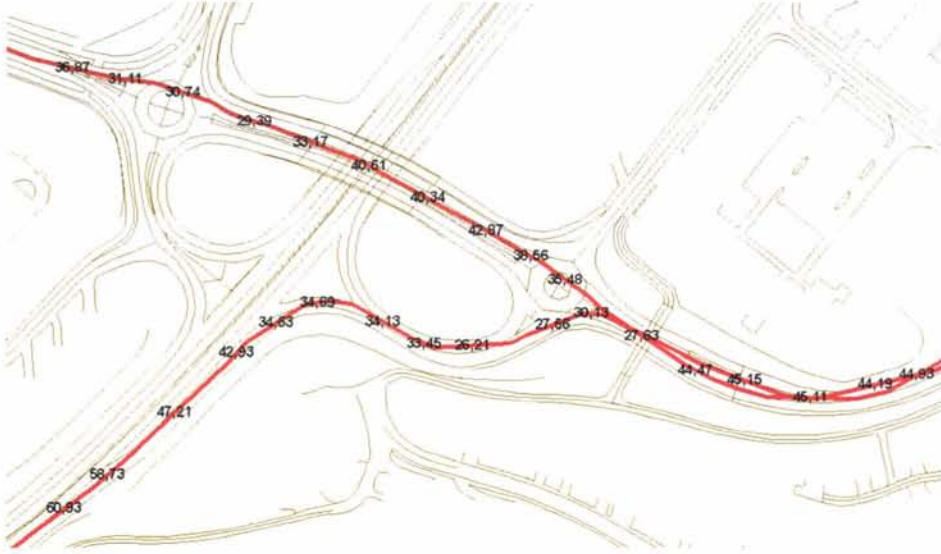


Figure 4 1 Hz GPS trace of speed on map data

Figure 4 shows a plot of GPS speeds on a map with registrations at 1 second intervals. The accuracy seems to be good, but we also found erroneous GPS points. OBD data has also been collected in a pilot study and the data is geo referenced for further analysis. One strategy to improve data quality is to remove data points that are believed to be wrong. A simple polygon matching method is used as a simple quality control. Any registration point that is more than 5 meters from the center line will be removed from the data set.

Table 1 shows a set of rules to define the driving state. Some micro simulation tools divide emission modes into 4 states (idling, accelerating, decelerating and cruising). We have added a rolling mode with two states, in gear or in neutral. This data could be of use when looking at the consequences of topography and emissions.

**Table 1** Driving states

Driving state	GPS Speed (km/h)	OBD II - RPM	OBD II – Load (%)
Idling	$S < 3$	R = Idle rpm $\pm$ 15	L = Idle load $\pm$ 3
Parked	$S < 3$	N/A	N/A
Driving			
Acceleration	$S > 3$ and $S_x > S_{x-1}$	R > Idle rpm $\pm$ 15	L > Idle load $\pm$ 3
Deceleration	$S > 3$ and $S_x < S_{x-1}$	R > Idle rpm $\pm$ 15	L > Idle load $\pm$ 3
Cruising	$S > 3$ and $S_x \approx S_{x-1}$	R > Idle rpm $\pm$ 15	L > Idle load $\pm$ 3
Rolling			
In gear	$S > 3$	R > Idle rpm $\pm$ 15	L < Idle load $\pm$ 3
Neutral	$S > 3$	R = Idle rpm $\pm$ 15	L = Idle load $\pm$ 3

This paper has focused mostly on how to log detailed data for road based transport. The Green Freight project also focuses on rail and sea modes and thus there is a need to register detailed data for these modes to increase the certainty of the emission calculations. For sea born freight AIS data can be used to analyze routes and speeds. While for trains we are looking at how European emissions functions work when used on the Norwegian rail network which is mostly single track.

The data collected will be used to ensure that the assumptions of the emission functions are not violated and that the European emission functions can be transferred to Norway.

## CONCLUSIONS

The Green Freight project seeks to integrate European emission function into a tool to calculate and report emissions from freight transport. In order to check if assumptions of the emission functions are violated a large registration scheme was initiated. This paper looked at the registration scheme for road modes and found that technologies are available to check if the assumptions of the existing emission functions are plausible for Norwegian conditions. Being able to check the assumptions is very important if one is to “create a fair” emission inventory. One advance in the Green freight project is the use of detailed data at vehicle level to calculate emissions.

Both GPS and OBD data can be collected for a fleet of vehicles. The challenge to use this data is to filter out any outliers that might exist and to create routines to compare data. A modified Hinton diagram was created to compare speed and acceleration matrices, this gives a quick graphical way to compare speed and accelerations. The GPS speed data can give an indication of errors involved is speed limits are used in the average speed functions. It is possible to collect geo referenced engine data via the OBD-II protocol.

## REFERENCES

- Bang, J., K. Flugsrud, et al. (1999). Utslipp fra veitrafikk i Norge – Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater. Oppdatering av SFT-rapport 93:12, Statens forurensningstilsyn: 163.
- Boulter, P. and I. McCrae (2007). ARTEMIS: Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems: final report, TRL.
- Elm Electronics. (2009). "OBD to RS232 Interpreter ", from <http://www.elmelectronics.com/DSheets/ELM327QS.pdf>.
- Hassel, D. and F.-J. Weber (1997). Gradient influence on emission and consumption behaviour of light and heavy duty vehicles. TÜV report, TÜV Theinland.
- KBM Systems Ltd. (2009). "OBDKey." Retrieved 20090729, 2009, from <http://www.obdkey.com/index.asp>.
- Programrådet för fordonsforskning. "Emissionsforskningsprogrammet (EMFO) " Retrieved 23th June, 2009, from [http://www.pff.nu/templ/page\\_60.aspx](http://www.pff.nu/templ/page_60.aspx).
- Wikipedia. (2008). "On-board diagnostics." Retrieved 27.11.2008, 2008, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Obdii#OBD-II>.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the Green freight project owner, Tollpost Globe, and the rest of the project group for valuable input and interesting discussions. We are all thankful for the funding that the research council of Norway is providing.

A special thank you goes to Roy and Stig at Elvrum Transport for letting us use their trucks for equipment testing and data collection. Their positive attitude and willingness to help is greatly appreciated.

Last but not least the prime author would like to thank the Norwegian Public Roads Administration for funding his PHD in developing a freight emission calculation framework.



## **Vedlegg 3**

**Konferansepaper: GREENING FREIGHT - EVERY PENNY COUNTS**

# **GREEN FREIGHT – EVERY PENNY COUNTS**

*Tomas Levin, SINTEF Technology and Society, Transport research, Norway*

*Astrid Bjørgen Sund, SINTEF Technology and Society, Transport research, Norway*

## **INTRODUCTION**

Businesses in the freight industry are faced with new challenges as a consequence of the increase in climatic awareness. In Norway the politically correct view is that freight should be moved from road to rail or sea. This seems to be founded in the “fact” that rail and sea are better modes for the climate than road. From a research perspective this “fact” that rail and sea are always better is not nuanced enough. Intermodal transports will nearly always have a component of road based transport, so there should be a break even between intermodal and direct transports somewhere. The tools to calculate emissions that are available today are not able to geographically identify where the break even is.

To become greener is the act trying to minimize the negative impacts on the climate and environment at the same time. Customers of the freight industry want to know the climatic impact of moving their goods and are forcing the freight industry to supply them with emission figures for the transports. Not an emission figure for an average transport, but a figure for their freight. As a consequence several actors in the freight industry have teamed up in the Green Freight research project. The Green Freight project is a three-year research project started in 2008 with the aim of developing a decision support system for managing environmental challenges in freight transport.

The search for a “quick fix” to the problem of transport related CO<sub>2</sub> emissions seems to have become wild goose chase after publication of the Gallagher Review. In 2009 the Norwegian government decided to remove the tax exemptions on bio-diesel citing “fuel for food” as a major concern. Thus one has to look at small improvements, throughout the freight chain, that single companies can implement. If measures result in better energy efficiency for the whole transport then there should also be an economic gain. Thus every penny counts in the greening of freight transportation.

This paper focuses on the task of building a framework for estimating freight transport emissions from a bottom up approach. Intermodal transports and terminals will also be discussed in the context of building a tool and gathering information to make the tool usable.

Intermodal transportation began in the United States and Europe with the use of containers that could be transferred between ships and railcars. Containerization was ultimately extended to freight transfers among ships, railcars, trucks, and airlines, thereby linking all four major modes of cargo transport.(Rondinelli and Berry, 2000). Transport is one of the strategic fields of interest for the European Union. In its transport policy, the European Union is exerting itself in favor of intermodal transport as an alternative to road transport. The policy makers aim to extend the intermodal network in Europe and to remove barriers for using intermodal transport. The optimal functioning of the transport system requires full integration and interoperability of the individual parts of the network, as well as interconnection between different (modal) networks. Crucial in achieving this result are the nodes, which are the logistics centers of the network and offer connectivity and choice for both freight and passenger transport. Intermodal and transshipment platforms should be promoted and developed where there is a potential for consolidation and optimization of passenger and freight flows. This will typically be the case in areas with a high activity of passengers and freight transport, i.e. in urban areas, and where high-volume corridors are intersecting(Directorate-General for Energy and Transport, 2009).

A key question when it comes to assessing single shipments is when is intermodality the right choice for the climate en environment? And do we have the tools to assess this?

## **DEVELOPING A BOTTOM UP TOOL FOR FREIGHT EMISSION ESTIMATION**

Several tools are available to calculate freight transport emissions. Two of the most prominent are NTMCalc<sup>1</sup> and EcoTransit<sup>2</sup>. Problems with these tools are that they lack an infrastructure description or that the infrastructure description for Norway is incomplete. The existing tools can give quite different results if tested for the same freight transport(Knudsen, 2007). The tools are also quite high level in that they use general factors for road and rail emissions. In the existing tools topography of alternative routes is not taken into consideration. Nor is the location of the terminals in relation to the road infrastructure. Different driving speeds are also known to have an impact on emissions. These two facts alone reduce the usefulness of the existing calculation tools for single firms on specific freight relations.

The main idea for the development of the Green Freight methodology is to use as detailed emissions functions as possible that can be used in conjunction with the existing digital infrastructure description that are available. An extremely detailed emission calculation tool is useful for the research community, but the tool is of no value if it cannot be used by actors in the freight industry. The way to get from detailed calculations to a usable tool can be found by the process of aggregation. Aggregation can be based on assumptions or data mining in the shipment databases of the larger freight companies.

---

<sup>1</sup> <http://www.ntmcalc.com>

<sup>2</sup> <http://www.ecotransit.org/>

## **Accessing the needs of the freight industry**

A needs assessment was conducted early on in the Green Freight Project (Lervåg, 2009). Key findings in this assessment are that the driving force in the quest for more and better information on climatic and environmental impacts are large private companies whom buy freight transport services. Concerns over economic issues are highly ranked, but it is still seen as beneficial for actors in the freight industry to be able to market one self as environmentally friendly. The freight companies listed several measures that are believed to reduce the negative impacts of freight transport. No one seemed to believe in “a dramatic change” that would make freight transport green. The suggestions were of the type: Do what we due, but due it incrementally better. In general it seems that measures that can have a positive economic impact are most likely to be implemented.

In order to implement measures to reduce the negative impacts several obstacles where identified. Capacity and punctuality issues in the Norwegian rail freight network was reported as a problem in moving more freight from road to rail. The firms also reported the lack of tools to evaluate and measure climatic and environmental consequences of measures thought to be climate and environmentally friendly. This was expected and it can be seen as justification for developing a new emission estimation tool.

The Green Freight project is a user driven innovation project. In this type of research project that partners that will be using the results are supposed to steer the project in a direction they want. Thus practical usage questions are having a significant impact on the design of the tool.

## **Designing the emission calculation tool as a framework**

Early on in the process it became clear that the tool would not be a simple excel spreadsheet. Digital infrastructure descriptions, state of the art emission functions and freight transport data have to be combined in such a way that it becomes a useful tool for the common man. In order to make the tool useful a process of detailed calculations followed by aggregation was developed. Figure 1 gives an overview of the process.

The idea was to divide the process of calculation into small separate parts that each performs a single operation. An example of such an operation could be to calculate emissions from diesel-electric freight train on a specific stretch of railway. The main argument for doing things this way is that the emission functions are technology specific. New transport technologies are continuously evolving so to improve the expected lifetime of the tool one has to be able to incorporate new calculation processes in an efficient way. Regenerative braking for diesel electric trains may become viable with the developments in battery technology. The tool developed in the Green Freight project solves this by having the ability to plug in new calculation routines at the appropriate stage when they become available.

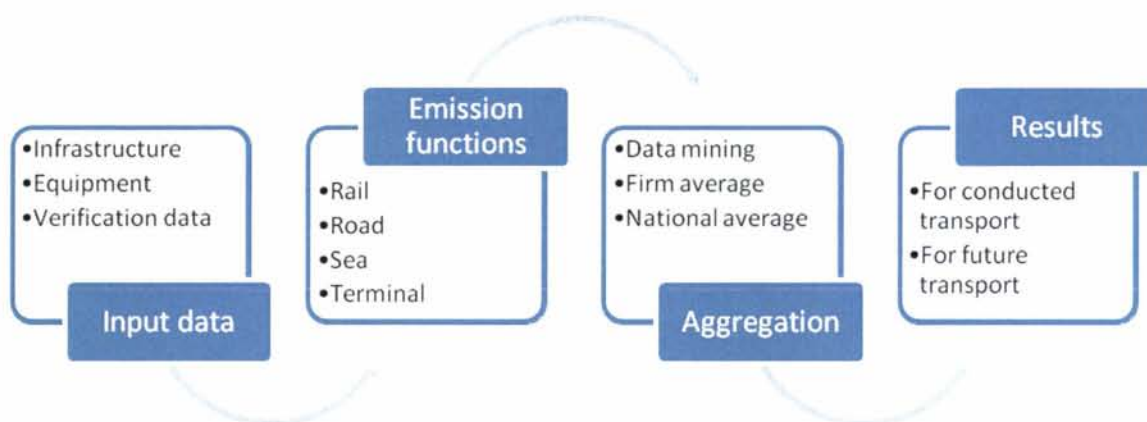


Figure 1 the 4-stages for a bottom-up emission calculation

### *Input data*

Digital descriptions of the available infrastructure for a specific shipment are needed if one is to employ detailed emission functions. National databanks of the rail and road network exists in Norway. The coastal administration also has a digital description of the sailing routes. Infrastructure descriptions for each mode have been available, but quality has been an issue. The main problem has been that the transport networks have been used for something that they are seldom used for and that is to create nationwide topologically correct networks. Algorithms for error identification and mitigation have been of primary concern. Manual error checking and correcting is not cost effective due to scale, the road network consists of 578 000 links. The development of algorithms for error finding and mitigation also solves the task of updating the networks. New network can be extracted from the national databanks, error corrected and stitched together in an automated process. This allows for rapid updating of digital network descriptions.

### *Emission functions*

In order to make use of the digital infrastructure descriptions one has to have emission functions that can utilize the data. A primary source of emission functions has been the ARTEMIS project (Paul Boulter and McCrae, 2007). The ARTEMIS project has aggregated and made available a large amount of emission functions for the modes used in the Green Freight project. Both documentation and the underlying data from the ARTEMIS project are freely available from INTRETS web pages<sup>3</sup>. For road transport the average speed functions are utilized. For rail transport a modified version of the rail calculation method described in (Lindgreen and Sorenson, 2005b, Lindgreen and Sorenson, 2005a) is used. For sea born transport an ARTEMIS module has been created. The ARTEMIS emission functions for ships are very general. They are so general that the Green Freight steering committee requested alternative emission function that is per ship and not per ship category. Norwegian Coastal Administration is currently working on an emission accounting scheme that utilizes AIS

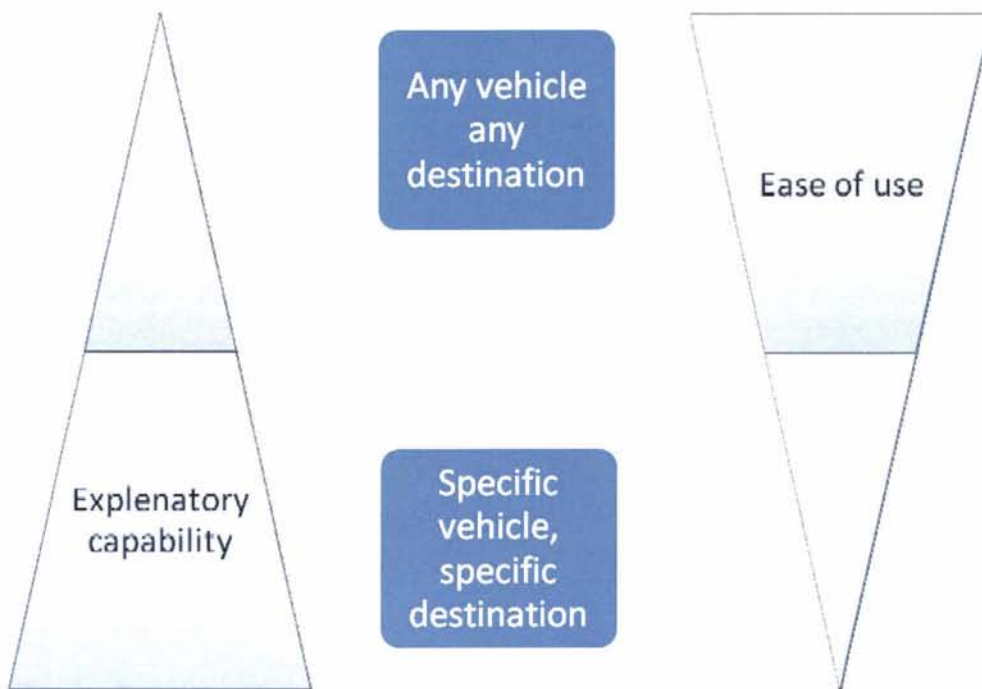
<sup>3</sup> <http://www.inrets.fr/ur/lte/publi-autresactions/fichesresultats/ficheartemis/artemis.html>

positioning information with international databases for single ship characteristics. For the prototype developed in the Green Freight project a data for a specific ship will be used.

Emission factors for terminals are challenging due to the heterogeneity of terminals. Equipment used, type of goods, scale and administrative functions are factors that make each terminal unique. The emissions from terminals are said to be small compared with the total emissions of a transport. The Green Freight project has made a point of finding small but valuable contributions to reducing green house gas emissions. A study of terminals has given valuable insight into the energy usage at the terminals. Results of this analysis is presented later in the paper.

### *Aggregation*

The Green Freight project is a user directed research project, it was clear demand that the tools should be usable for all actors involved in freight transport. The main problem was that a very detailed approach was needed to be able to calculate the impact of measures under the control of single companies. While the user requirements where to be highly moderate if the tool is to be a success. Figure 2 shows the relationship between explanatory capabilities and ease of use in relation to how on describes a transport.



**Figure 2 Emission models, explanatory capabilities and user requirements**

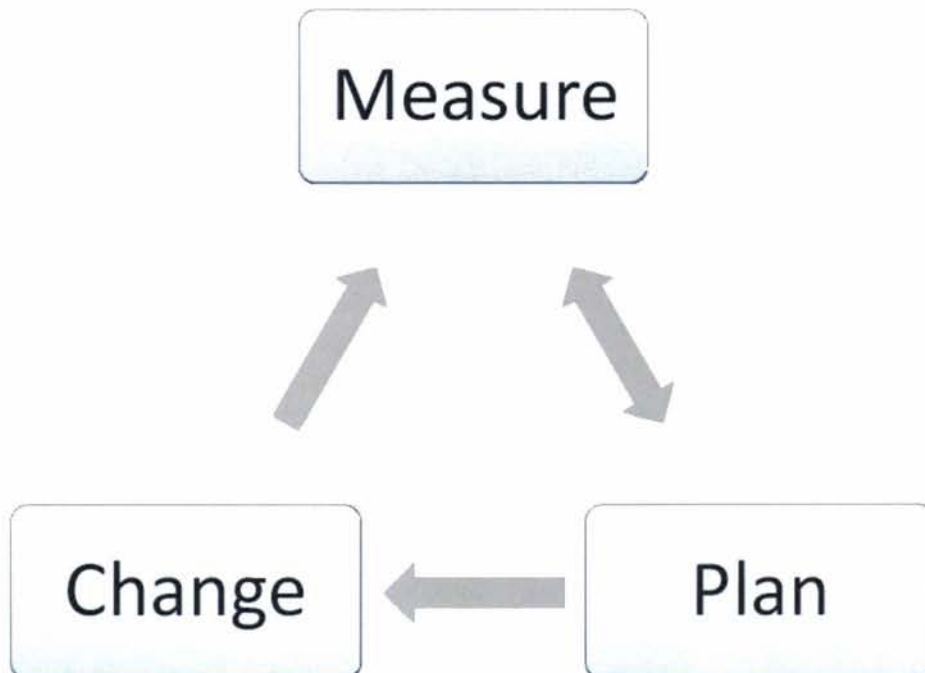
For the prototype developed in the project the idea is to employ a scheme of aggregation of needed input data. This aggregation process is not visible to the end user performing the emission calculations. In the prototype we will make use of the freight forwarders database that contains details of each shipment for tracking purposes. From this database the route taken and vehicles and modes utilized can be extracted. Freight transport is to some extent

like public transport in that the goods share a vehicle and thus emissions have to be distributed. To distribute emissions among freight that traveled together one needs to know which parcels traveled together. For a rail transport with that has freight from several companies onboard the train one needs to know the company's share of the total train load. The total train weight exist in the train operator database or in the Norwegian National Rail Administration database for energy billing, at least for the parts of the railroad that is that are electrified. This data will be used to find company emissions and then distribute these emissions among the freight from that company.

In some cases we are not able to harvest data from the company databases then average values have to be used. Documentation of the averages and how to compute them has to exist within the company.

### *Results*

The Green Freight does not have a single goal of reporting freight emissions, but also to contribute to continual change at company level. The idea is that the tool is to be used in the decision making processes so that economic, climatic and environmental impacts can be assessed together. The Green Freight project does seek to give the answer how economic, climatic and environmental issues should be weighed together. That is a topic for further research. In this round the focus has been on getting reliable emission figures. Figure 3 shows the triangle of improvement, where the key concept is to measure. One thing is to measure actual change, the other is to measure impacts of planned changes.



**Figure 3 Triangle of improvement**

To implement the triangle of improvement one does not only have to be able to calculate emissions from transports that have been conducted, but also calculate emissions for planned

transports of planned changes in transport schemes. Thus measurement can also be the task of calculating the effect of planned schemes. The tool is not supposed to give general figures for large scale changes, but for changes in shipments or shipment agreements for specific firms. The tool can be used to calculate large scale infrastructure improvements, but then one need to have data available to aggregate up to this level.

### *Tool availability*

This emission calculation tool can only be seen as useful if it will be used in everyday operations by the freight industry. One key aspect here is usability in a production environment. And as a part of the needs assessment firms said that they were willing to cooperate with competing firms as in order to reach their environmental goals(Lervåg, 2009). This gave room for an open source solution when it came to calculation routines. Open source development has 2 key benefits for this project. The first is openness, giving out the source will enable every one to see how the calculations are done. The hope is that full insight into the calculation routines can make calculations more trustworthy. This is in line with the academic ideal of publication and verification. The second reason is the freight forwarders expressed interest in a tool that they can integrate into their production system. An open source tools is simpler to integrate into existing proprietary systems because they have access to the source code and therefore can port it to the required language or platform. The tool developed in the Green Freight uses the Python computer language. Python is a computer language that has batteries included strategy. The standard library shipped with the programming language has very wide scope, thus you need very few lines of code to solve everyday problems. And the language has the ability to integrate with other applications, most importantly the ESRI GIS package which is used for managing digital network descriptions and analysis. Python is also available on a wide variety of platforms, Microsoft Windows, Unix and Linux. Once the tool is finalized it will be made available to the general public.

## **ENVISAGED TOOL USAGE**

There is a dualism of the core tool that is developed. The partners in the green freight project want a tool that can be used in a production environment with a minimum of extra work. And from a scientific view point there is a need to look at established truths. Especially the political view that: intermodal freight transport the right choice for the climate? The tool should cater for both these needs.

### **Everyday use in firms**

As mentioned in the introduction firms are looking for ways to reduce their environmental impact by changing factors under their control. The typical question is: what is the best way to move goods from A to B? The answer depends on a lot of factors, from our point of view there is not one general answer for this question. A generalists approach defeats the



meaning of the whole Green Freight project because we want to focus on each shipment and what that specific firm is able to with respect to the logistic network it has available.

A common objection to this is that you need so much specific knowledge to do this that it will become very cumbersome for the firms. Mainly because you have to enter a lot of input data just to get one emission figure. Advocates of this view seem to lack an understanding of the value of the shipment information available in the freight forwarders databases. The Green Freight tool will not reach its full potential until it is integrated with the databases for everyday operations. For large freight forwarders the tool is planned for emission accounting and finding way to move freight is a greener way. The core tool is to be built into the database systems and most input data is to be collected from the database. There is also a hope that the core tool can give emission inputs to the optimization tools used in the firms.

### *Usefulness for very small firms*

The Norwegian Hauliers' Association, whom are a member of the steering committee, wanted the tool to be useful for single truck owners also. We are looking at a solution where we use the same core calculation routines to educate the drivers about the effects of driving conditions and topography. This can enable them to find greener ways of solving their everyday tasks. Fuel accounting is seen as a viable way for the truck drivers to measure their performance. This is again the same principle that primarily focuses on the factors that also give economic gains such as reducing fuel expenditure. For example topography has quite an influence for a truck driver that collects milk. One idea here to become greener is route ordering so that the truck starts off empty at the highest point then works its way down, the rout might not be the shortest, but I can be the most fuel efficient. Especially if the equipment that is used has an extra trailer that can be parked so that is only towed when needed. Put in the right hands the tool can be used calculate the effect of this measure. Put in the right hands is a key point, because as earlier stated the core routines of the tool will be available free of charge in a hope that they will be used by others and included their own production tools. This is not unlike the idea that the British government had when giving free access to public data. The quote below is from the British website that gives access to public data<sup>4</sup>.

We're very aware that there are more people like you outside of government who have the skills and abilities to make wonderful things out of public data. These are our first steps in building a collaborative relationship with you.

As researcher we have to see our limitations, and it may be to the greater good for the climate that creative minds outside the scientific community take our core tools and make them more usable in new and exciting ways. The example of the milk truck is not the result of research, but that of a creative truck owner in the middle of Norway.

---

<sup>4</sup> <http://www.data.gov.uk/>

## **From a scientific viewpoint**

The Norwegian national transport plan for 2010 – 2019 (Samferdselsdepartementet, 2009) stated that more goods should be moved by rail and sea rather than road. This is a clear statement that intermodal freight transport is more climate friendly than road based transport. This is a very general statement, intermodal freight transports are usually more energy efficient than road transport (Thune-Larsen et al., 1997). For intermodal transportation networks to be effective it is required that the main goods flows are routed through centralized nodes where the goods is efficiently transshipped to another carrying unit. Thus, the terminal is the key to achieve competitiveness in intermodal networks. It is at the terminal that the “inter”-aspect of intermodality is realized (Netland, 2009)

But to be able to consolidate goods to increase utilization one need collection and distribution services. Thus even if rail is a lot more energy efficient than road there could be a break even in economic and environmental terms. From an economic point of view intermodal transport suffers from a number of problems that restrict its competitiveness. (van Klink and van den Berg, 1998) cite a minimum distance of 500 km in Europe for intermodality to compete. But what is the distance if one focuses on emissions? And does the terminal handling needed for intermodal transport effect this break even?

### *The terminal*

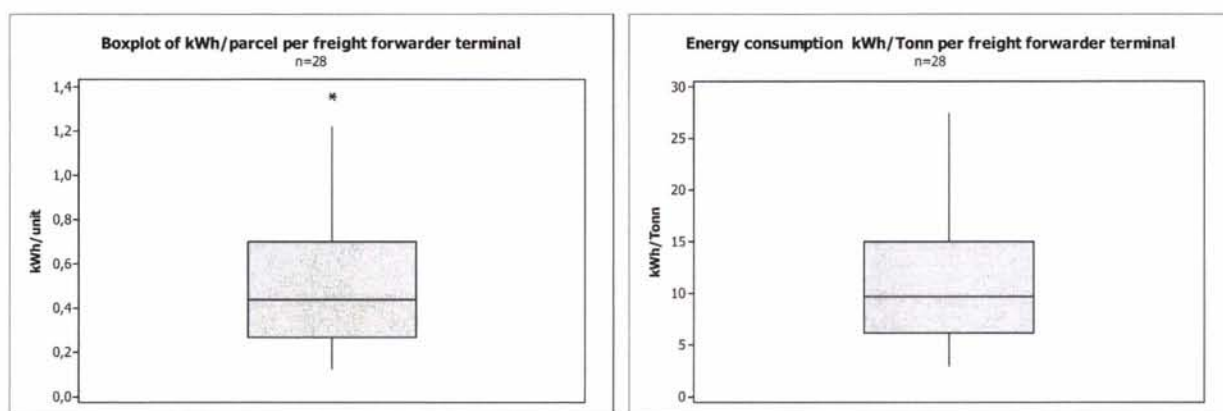
The partners in the Green Freight tool wanted a tool to access which travel mode was the most green. To do this one has to look at every step in the logistics chain and figure out the emissions at each of these steps. A lot of work has been done on emission factors for each mode. The ARTEMIS project has looked at all modes and tried to give emission figures under normal operating conditions (Paul Boulter and McCrae, 2007). Other emission calculation tools also cover each mode, EcoTransit (Knörr and Reuter, 2005) and NTM calc (Nätverket för Transporter och Miljön, 2009), but the terminal is often left out of the calculation. The terminal might not be a major contributor to emission when one looks at the whole transport chain, but there are certainly emissions at terminals since they consume quite a lot of energy.

In order to include energy consumption at terminals and resulting emissions into the calculation a small study of terminals was conducted. The emission if compared to the whole transport can be small, but the total consumption of energy at a terminal can be quite big. The Green Freight project hoped to develop emission factors for terminals that could be used for emission calculation. But in order to estimate emission functions data on activities and energy consumption was needed. The project partners said that they had measures of activity; typically twenty-foot equivalent units (TEU) are used. But when it came to energy consumption we were surprised by the lack of knowledge about terminal energy usage. We were also surprised that there existed rental contracts where energy consumed (electric) was included. Thus terminal operators had no economic incentives to reduce energy consumption. The other key observation was concerning the equipment used at the terminals. Fuel consumed by trucks was measured in liters fuel burned per engine hour. This

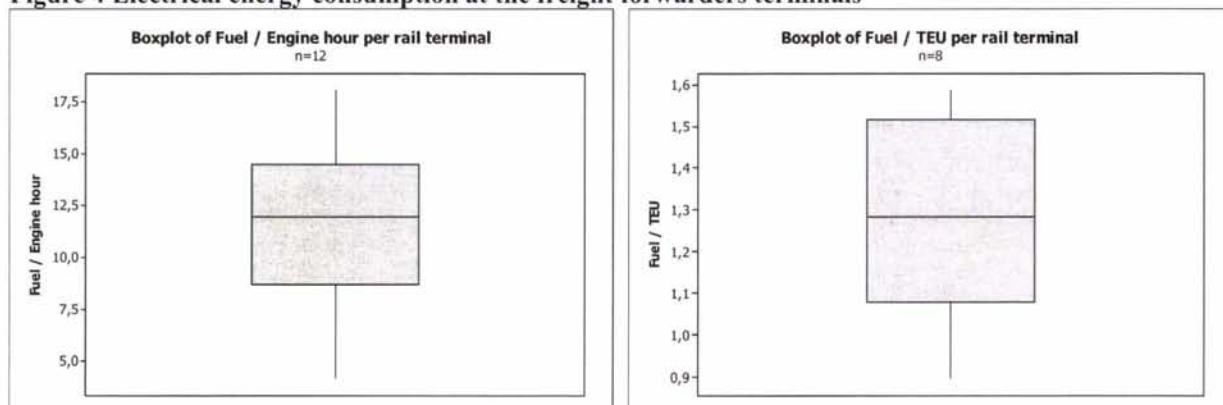
has a nasty side effect of promoting idling, and is therefore not a key performance index that promotes the environment. That being said operators still have reasons for reducing engine idling time. Maintenance and rental fees are usually billed basis of engine running time.

Since most of Norway's electric energy comes from hydro electric power emissions from electric trains are said to be close to zero(ANDERSSON and LUKASZEWICZ, 2006). Even if we use 100% pure hydroelectric power there will be emissions from freight train operations. Diesel powered yard shifters are used in the terminals because one cannot have overhanging electric wiring where the trucks for loading and unloading the trains operate. Thus there will be a component of direct emissions from terminals. Once again key performance indexes exists, but for liters fuel burned per hour.

Terminal energy consumption data was collected for a freight forwarders terminal network (28 terminals) and from a rail terminal operator (12 terminals).



**Figure 4 Electrical energy consumption at the freight forwarders terminals**



**Figure 5 Fuel consumption at rail terminals**

Figure 4 shows box plots of electrical energy consumption for a terminals run by a freight forwarder. Data for the number of parcels and weight was available and thus an index that is linked to productivity could be produced. There is quite a lot of variability in the energy consumptions at the terminals. From the box plot in Figure 4 on can see that the difference between the most efficient and the most inefficient is about six fold. This should warrant further investigations at the terminals to why this is so. It is also an indication that there is a potential for energy optimization.

Data was also collected for Norway's rail terminals; the 12 terminals that move intermodal freight were selected. The typical index was fuel burned per engine hour, but for 8 terminals freight volume in TEU's was available. Box plots of fuel usage per engine hour and fuel usage per TEU are shown in Figure 5. The fuel consumption per engine hour shows quite a difference, about three fold. The difference drops to about 50% if TEU's are used as an index. The fuel consumption is only for trucks only, fuel consumption by yard locomotives are not included.

The figure per TEU might seem small, but for a terminal with 100 000 TEU's annually a change from 1.5 liters to 1.1 liters per TEU is 40 000 liters of fuel saved annually. With a fuel price of 6 NOK per liter about 240 000 NOK can be saved yearly. In environmental terms 40 000 liters of diesel equals 106.4 tonnes of CO<sub>2</sub> which need not be emitted.

The Green Freight project might not succeed in including a quantitative model for emissions at terminals. Further studies of the differences seen in Figure 4 and Figure 5 needs to be undertaken. But the project is thinking in line of creating a qualitative statement for terminals. The key idea behind this is to raise awareness of the environmental impact that the terminal can have. The idea is to promote registration of consumption and relate it to the primary freight moving activities. This will in time enable us to estimate terminal emission functions. Terminal operators will be able to measure their energy efficiency performance. Due to the diversity among terminals it is possible that a factor has to be estimated for each terminal. A factor specific for each terminal will also be inline with the detailed focus in core calculation routines of the Green Freight project.

As a direct consequence of the energy usage survey at the terminals some of the actors started to change their routines so that they themselves could get a better overview of energy usage on their terminal. Raising environmental awareness at every level in the freight transport chain is one of the keys to success in the greenification of freight transport.

The increasing importance of multimodal infrastructure and intermodal services will intensify the environmental impacts of transportation activities in the future. Identifying major transportation activities with impacts on natural resources is an essential first step in effective environmental management. Three sets of activities associated with transportation — vehicle operations, equipment maintenance, and facilities operations — can have negative impacts on the environment. In addition, transportation infrastructure construction and expansion often generate pollutants or endanger natural resources(Rondinelli and Berry, 2000).

### **Why does every penny count?**

In light of the Copenhagen fiasco it seems clearer than ever that political solutions to the climate problem can be summed up as "NATO" (No Action Talk Only). The Gallagher review also challenged the bio-fuel quick fix, and voiced concern over food for fuel(Gallagher, 2008). Thus the quick fix to freight transport's carbon addiction seems diminishing. Climate apathy can arise from frustrations with the politician's inability to act. One way to fight this apathy could be to enable every actor in the freight chain to see how his or her actions can affect

greenhouse gas emissions. The idea behind tools developed in the Green Freight project is to give companies in the freight industry the ability to assess their own environmental performance. There is a link between energy consumption and greenhouse gas emissions. Since energy usage is also connected to cost then there should be an opportunity for economic and environmental gains. The gains per unit moved might be small but annual figures are much larger.

In today's modern logistic networks it is no longer adequate to find out which mode is better. One has to look at the whole freight chain and one should include activities that are necessary for the transport of goods. The Green Freight project has looked into terminals and emissions. Terminal emission for one transport might be small, but when summing up each shipment passing through a terminal the sum is rather big. One indication of that there are gains to be made from looking at the terminal is that knowledge about terminal energy usage in relation to terminal production is low. A key to getting terminal operators to look at how they can become greener is to present them with the link between energy expenses and emission reductions.

Until the politicians are willing to make deals that can adversely effect their country's economic growth or its citizen's standard of living then one has to focus on the contributions that individuals or single firms can make. Each single contribution might be small, but the total for the freight industry might be big. Choosing most energy efficient transport solution can be a win-win situation for the wallet and the climate. But to save money and the climate one needs to know where to look and how much can be saved.

## **CONCLUSION**

The increasing focus on climate has forced the freight industry to look for ways to greenify their image. The freight industry is responsible for a large amount of CO<sub>2</sub> emissions. There seems to be no quick fix to reduce CO<sub>2</sub> emissions, thus one has to look for the small contributions. For the freight in industry it makes sense to ship the same amounts, but in a more energy efficient way. What the Freight industry has been lacking is a tool for calculating freight transport emissions for the whole freight chain. The Green Freight project has developed a tool for calculating freight transport emissions that is sensitive to measures under the control of single firms. Data quality is essential for creating good estimates at a very detailed level. Input data has to have a quality that matches state of the art emission functions. Freight companies need to have detailed knowledge of their activities so that needed input data can be aggregated from company databases. Aggregated data is needed for making detailed emission calculations part of everyday operations. Emission functions do exist and detailed digital infrastructure descriptions exists. But data quality issues with the digital infrastructure descriptions for use as a national database has been a challenge. Routines and algorithms for automatic error identification and error correction have been developed as part of the green freight project.

A very important incentive to use the tools developed is the link between energy cost and emissions from energy usage. There seems to be the possibility to save money while

behaving in a more green fashion. The gains from improving one operation might be small, but when summed up for the total production volume the gain can be quite large. Looking at the terminal data there is quite a big difference among the terminals. For a mid size Norwegian rail terminal there can be a potential to save 240 000 NOK and reduce emissions up to 106.4 tonnes CO<sub>2</sub> annually.

Focus on energy usage and performance indicators that are linked to freight production is a key in reducing freight transport emissions. Single firms can have economic incentives to becoming greener. The opportunities to cash-in on these savings lies in tools that are able identify these small savings. The tool developed in the Green Freight project has the potential to make every penny count.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The main partners are the forwarders Tollpost Globe, The Norwegian Hauliers' Association, the rail freight company CargoNet, Norwegian Public Roads Administration and the Norwegian National Rail Administration. The project is funded by the Norwegian Research Council.

Gratitude is also expressed to the Norwegian Public Roads Administration for financing a PHD scholarship in this area of research.

#### REFERENCES

- ANDERSSON, E. & LUKASZEWICZ, P. 2006. Energy consumption and related air pollution for Scandinavian electric passenger trains. Department of Aeronautical and Vehicle Engineering, Royal Institute of Technology, KTH, Sweden.
- DIRECTORATE-GENERAL FOR ENERGY AND TRANSPORT 2009. A sustainable future for transport: Towards an integrated, technology-led and user-friendly system.
- GALLAGHER, E. 2008. The Gallagher review of the indirect effects of biofuels production. Renewable Fuels Agency.
- KNUDSEN, T. 2007. Godstransport og transportmidlenes miljømessige egenskaper. *SINTEF RAPPORT*. Trondheim: SINTEF Technology and Society.
- KNÖRR, W. & REUTER, C. 2005. EcoTransIT: Ecological Transport Information Tool Environmental, Methodology and Data, Update. EcoTransIT: Ecological Transport Information Tool Environmental, Methodology and Data, Update.
- LERVÅG, L.-E. 2009. Grønn godstransport: Miljøstyring i transportbedrifter. Behovsundersøkelse. *SINTEF RAPPORT*. Trondheim: SINTEF Technology and Society.
- LINDGREEN, E. & SORENSON, S. C. 2005a. DRIVING RESISTANCE FROM RAILROAD TRAINS.
- LINDGREEN, E. & SORENSON, S. C. 2005b. SIMULATION OF ENERGY CONSUMPTION AND EMISSIONS FROM RAIL TRAFFIC. *ARTEMIS Deliverable D7a*.
- NETLAND, T. S., I. Year. Making PROFIT at the intermodal terminal – a research agenda. . In: APMS conference, 2009 Bordeaux, France, 21.-23.10.2009.
- NÄTVERKET FÖR TRANSPORTER OCH MILJÖN. 2009. *NTM* [Online]. Available: <http://www.ntm.a.se/english/eng-index.asp> [Accessed 2010123].

- PAUL BOULTER & MCCRAE, I. 2007. ARTEMIS: Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems: final report. TRL.
- RONDINELLI, D. & BERRY, M. 2000. Multimodal transportation, logistics, and the environment: managing interactions in a global economy. *European Management Journal*, 18, 398-410.
- SAMFERDSELSDEPARTEMENTET 2009. St.meld. nr. 16 (2008-2009) Nasjonal transportplan 2010–2019. *In: SAMFERDSELSDEPARTEMENTET (ed.)*. Oslo.
- THUNE-LARSEN, H., MADSLIEN, A. & LINDJORD, J. E. 1997. Energieffektivitet og utslipp i transport. Transportøkonomisk institutt.
- VAN KLINK, H. A. & VAN DEN BERG, G. C. 1998. Gateways and intermodalism. *Journal of Transport Geography*, 6, 1-9.

## Vedlegg 4

Konferansepaper: A methodology for inexpensive GPS-data storage and analysis



# A methodology for inexpensive GPS data storage and analysis

Tomas Levin

Transportation research  
SINTEF technology and society  
Trondheim, NORWAY  
Tomas.Levin@sintef.no

*Abstract*— The increase in the use of tenders in Norwegian transportation research is forcing the research community to think in new ways. This paper looks into using open source software and consumer grade equipment for scientific purposes. The use of consumer grade data logger and open source hardware is a viable alternative. This paper documents the methods and the tools used for three research projects, 2 are close to finishing and one has just started.

Vehicle speed and positional data was collected with inexpensive data loggers and data was stored and analyzed with open source tools. The tools proved to be more powerful, but they do not offer the same graphical user interfaces. The main way to analyze data is through the use of standard SQL. Both average speed calculations using a road network and driver behavior analysis can be carried out with a few lines of code for large amounts of data.

*GPS; data storage, open source; map matching (key words)*

## I. INTRODUCTION

In the development of transport models that have a supply side driving speeds are a key data to use for verification. From an emission perspective there has also been developed average speed emission function. The challenging part of the average speed emission functions is the fact that emissions have a near exponential growth in the lower speed region. Figure 1 shows an example of a EURO 4 34-40 ton truck fuel consumption. It is quite clear that if the wrong speed is used for emission calculations the error could be severe. To get as accurate emission estimates and good supply side transport models it is imperative to get good speed data for a city or region.

The traditional collection of speed data has been through the use of a few floating vehicle driven for registration purposes and manual calculation of driving speed have been conducted. In this paper we are suggesting to use GPS data collected from a pool of vehicles without specified routes to collect travel time data. Also due to the Norwegian Public Roads Administrations use of tenders for commissioned research one has to look at cost effective ways of collecting data and processing data. Thus a viable option for this project was to use open source software.

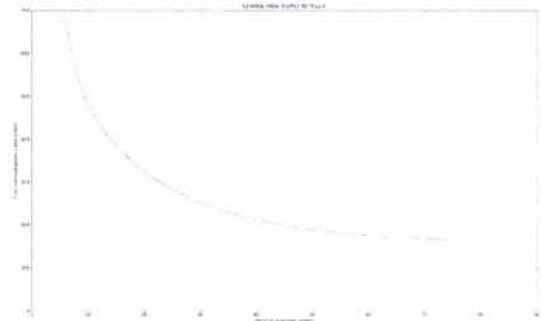


Figure 1 Truck 34-40 tons EURO IV fuel consumption

The methodology described in this paper has been used in 3 research projects: The Green Freight Transport Project, The speed model for commercial vehicles project and is to be used in the Green Activity Zones project.

## II. DATA COLLECTION

Professional GPS tracking units for logging data have been on the market for quite a while. What is new is the amount of low cost consumer grade GPS units with data logging capabilities that are on the market. Several units were tested, the cheapest units use the MTK-II chipset with 4 MB of data storage. This allows for storage of about 200k data points. 200k data points gives you approximately 55 hours of logging time at 1Hz. Our plan was to leave loggers in vehicles for an extended time period, 2-3 months at the time. Thus we needed loggers that were capable of storing data in the gigabyte magnitude. This could be achieved by the use of external logging units such as a phone running the Windows Mobile platform.

Low cost non differential GPS units have been proven to give good accounts of speed (Keskin and Say, 2006, Witte and Wilson, 2004).

### A. Windows mobile prototype

The Windows Mobile platform was chosen because an interpreter for the Python programming language has been developed and is freely available. Python's genuine advantage is the amount of libraries that are shipped with the interpreter. It only takes around 400 lines of code to create an user interface, GPS logging and a FTP (File Transport Protocol) application for collecting, storing and transferring data when in the vicinity of known wireless networks. The developed application also collected data from the vehicles OBD-II connector via a Bluetooth OBD connector based on the ELM 327 chip. The application could run on any Windows Mobile device of windows pocket pc greater then version 5. The only requirement would be that the unit had to have Wi-Fi and GPS. The GPS could be an external Bluetooth device or internal.

### B. First test of devices

Two Windows Mobile devices were tested by a local truck operator. The problem turned out to be the interaction with the drivers. In order to get Bluetooth setup correctly the units had to be started in a specific sequence. And the startup sequence took some time, about one minute. Then the users had to click on the device to start the recording. The startup procedure turned out to be too much hassle for the drivers, so that they quickly stopped using the loggers. After talking with the truck operators it was agreed to try with black box units. A set of black box units were developed, they lacked the ability to transfer data when in vicinity of known Wi-Fi zones. The data-loggers stored data to 2 gigabyte SD-cards. Thus the SD card could quickly be extracted from the logger unit and replaced with a new empty card. The units were placed inside the vehicle with the antenna on top of the dashboard.

#### 1) Using standards

To ensure compatibility between loggers and possible different logging platforms all speed and position data was stored as standard NMEA sentence. Only 2 sentences were needed, the GPRMC and the GPGGA sentences. The benefit of using the NMEA standard is that it is one that is supported by most GPS units. And if the standard is not used NMEA sentences could be constructed from available data. Another reason for storing the data in the NMEA format is that many applications are able to read and display NMEA data.

Using the NMEA standard had the benefit of separating the logging from the analysis process. Basically any logging equipment could be used as long as it returned data in the NMEA format. NMEA is a proprietary standard is controlled by National Marine Electronics Association as sells for around \$325. But most of the application level has been reverse engineered, a good source of documentation is found in the appendix of (UBLOX, 2006).

#### 2) Test of device data quality

To test the data quality of the cheap GPS devices a vehicle that has a professional 100 Hz GPS unit was used as a reference.

The cheap GPS units were placed inside the car while the 100Hz GPS had a roof mounted antenna. The effect of placing the GPS units inside the vehicles is that sky is not visible in the opposite direction of driving. Figure 2 shows the placement of the GPS units on the test vehicle. The expensive GPS unit is designated as VBOX, while the cheap GPS logger units were designated as RTCU.



Figure 2 Placement of antennas on test vehicle

A test route was created; the loop was run two times. Two types of test were conducted, dynamic test when the vehicle was in motion and a static test when the vehicle was parked in an urban setting. The analysis later revealed that the cheap GPS units had a data loss of 10%. This was later traced to a programming bug.



Figure 3 Map of GPS testroute (source: Statens Kartverk)

Table 1 Data points in each test

Test name	Data points		
	Vbox	RTCU #2	RTCU #6
D1 – dynamic test 1	1571	1407	1418
D2 – dynamic test 2	1656	1456	1480
S1 – static test 1	1201	1081	1079

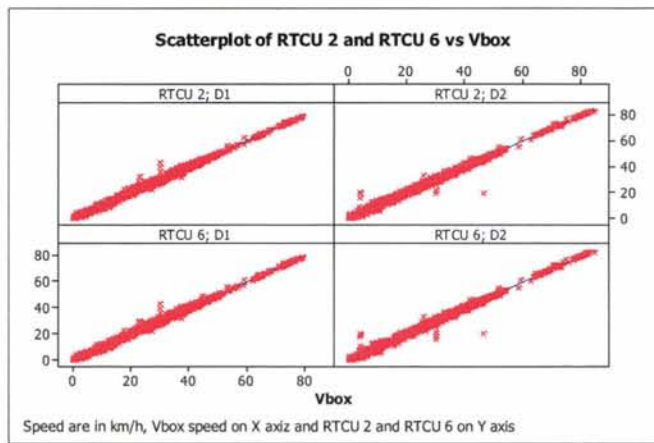


Figure 4 Scatter plott of GPS speed of VBOX versus RTCU units

A simple regression analysis gave the following results:

$$\begin{aligned} \text{RTCU 2} &= 0,261 + 0,994 \text{ Vbox} \\ \text{R-Sq} &= 99,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RTCU 6} &= 0,106 + 0,997 \text{ Vbox} \\ \text{R-Sq} &= 99,4\% \end{aligned}$$

There are some large discrepancies in Figure 3, these discrepancies were found under a railway bridge in dynamic test 2. It seems that the cheaper units have some sort of smoothing algorithms that filtered out erroneous data under the bridge. The more expensive unit seemed to report unfiltered data.

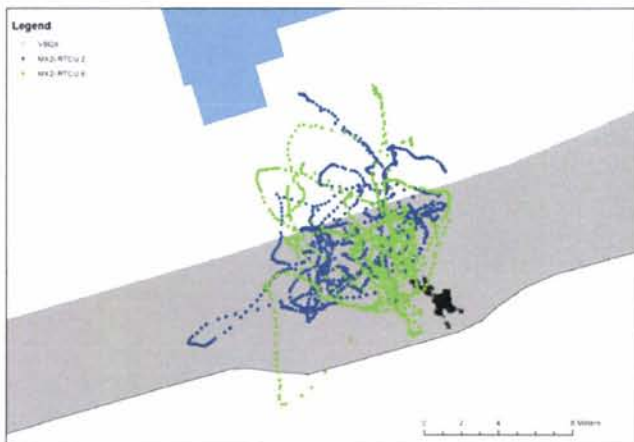


Figure 5 Static test of GPS positional stability

A static test was conducted to check positional quality in an urban setting, in this test the view to the north east is blocked by buildings and the vehicle is facing the west. Here we can clearly see that the more expensive unit that has an antenna placed on the roof is more stable (the black marks). While the two cheaper units with the antennas placed inside the vehicle have a lot more positional drift.

From this simple test it was believed that the data collected from the cheap GPS units was accurate enough for our

analysis of average speed on short road links. Average road link length was about 200 meters.

### III. SOFTWARE FOR STORING GPS DATA

A total of 10 data loggers were commissioned and these would log data from trucks running in semi fixed routes. We expected a data volume in excess of 10 million data points. It turned out that we recorded nearly 6 gigabytes of data from these trucks. This was a bit less than expected and was due to the fact that some drivers unplugged the GPS units for reasons unknown to us.

Our plan for analysis of the data relied on the use of GIS techniques, map matching and linear referencing thus we needed to store the data in a georeferenced format. For analysis after the GIS operations we needed database capabilities and data export functionality. The PostgreSQL database was chosen for storing the GPS data. This was due to the fact that it is open source, it can handle extremely large data tables (32 terabyte) and finally it has an open source GIS extension called PostGIS. The PostgreSQL database runs on several operating systems including the windows operating system. But due to the large amount of data we expected a 64 bit FreeBSD server with 8 GB of memory was chosen. The advantage of this was that we could use a 64 bit version of PostgreSQL that could utilize more than 4GB of memory. The hardware was a AMD x4 Phenom processor running on 3.4 MHz, an el-cheapo motherboard stuck in a rack case with 2 mirrored 10k rpm disks for database storage. The cost of the hardware was about €1000. The FreeBSD operating system is an open source UNIX variety available free of charge. The benefit of a FreeBSD system compared to a Linux system is that the kernel, user land and applications are managed by the FreeBSD development team. This should theoretically give a more stable system. Current uptime of system is approaching 115 days. The server has not been rebooted since installation.

Both FreeBSD and PostgreSQL have been around for a long time and have developed a quite large user community. In practice this means that you will quickly find solutions to problems encountered simply by Googling error codes or more general issues. The PostGIS spatial extension to the PostgreSQL is a relative newcomer to the scene. PostGIS is developed and maintained by a Canadian company called Refraction and is also available as open source and free of charge. The software package is built around open standards and has quite good documentation.

#### A. Duality of GIS

When speaking of GIS people first and for most think of desktop GIS applications that can create nice maps and graphically analyze data. But users can also interact with the GIS systems at a programmatic level. Suppliers of GIS tools have for a long time given users the possibility to access, manage and manipulate data through custom APIs (Application Programming Interface). Thus if you are a proficient programmer you should be able to use both modes.

PostGIS does not offer an API in the classical sense, it rather integrates with the database and becomes an extension to the SQL database language for relational databases. The effect of this is that any supported GIS operation can be used through the use of standard SQL statements. The combo of PostgreSQL and PostGIS does not offer a graphical interface. For this the user has to use a desktop GIS client. There are some graphical clients on the market that offer direct connection to the PostgreSQL database such as UDig and QGIS. ESRI's desktop systems can also connect to the PostGIS database if one buys a substantial database extension, ARCSDE, or if third party software like zigGIS. For our projects Qgis was used for graphical inspection and digitization of new features while all the rest of the work was done from the command-line in SQL.

The setup of our system makes little usage of the duality of GIS and focuses heavily on moving tasks that used to be done graphically over to the SQL language. The benefit of this is that the user will create a script file that is the recipe of the whole GIS operation. If new data is added it is only a question of running the script to create new result data. The script for importing 10 million + data records and matching them to the road network, error control of data and grouping to a suitable export table is 894 lines long including code to create the database tables and comments. Running the script on the server described earlier takes 6 hours to complete. On the ESRI platform and with a 3GHz computer with 4GB of memory and windows XP it took 5½ day to complete just the map matching. The extreme difference in execution speed is believed to be linked the fact that ESRI has very general interfaces to functions while in PostGIS the user uses just the parts needed.

### B. Writing specialized functions

To extract and transform the GPS NMEA files into database tables and split files into journeys. A journey is defined as a sequence of data points where the speed is over 3 km/h, but if the speed drops under 3km/h for a short period (180 seconds) the data sequence is not split into different trips. The PostgreSQL database allows for incorporating different programming languages when writing creating functions. Functions in PostgreSQL are created with the use of SQL, thus the conversion code that was written in Python for the ESRI Geoprocessor could be included by simply removing the Geoprocessor specific commands. The code sample below shows the famous Hello World program written and executed as SQL.

```
CREATE FUNCTION HelloWorld ()
  RETURNS text
AS $$
  # PL/Python function body
  return "Hello World"
$$ LANGUAGE plpythonu;
SELECT HelloWorld ();
```

PostgreSQL's ability to include other programming languages meant that we could reuse code that was written for the ESRI Geoprocessor with very little porting effort. It also reduced the amount of programming languages the user needs to be proficient in. It is sufficient to know Python and SQL.

The final point with PostgreSQL is that it comes with standard ODBC driver for Windows. Thus data tables linked to Windows applications with ease. In our case results from the analysis was imported into statistical analysis software like Minitab and SPSS.

## IV. MAPMATCHING AND MITIGATION OF ERRORS

There exist quite a few map matching algorithms for real time mapping of GPS positions (Quddus et al., 2007). Some of these are quite complex and when map or positional accuracy algorithms can get quite complex (White et al., 2000). In this paper we will be focusing on developing methodology for mapping GPS data to the road work in a simple, but powerful fashion. The idea is not to remove the errors in the map matching process, but to find ways to mitigate erroneous matchings.

A key point in our setup of the system is that it should be able to collect data in a loose fashion without definition of specific routes. The map matching routine is extremely simple, it is based on distance to closest road and the GPS data is snapped to this road. This approach will give erroneous snapping of points to roads nearby, especially at intersections.

It is here where we apply the mitigation approach. The parameter that we are looking for is the average speed on the link. The average could be expressed as an average of the instantaneous speed observations or as distance traveled divided by time used.

$$\hat{v} = \frac{\sum v}{n} \quad \text{Equation 1}$$

$$\hat{v} = \frac{\text{distance}}{\text{time}} \quad \text{Equation 2}$$

Equation 1 is more sensitive to errors in map matching than Equation 2. By using the second equation intermediate points on a road link are of less importance, time and distance between the entry and exit point on the link are the important factors. As seen from the registration test data static positioning is likely to lead to increased erroneous matching at intersections where the vehicle is traveling at low speed or standing still. The GPS units also seldom report a speed of 0 when standing still, this could lead to a higher than real average speed. But the real selling point for using Equation 2 is that the extra data needed for the speed calculation, distance traveled, can be used for mitigation. Figure 5 shows a sketch of the map matching routine. The map matching algorithm is as follows:

1. Split GPS data into trips, a trip is a sequence of observations with speeds over 3km/h including shorts stops under 180 seconds.
2. Find closest road link to GPS point.
3. Calculate linear reference of GPS point.
4. Calculate time and road link distance between first and last GPS points on road link for each trip.
5. Calculate GPS vector and road link vector to find direction of travel, along or against digitized line direction.
6. Percentage of distance traveled on road link, the distance between the first and last GPS point and calculate percentage of road link.

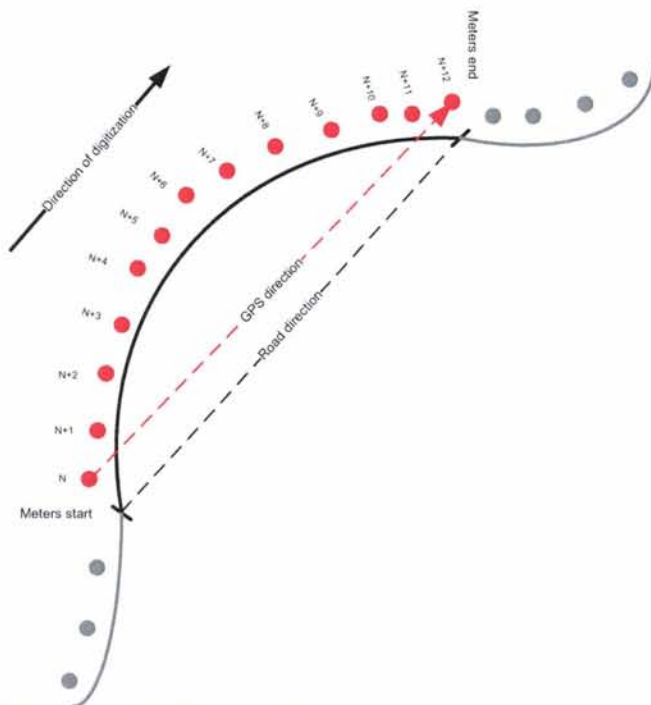


Figure 6 Sketch of map matching

#### A. Loose data collection scheme

The idea behind having a loose data collection scheme is to collect large amounts of data and drop data that is believed to be erroneous. The map matching algorithm generates a table of distance used for average speed calculation and distance of road link. Data are dropped if the average speed is calculated for less than 75% of the link length. There is still a problem if the link length is very short. In this project the standard road segmentation was used. Thus we opted to remove links that were less than 200 meters as we were primarily interested in long-haul trucking operations.

One challenge in urban areas is to record driving speeds on different road links or longer road segments. The power of the map matching algorithm is that it runs purely in SQL on the server side. The map matching routine is very simple and robust, it is not as advanced as the routines described in (Quddus et al., 2007). But for long-haul operations the

routines seem to give quite good results, of a set of 8,4 million points 7,8 millions were given road a road reference, direction of travel and road gradient. For the Green Freight dataset average speed was calculated based on 3,0 million observations left. The mitigation process removed 117651 erroneous data points, the rest were removed because we only wanted to study roads typical to long-haul rural trucking. If the trips in urban areas have been included this number would probably have been much higher.

Table 2 and Figure 6 show results form an analysis of driving speeds for long-haul trucking operations in rural areas compared with the speed limit.

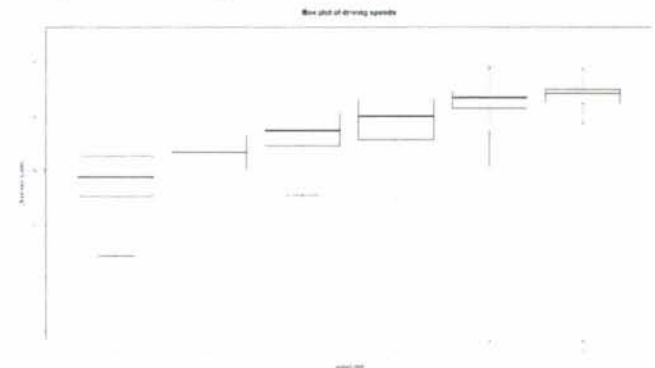


Figure 7 Box plot of driving speeds for long-haul trucking operations in rural areas

Table 2 Driving speeds for long-haul trucking operations in rural areas

Speed limit	Mean observed speed	Standard Deviation	95% CI
50	57,8	11,9	57,4 - 58,2
60	66,4	11,2	66,2 - 66,6
70	74,6	9,3	74,5 - 74,8
80	77,4	11,4	77,3 - 77,5
90	85,1	6,48	85,0 - 85,2
100	86,6	8,49	86,3 - 86,9

The statistical analysis was performed on a windows pc and the data was accessed through a standard ODBC database driver and processed in a standard statistical package, in this case R<sup>1</sup>.

#### B. Further analysis of driving behavior

Unlike spreadsheets the database has no notation of the rows before or after the row that it is currently processing. But in the ISO SQL:2003 standard a window function appears. In laymen's terms this feature allows the database to access rows before or after the current row. PostgreSQL is the only open source database to include this feature at present. The window

<sup>1</sup> <http://www.r-project.org/>

function appeared in version 8.4 of PostgreSQL. The window function really shines when it comes to looking at driver behavior.

A simplistic way of calculating accelerations from GPS data is to divide the speed difference between two points by the time between the two points. As part of the Green Freight project one wanted to look at driving behavior in relation emissions. One way to do this is to look at RPA which is believed to be correlated to driver emissions (Ericsson, 2001). RPA is defined in Equation 1.  $T$  is the length of the micro cycle,  $v_i$  is the instantaneous speed,  $a_i^+$  is the instantaneous positive acceleration and  $x$  is the distance of the micro cycle.

$$RPA = \frac{\int_0^T (v_i * a_i^+) dt}{x} \quad \text{Equation 3}$$

Using the window function in PostgreSQL made it easy to generate RPA measures for every micro cycle found in the GPS data. A total of 15258 driving cycles were found in our data. This data was then compared to the RPA of the micro cycles found in the ARTEMIS project.

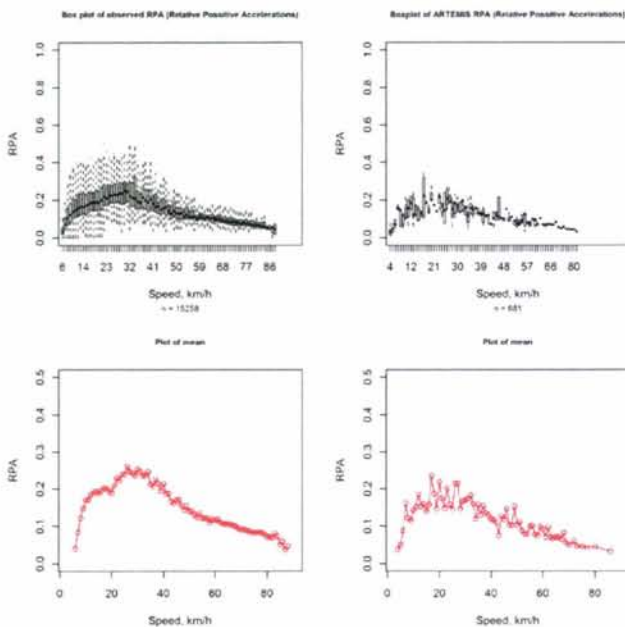


Figure 8 Comparison of RPA for heavy-duty vehicles, observed and ARTEMIS

Figure 7 shows a comparison of the RPA for the long-haul heavy duty vehicles we observed and the RPA for heavy duty vehicles found in the ARTEMIS application (Keller et al., 2007). Each micro cycle was grouped by its average integral speed. The RPA analysis seems to indicate that RPA found in observed micro cycles is comparable in terms of scale and change as a function of average speed.

Two SQL statements of 35 and 23 lines were required to produce a table with micro cycles, average speed RPA and

percent of time accelerating, decelerating and cruising. The database was created with the same SQL code as for the speed studies.

## V. GPS ARTIFACTS

When looking at a speed/acceleration plot for the whole dataset we discovered something that could best be described as a GPS artifact. Figure 8 shows a dot plot of speed and acceleration. There are extremely few points with low speed and high accelerations, but with over 7 million data points there should probably have been a few faulty registrations at low speeds, especially since this plot includes driving in urban areas. There seems to be a line where data is cut off, it is a quite clear straight line. Looking at the documentation for the cheap GPS receivers give few clues to why this is happening. But the fact sheet of the GPS chipset gave us a clue; the GPS data is post processed before sent to the user. And according to the fact sheet: "The ANTARIS4GPS engine inside offers outstanding navigation performance in the most challenging metropolitan areas (UBLOX, 2006)" The GPS unit is also said to run at 4Hz, but only reported data at 1Hz. It is not mentioned if the unit averages 4Hz to 1Hz to get better positional estimates.

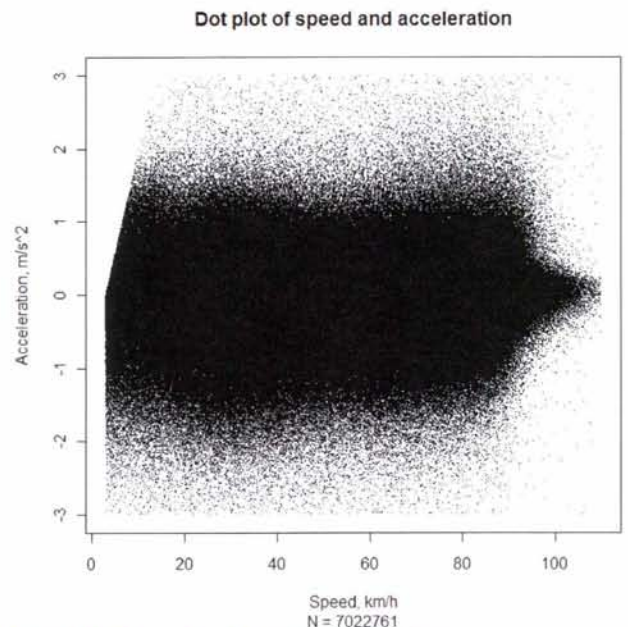


Figure 9 GPS speed and acceleration artifact

This discovery sparked a test of other GPS chipsets, mainly a cheap receiver with the MTK II (Media Tek Inc) chipset. The Holux M-1000 that was used in the initial prototyping runs at 1Hz, but again the chipset documentation indicated 5Hz. The update rate of the Holux was successfully changed to 5Hz with the use of a small application from Media Tek Inc called GPS Mini<sup>2</sup> written. The track from a device running at

1Hz seems more stable than the track from a 5Hz model. To us this indicated that when external reporting is set to 1Hz there could be some sort of averaging going on within the unit. No further testing at 5Hz, but we had found indications that 5Hz could be achieved with inexpensive units.

## VI. DISCUSSION

As a response to the Norwegian Public Roads Administration to cut research cost by the wide spread use of tenders for research project on is forced to look at ways of cutting cost. One way to do this is to move away from costly registration schemes and use of expensive software. This paper has looked at inexpensive ways of collecting data from long-haul trucking by the use of inexpensive GPS units and open source software for storage and analysis.

Using cheap over the counter GPS-logging units seems to give good results. As the miniature test of the inexpensive GPS units compared to the expensive professional units show quite comparable results. But the tests also proved that there was a need for a professional unit to compare the units with. The large scale registrations could be done with the cheap unit, but there was a need for a professional unit to benchmark against.

When using inexpensive GPS units its important to look at who is manufacturing the GPS chips. More data is often found from the chip producers than the manufacturers of the whole unit. The GPS units may not report data at the same rate as data is used internally. This fact opens up the possibility for the chip or unit producers to average positional data to give more accurate positional fixes. There can also be special functions hidden in the units that make them more or less suitable for different logging purposes. The documentation of the inexpensive over the counter units that we have used did not provide all the answers that on needs before conducting experiments. Thus if one wants to use inexpensive GPS units piloting is highly recommended. That is one way to counter the lack of documentation desired for scientific experiments.

We found open source solutions for storing and analyzing the collected GPS data. There are a few alternatives out there, but the PostgreSQL and PostGIS combo turned out to be both powerful and have the needed features. PostGIS and PostgreSQL outperformed commercial software like ESRI's ArcView platform when it came to linking observations with roads. It should be noted that the PostGIS and PostgreSQL has a steeper learning curve than the ESRI products due to good graphical interfaces. Performance wise the PostGIS and PostgreSQL solutions out performs the standard ESRI products. Linking GPS observations to road segments takes 10 minutes when run in the PostgreSQL and PostGIS environment. While the same matching routine takes 5 days in ESRI's ArcMap application.

The command line approach has a high learning cost and initial cost for the first analysis. But for subsequent analysis the same could be reused with little or no modification. This is

a clear advantage for the PostgreSQL and PostGIS applications. But it should be mentioned that ESRI also has an intuitive scripting environment (model builder) that could be used for repetitive tasks.

Robustness and simplicity is where the PostgreSQL and PostGIS suite excels. Procedures are written and executed as normal SQL statements. Existing functions for data manipulation can be included in the database as SQL functions with little modification as long as the language is supported by PostgreSQL. Python, Perl and TCL are currently supported. This allowed for reuse of code written for the ESRI GeoProcessor.

A simple map matching algorithm was created and used quite successfully for long-haul trucking operations. But this method has its limitation when the road network gets more complex and GPS positional fix quality deteriorates. Thus it is believed that for urban operations an updated version of the map matching is needed. It would be beneficial to use an algorithm that is topologically aware and is run after the initial matching. A table of legal adjacent road links could be checked against previous and future positions. The key to this is the window function that is available in PostgreSQL. The algorithm cannot be used for real-time operations, but will work for historical data. Further work on this algorithm will be conducted in the Green Activity Zones project.

The speed data collected gives some concern of truck driving speed in areas with speed limits of 50 and 60. If one is to trust this data one has to be sure that the speed limit data is correctly entered into the national road databank. Most of the trucking operations were conducted during night time due to freight schedules in the companies involved.

The database setup is not limited to map matching or calculation of average speeds. Driving behavior based on the same GPS data is possible. The calculation of RPA figures for micro cycles was successfully conducted by adding only 58 lines of SQL code. Having data stored in the database and using SQL with window functions removes some of the need for purpose written computer programs. The code could be executed on the server side and exported to post-processing applications like statistical software through the use standardized database drivers like ODBC.

The use of open source is not without pitfalls. How do you know that PostgreSQL will be around in the future? The short and probably the safest answer is that you don't. But one key aspect of open source project is the use of open standards. If PostgreSQL and PostGIS stop development you will still have the possibility to export your data to other systems due to the use of open standards. Another issue is support, what do you do when something goes wrong or you just need help? This is where open source has its commercial side. There are companies built around providing support for the products. But user forums on the internet are also good sources of information and solutions to common problems. From a

researchers perspective trawling the online communities and online user commented documentation has been sufficient. For the moment there seems to be more effort put into getting lots powerful functionality into the programs then to make good point and click interfaces.

## VII. CONCLUSION

It is possible to use inexpensive GPS units, but there care should be taken. The documentation of the devices is not up to scientific standards and therefore piloting becomes essential. The key is not to find the best unit, but the unit can deliver the quality needed. A reference system is needed to access quality under operating conditions. It is therefore essential to have access to professional quality equipment which has a known and clearly stated quality measure.

The open source arena has given rise to several applications that has the same functionality as existing commercial software. But the learning curve could be quite different; in general user interface and user interaction has been more developed in the commercial software. Open sources addiction to the command line is on one hand challenging for the user, but it is also excellent for repetitive tasks as you have a log of what the user have done. This log can then be run again for similar problems.

## References:

- ERICSSON, E. 2001. Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 6, 325-345.
- KELLER, M., KLJUN, N., ZBINDEN, R. & WEG, M. V. D. 2007. Artemis / COST 346 - Road Model Beta-0.4d. Beta-0.4d ed. Bern.
- KESKIN, M. & SAY, S. M. 2006. Feasibility of low-cost GPS receivers for ground speed measurement. *Computers and Electronics in Agriculture*, 54, 36-43.
- QUDDUS, M. A., OCHIENG, W. Y. & NOLAND, R. B. 2007. Current map-matching algorithms for transport applications: State-of-the art and future research directions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 15, 312-328.
- UBLOX 2006. LEA-4A ANTARIS® 4 ROM-Based GPS Module Automotive Applications.
- WHITE, C. E., BERNSTEIN, D. & KORNHAUSER, A. L. 2000. Some map matching algorithms for personal navigation assistants. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8, 91-108.
- WITTE, T. H. & WILSON, A. M. 2004. Accuracy of non-differential GPS for the determination of speed over ground. *Journal of Biomechanics*, 37, 1891-1898.

In our case the open source solution proved to be more efficient then its commercial desktop opponent. Thus data could be analyzed quicker and could be exported to other applications through standardized ways as through the use of ODBC.

The map matching routine developed for loose registrations works well and data can efficiently be stored and analyzed for rural operations where the networks are simple. For urban operations that map matching should be developed further to take into account road network topology, but still within the confines of standard SQL statements. This is believed to be achievable through the use of the window function so that calculations can use for past and future positions.

## ACKNOWLEDGMENT

Many thanks to the NPRA for funding my PHD and a to the research council of Norway for supporting project like: Grønn Godstransport, Næringslivets fartsmodell and last but not least the Green Activity Zone project. We would also like to thank the freight companies who allowed us to track their trucks.



## Vedlegg 5

Konferansepaper: GREENING FREIGHT – DO DETAILS MATTER

## GREENING FREIGHT – DO DETAILS MATTER?

Tomas Levin\*, Roar Norvik  
SINTEF Technology and society

### I. INTRODUCTION

Freight transport is responsible for a considerable amount of CO<sub>2</sub> emissions that contribute to global warming. As a response to the rising climate awareness firms in the freight industry are forced to supply customers with air emission data. And firms on the other hand see that giving out credible air emission data can give them a competitive edge (Lervåg, 2009). There are tools available for calculating the air emissions. But common for these tools are that they are built to give general answers to general questions. A typical question asked is: What is the emission from moving 10 tons of goods 540 kilometers? From our perspective the answer should be: It depends!

General emission factors on the form g/tkm (grams per ton kilometer) are usable for large scale reporting. When using these emission factors there are three alternative reduction measures for firms:

- Reduce amount of goods
- Reduce distance
- Choose another transport mode or technology

The politicians want these emission figures to try to find international agreements like the COP 15 meeting in Copenhagen. So far no measures have come from the COP 15 meeting that will either force or give freight transport companies real possibilities of reducing their emissions.

The Green Freight Transport (GFT) project aims at creating methodology and a toolset to empower freight transport companies to make climate and environmentally friendly choices. A lack of tools that are sensitive at company level was reported in the GFT-project user needs assessment. The tools developed in the GFT-project are transport vehicle centric as opposed to EcoTransit (Knörr, 2008) and NTMCalc (Bäckström, 2007) which focus on tons moved. When used for the same routes in Norway the two aforementioned tools gave different results. The differences were so big that they were believed to stem from undocumented assumptions (Knudsen, 2007).

Both NTMCalc and EcoTransit aggregate basic emission factors from different sources and use these factors to build average factors for typical scenarios. It is the generalization phase that is problematic if one wants to look at emission studies at company level. The effect of gradients and on-peak or off-peak distribution are typical examples. The emission estimation framework developed in the GFT-project allows for more detailed studies based on a common set of basic emission factors.

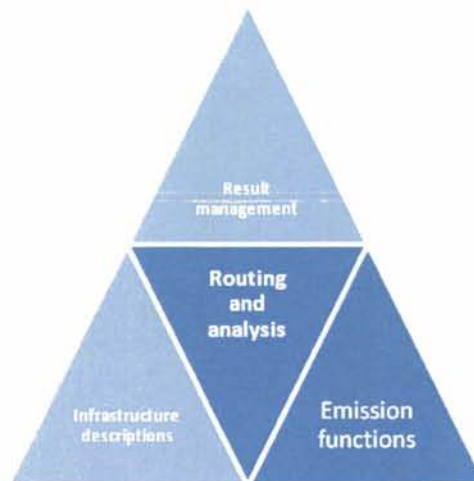


Figure 1 Emission estimation framework

The core of the emission estimation framework is the GIS routines for routing and analysis. Figure 1 shows an overview of the emission estimation framework. The dark triangles are data and methods that are general for all companies. While the lighter colored triangles are made company specific to some degree. In the infrastructure description the roads, railways and sea fairways are the same, but the terminals are only those that are available through the company's logistic chain. The emission functions stem from the ARTEMIS project (Boulter and McCrae, 2007). For road average speed functions are used and applied to the digital road network. The result management triangle is for interfacing the calculation routines with company production systems.

The motivation for using the detailed methodology developed in the GFT-project is the link between air emissions, energy and money. The use of energy causes air emissions, and energy usage is costly. Thus it could be possible to save money while reducing the environmental and climatic impacts (Levin and Sund, 2010).

This paper looks at the development of the GIS based emission estimation tool and the impact of factors that are commonly believed to be details and their impact on emission estimations.

## II. METHOD

Emission models exist at many levels and have different properties. There are three types of vehicular emission modules (Esteves-Booth et al., 2002).

- Emission factor models
- Average speed models
- Modal models

Emission factors models are simplest and require the least amount of input data. While modal models are the most advanced models that take driving behavior into account. Second by second speed and acceleration models are such

models. In the middle we find the average speed models. The average speed models are a balance between input data required and level detail in the calculations.

The tool developed in the GFT-project uses average speed functions for road based emissions. Train emissions are calculated for railway stretches based on observed energy consumption measured on the train on specific lines. Thus for train one will have an emission factor model. For sea a similar emission factor model is used but the emission factors are not created from measurements, but from factors developed in the ARTEMIS project (Sjöbris et al., 2005). There is a clear difference in the detail richness on the emission functions for each mode, this is probably because there has been more focus on road vehicle emissions than on other types of emissions. The first two paragraphs in (Sjöbris et al., 2005) support this notion with the claim that only 2% of EU environmental research funds are used on sea specific issues while 80% are used for road.

This paper will focus details in the road model and exemplify the differences that details can make in emission estimations. To explicitly show how details can effect emission estimations a computer based tool is needed. As part of the GFT-project an emission estimation framework was developed. A figurative description of the framework is shown in Figure 1. The estimation of emissions from transport is based around a geographical information system (GIS). Modern GIS applications can have the ability to build and analyze networks. Networks are geographic features that are linked together to form a topology which can be analyzed using graph functions. The shortest path is a typical graph algorithm that is applied to networks to find the path with the lowest cost between two places in the network. The routing and analysis functions in a GIS application are generic and constitute the core of the emission estimation framework. The GIS application is dependant on two different types of inputs; the first is a digital infrastructure description. The other is emission functions that can be applied to the network. The top triangle of Figure 1 is results management. Result management is methodology to make the calculation results usable in everyday operations in freight transport companies through their production systems.

#### *4. The digital road infrastructure*

A digital road network was built from the national road database. The build process consists of extraction of data from the database in a proprietary Norwegian format the SOSI standard (Statens vegvesen and Statens kartverk, 2008). The SOSI data is converted to an ESRI-geodatabase that is used in the network building. A set of routines were also developed for converting the restrictions in the road network to a format that the ESRI Network analyst could utilize. Speed limits, height restrictions, one-way streets and turning movements were all converted. There were 1.2 million road or road associated features in the dataset. Not all features are utilized by freight transport; free standing stairways, forest roads, pedestrian walkways and private roads were all removed from the

dataset. The remaining dataset had 580 000 road features open to road based freight transport.

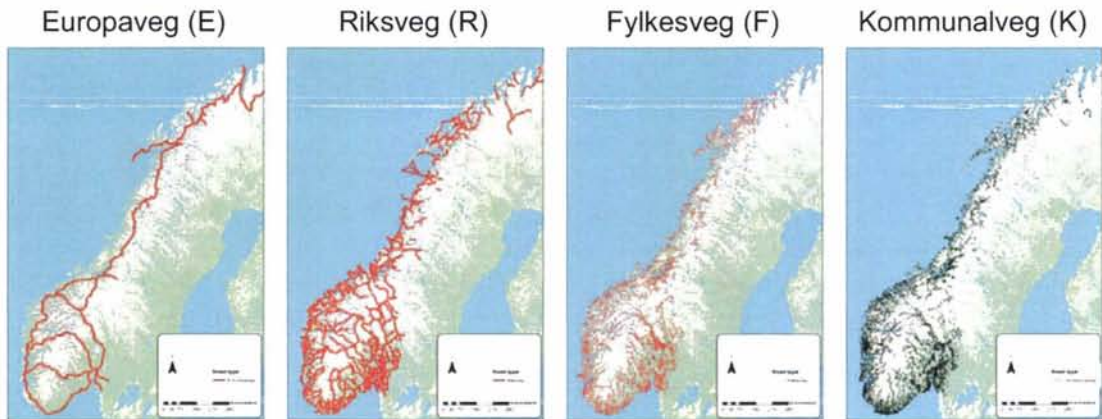


Figure 2 Road categories in Norway

The Norwegian road network is split into several different categories. Figure 2 shows the road categories presentment in the 2008 road network for Norway. The Norwegian main trunk road network consists of the E roads and some selected R roads. The road network was extracted with elevation data thus gradients for single road features could be calculated. The average speed functions for roads were taken from the ARTEMIS project (Boulter and Barlow, 2005, Boulter and McCrae, 2007). These functions utilize road gradient in emission calculations. Road gradient has a significant impact on emissions. Excess emission generated uphill can not be assumed to be canceled out by emission reductions downhill (Hassel and Weber, 1997). There are some issues with grades on the municipal (K) roads. Municipal roads that connect to E, R or F roads usually get the elevation data at the connection point while the other is set to 0. This can give extreme gradients. The ARTEMIS average speed functions are given for a set of gradients, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6. The positive gradients are used to create a linear function for each speed, this gives the possibilities to find intermediate grades. Gradients from the road network are used, but the emission function is linear and capped at 12%. For negative gradients there is no linear gradient function and thus negative gradients are rounded to the nearest gradient (-6, -4, -2).

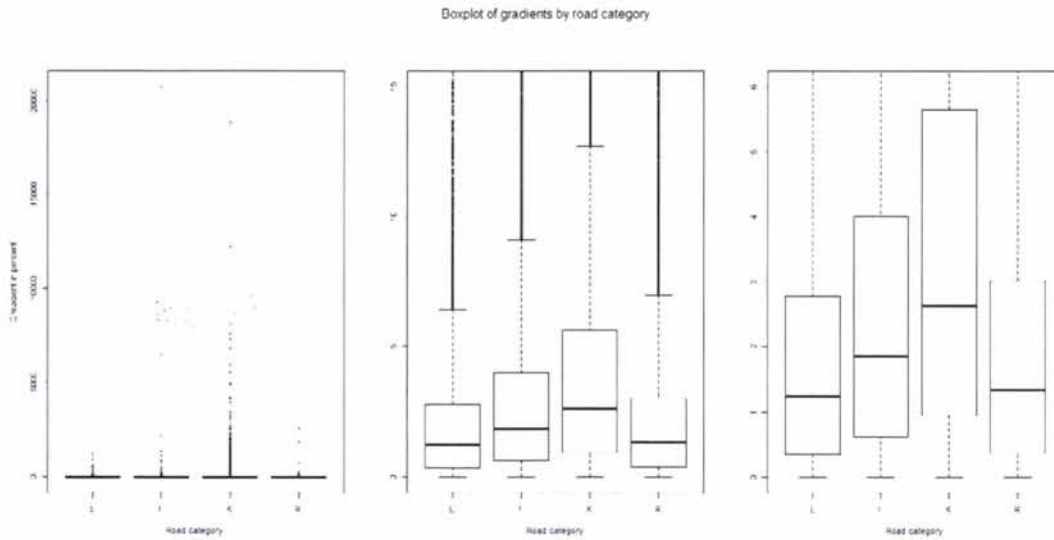


Figure 3 Boxplot of gradients by road category

Figure 3 shows the gradients observed in the digital description of the road work. It is quite clear that there are several errors in the gradients in the network when looking at the left most plot in Figure 3. Gradients of 20000 percent are not present in the real world network. For this reason a capping function of max 12% was implemented. The updating philosophy in the GFT-project is that national agencies are to update their databases and users are to extract and build networks from these databases automatically. Thus manual error correcting of the network is not an option. The problems need to be solved at the source and not in derived products.

The digital network does not contain data on average driving speed on the links. But the digital road description holds information on link speed limits. GPS speed data was collected from 6 trucks running on different freight long-haul routes. This data was later linked to the road network to allow for comparison of average driving speed on links and comparison with the speed limits. Table 1 presents the observed average driving speeds on the links in comparison to the speed limit. For the lower speed limits the average speed is higher and for the higher speed limits the average speed is lower. The speeds presented in Table 1 are taken from long-haul driving in rural areas. Urban areas that have congestion problems are removed from the dataset.

Table 1 Speed limit and observed speed long-haul

Speed limit	Mean observed speed	Standard Deviation
50	57,8	11,9
60	66,4	11,2
70	74,6	9,3
80	77,4	11,4
90	85,1	6,48

There is another research project “The speed model for commercial vehicles” that is looking into building a better speed model. The GFT-project will not develop a speed model, but use the speed limit as a proxy.

### B. Test cases

To check the importance of “details” in emission estimations 3 test cases were selected. The first test case Korgen is a mountain pass on the trunk road between the northern and southern Norway. A new tunnel was opened in 2005 that reduces the distance and has a considerably better horizontal and vertical geometry. A map of the mountain pass and the new tunnel is presented in Figure 4. along with horizontal and vertical geometry for the sections. The red lines show the vertical geometry while the green lines show the horizontal geometry. The geometry is quite challenging and will affect the driving speeds, the combination of sharp turns and steep gradients will to a large degree define the driving speed. Average driving speeds were calculated based on the speed model for light vehicles in (Straume et al., 2008) and adjusted for heavy duty vehicles.

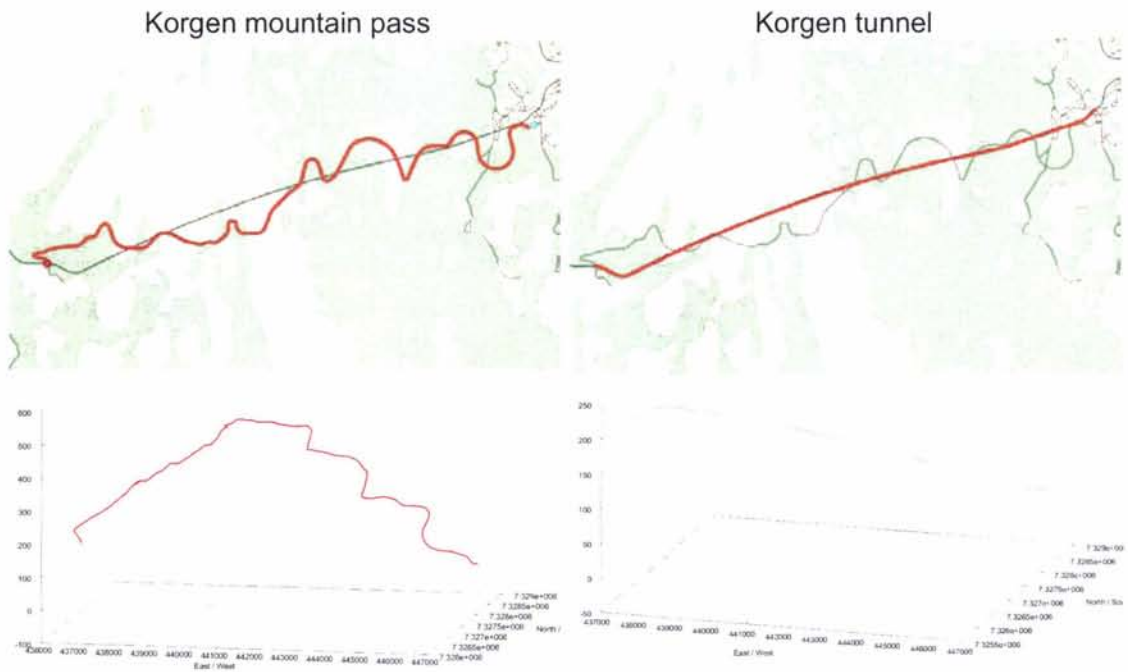


Figure 4 Horizontal and vertical geometry Korgen

The second test case looks at two alternative routes from Oslo to Trondheim, Gudbrandsdalen (E6) and Østerdalen (R3). There is a difference in topography and the number of small villages passed on the way. Figure 5 shows the alternative routes, the green route (the western most route) is Gudbrandsdalen while the eastern yellow route is Østerdalen.



Figure 5 Alternative routes, Gudbrandsdalen and Østerdalen

For test case 2 a simplified approach is tested where an average grade between the start and endpoint is used to see the effect of over simplification of gradients.

The test cases were chosen to see the difference in emissions caused by speeds and gradients when applied to real world scenarios for specific vehicles. In test case 1 and 2 an articulated truck 34 – 40 ton is used.

The third test case is urban distribution. A distribution route in the Trondheim city center was created. The route consisted of 7 stops with a total distance of 11.8 kilometers. The task was to test on- and off-peak emissions. The critical factor is the urban driving speed. Using the speed limits as a proxy for urban travel speed has its limits. The GFT-project collected GPS speed data for 6 trucks. A road stretch close to the city was selected for analysis. The data from 135 trips were collected in one hour bins and on- and off-peak speeds were assessed. The speed measurement stretch was 2,3 kilometers long. The analyzed road has a speed limit of 50 km/h and the observed speed during the day was about 30 km/h. Late in the evening after 10pm and early in the morning the speed was about 50 km/h. In the test case a speed reduction of 40% was used as to see the difference in air emissions.



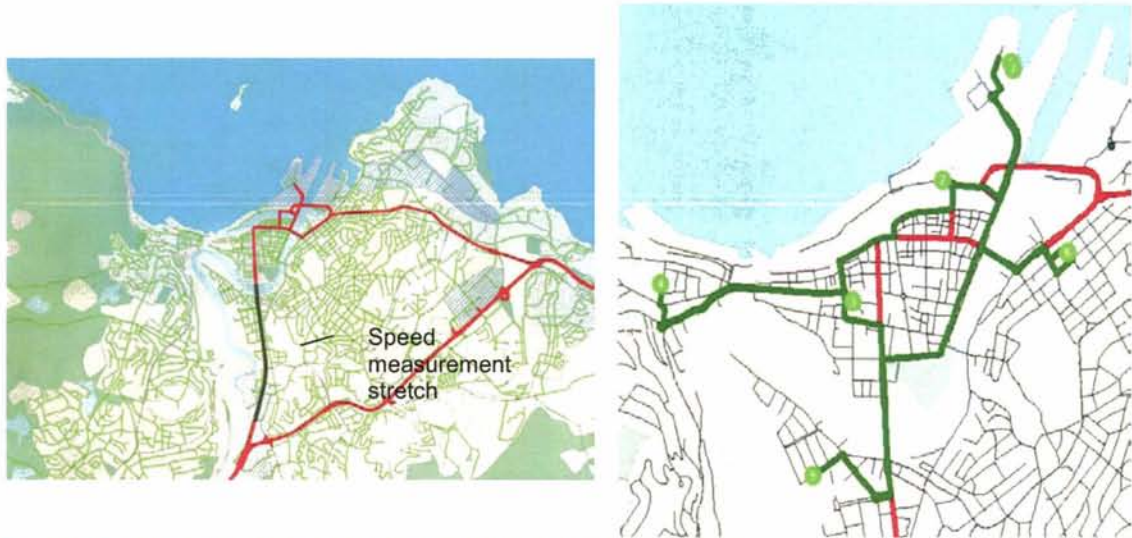


Figure 6 Speed measurement section and urban distribution route

The selected cases were believed to give an insight into using a calculation tool that is not only dependant on distance and technology to estimate emissions. The argument for using more detailed tools is to give drivers and freight planners a more detailed tool that is able to predict emissions from choices that they are likely to make. The test cases will show the effects of details such as driving speed, route choice and road topography.

### III. RESULTS

#### A. Test case 1- Korgen

Table 2 Test case 1 Korgen (relative units)

Road stretch	Component	From the West Payload weight utilization			From the East Payload weight utilization		
		0 %	50 %	100 %	0 %	50 %	100 %
Mountain pass	CO <sub>2</sub> (g/km)	791	1296	1751	1212	2009	2728
Tunnel	CO <sub>2</sub> (g/km)	373	446	519	975	1486	1930
<b>Index</b>	<b>T/M</b>	<b>0,47</b>	<b>0,34</b>	<b>0,30</b>	<b>0,80</b>	<b>0,74</b>	<b>0,71</b>
Mountain pass	NO <sub>x</sub> (g/km)	4,84	7,25	9,77	7,46	11,28	15,25
Tunnel	NO <sub>x</sub> (g/km)	2,15	2,56	2,99	5,78	8,56	10,82
<b>Index</b>	<b>T/M</b>	<b>0,44</b>	<b>0,35</b>	<b>0,31</b>	<b>0,77</b>	<b>0,76</b>	<b>0,71</b>

Table 2 shows the difference in grams per kilometer to show the effect of gradients on emissions. The difference between using the tunnel and taking the mountain pass is very different. An empty truck produces only 0.47 times the CO<sub>2</sub> emission compared to taking the mountain pass from the West. The difference gets even greater when the vehicle is fully loaded. The tunnel alternative then produces only 0.30 times the emissions. The same picture can be seen for NO<sub>x</sub> 0.44 times for empty truck and 0.31 times for fully loaded truck from the West.

Different load utilization will influence the emission ratios between simple and challenging topography. In the opposite direction the difference between using the tunnel and using the road is much smaller. The CO<sub>2</sub> emission is only 0.80 times for the empty truck and 0,71 times for the full truck. A reason for this is that the eastern side of the mountain pass has road segments with steeper gradients. Steep positive gradient give higher emissions while a steeper negative grade gives marginally less emissions. This is clearly shown in Figure 7 that presents a speed/emission/gradient plot for a Euro IV truck.

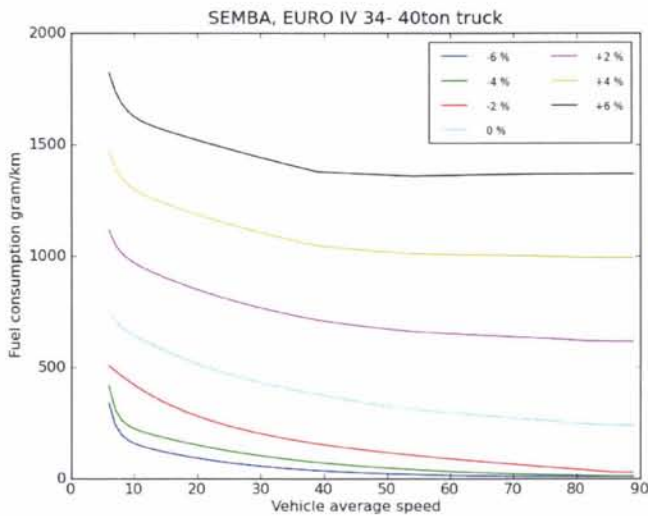


Figure 7 The effect of gradients on fuel consumption (CO<sub>2</sub>), source:(Boulter and Barlow, 2005)

Table 3 shows absolute figures for emissions in the Korgen scenario. Including the gains from the shorter distance the tunnel gives even greater differences between using the tunnel and taking the mountain pass.

Table 3 Test case 1 Korgen (absolute values)

Absolute numbers	Component	From the West			From the East		
		Freight weight utilization			Freight weight utilization		
Road stretch		0 %	50 %	100 %	0 %	50 %	100 %
Mountain pass	CO <sub>2</sub> (kg)	11,7	19,1	25,8	19,9	29,6	40,2
Tunnel	CO <sub>2</sub> (kg)	3,7	4,5	5,2	9,8	14,9	19,3
<b>Index</b>	<b>T/M</b>	<b>0,32</b>	<b>0,24</b>	<b>0,20</b>	<b>0,49</b>	<b>0,50</b>	<b>0,48</b>
Mountain pass	NO <sub>x</sub> (g)	71,3	106,8	143,9	109,9	166,2	224,6
Tunnel	NO <sub>x</sub> (g)	21,6	25,6	30	57,9	82,3	108,4
<b>Index</b>	<b>T/M</b>	<b>0,30</b>	<b>0,24</b>	<b>0,21</b>	<b>0,53</b>	<b>0,50</b>	<b>0,48</b>

The Korgen test case has shown that gradients have a significant impact on emissions. This is expected when looking at the emission curves and the non linearity between different negative grades. It is clear that emissions from large positive grades can not be compensated with large negative grades.

### B. Test case 2 – Østerdalen/Gudbrandsdalen

The second test case looks at the two alternative routes between Oslo and Trondheim. The western route, Gudbrandsdalen, is a bit longer than Østerdalen, the eastern route. From looking at Table 4 one can see that there is very little difference between the two alternative routes. Both CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions are within 0.96 of each other for all loads. The Gudbrandsdalen route (E6) passes through a mountainpass that is 1024 meters above sea level while the highest point on the Østerdalen route (R3) is 700 meters. The R3 has less steep gradients. But from the detailed calculations the routes are close to be similar except for the longer distance. Both routes were simplified with respect to the gradient. The detailed road network was replaced with a single stretch of road with an average gradient. This simplification reduced the difference between the routes even more. The index values of (SØ/SG) (Simplified Østerdalen / Simplified Gudbrandsdalen) were even closer to 1.00. This test also shows that using average grades for high standard trunk roads has pitfalls. The simplified Gudbrandsdalen compared to Gudbrandsdalen indicated an underestimation for both NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub>. 0.85 to 0.77 times for CO<sub>2</sub> and 0.99 to 0.76 times for NO<sub>x</sub>. The same is also true for Østerdalen and simplified Østerdalen.

Table 4 Test case 2 route choice and over simplification

Road stretch	CO2 (g/km)			NOx (g/km)		
	0 %	50 %	100 %	0 %	50 %	100 %
Gudbrandsdalen	646	898	1107	3,90	5,13	6,29
Østerdalen	635	876	1068	3,85	4,99	6,06
<b>Index (Ø/G)</b>	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>0,96</b>	<b>0,99</b>	<b>0,97</b>	<b>0,96</b>
Simplified						
Gudbrandsdalen	547	733	851	3,56	4,18	4,75
Simplified Østerdalen	549	732	833	3,54	4,14	4,69
<b>Index (SØ/SG)</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,98</b>	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>
<b>index (SG/G)</b>	<b>0,85</b>	<b>0,82</b>	<b>0,77</b>	<b>0,91</b>	<b>0,82</b>	<b>0,76</b>
<b>index (SØ/Ø)</b>	<b>0,87</b>	<b>0,84</b>	<b>0,78</b>	<b>0,92</b>	<b>0,83</b>	<b>0,77</b>

Test case 2 has shown that usage of simplified roads segments with average grades that include a higher point than the start or end point can lead to quite large underestimations. But differences between routes with different highest point and lengths might still generate quite equal gram/kilometer emissions. The importance of understanding Figure 7 is vital. Longer routes with moderate negative grades can produce less emissions per kilometer than shorter routes with larger negative grades. Vehicles are not able to utilize the extra benefit from steeper grades. This relationship is not likely to change until energy regenerative breaking is introduced on road vehicles.

### C. Test case 3 – urban distribution

Test case three shows results from the SEMBA (SINTEF Emission Module Based on ARTEMIS) tool when applied to urban freight distribution. GPS registrations were used to find on and off peak driving speeds on an arterial road close to the city center. During rush hour there was observed a speed reduction of about 40% compared to off-peak driving speed. There is quite a lot of variance in the speed material so the speed data is used as an exemplification of what the impact could be.

Table 5 Test case 3 – on and off-peak distribution

	CO2 (g/km)			NOx (g/km)		
	Freight weight utilization			Freight weight utilization		
	0 %	50 %	100 %	0 %	50 %	100 %
Distribution On-peak	510	585	664	2,60	3,06	3,52
Distribution Off-peak	419	488	557	2,29	2,67	3,04
<b>index (on/off)</b>	<b>1,22</b>	<b>1,20</b>	<b>1,19</b>	<b>1,14</b>	<b>1,15</b>	<b>1,16</b>

The distribution truck used (7.5-12tonn) exhibits an interesting property and that is the decrease in the difference between on and off peak with respect to increased vehicle loading. This is a contradictory trend to that seen for the long-haul trucks. The 40% speed reduction in on-peak driving speed has led to about a 20% increase in CO<sub>2</sub> emissions and a 15% increase in NO<sub>x</sub> emissions (50% utilization).

#### IV. DISCUSSION AND CONCLUSION

The tool developed in the GFT-project allows for more detailed studies of road emissions. Three test cases were selected to test the impact of "details" in the calculations. The existing emission factors usually take the form of grams per ton kilometers and are equal for the whole of Norway. This study has taken more detailed emission functions from the ARTEMIS project and built a GIS calculation tool for assessing the impact of "details" on grams per kilometer emissions.

Test case 1 exemplifies the impact that different gradient have on emissions, especially for vehicles traveling downhill. The results indicate that when the negative gradient is sufficient for rolling the vehicle then there is not much to gain from a gradient increase. This is the practical implication of Figure 7.

Test case 2 shows the difference between two alternative routes. One has a higher mountain pass than the other, 1024 meters versus 700 meters. This was expected to give quite different emission results. This was not the case for the road stretches tested, emissions per kilometer were quite equal, within 4% for both CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>. One reason for this is that the severity of gradients on these roads is less than for test case 1. Thus the impact of mountain passes is reduced. The longest route was also the route with the highest mountain pass.

When the routes were simplified and an average grade was used then the emissions were underestimated for both CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions.

The third test case was to look at urban distribution. A study of driving speeds was conducted to find a probable reduction in driving speed during peak hour. A reduction factor of 40% was found. This 40% reduced speed resulted in approximately 20% increase in CO<sub>2</sub> emissions and 15% increase in NO<sub>x</sub> emissions. Urban driving speed is a key factor in urban transport emissions, but little data is available on this topic. Further work is needed to look into urban driving speed and how these speeds vary throughout the city. For the delivery trucks the change in loadings show the opposite trend than from the long-haul truck. With increasing load the difference between peak and off-peak emissions decrease.

The tool developed is sensitive to details and is able to estimate the resulting emissions. The tool is able to evaluate detailed measures. Route choice and different topography will result in different emission estimates. Time of day can also lead to different emissions, but knowledge of urban driving speeds is limited. The emission calculation framework is limited by the available input data. If the quality of the input data is low the emission estimates will be more uncertain.

This tool allows for calculation of emissions directly related to the movement of goods. Emissions due to idling and relocation of vehicles without freight are not estimated. This tool is a supplement to the existing tools and only focuses on the direct transport. The tool allows for detailed studies of emissions related to routing including topography. The tool covers the whole of Norway and will enable freight forwarders to make assessments of emissions related to freight transports. Firms that have large corporate production systems will have many of the input data needed to build an emission inventory based on these emissions. The goal is to enable firms to find ways to improve their environmental performance based on measures they can implement. This tool allows for more detailed studies of freight transport and can be used to improve their environmental performance based on details that matter.

## REFERENCES

- BOULTER, P. & BARLOW, T. 2005. ARTEMIS: Average speed emission functions for heavy-duty road vehicles. Wokingham: TRL.
- BOULTER, P. & MCCRAE, I. 2007. Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems - Final Report. *ARTEMIS deliverable no. 15*. Wokingham: TRL.
- BÄCKSTRÖM, S. 2007. NTN - Environmental data for international cargo transport - Calculation methods - mode specific issues. *NTM Report*. 2007-04-13 ed.: Network for Transport and the Environment (NTM).
- ESTEVEES-BOOTH, A., MUNEEER, T., KUBIE, J. & KIRBY, H. 2002. A review of vehicular emission models and driving cycles. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 216, 777-797.
- HASSEL, D. & WEBER, F.-J. 1997. Gradient influence on emission and consumption behaviour of light and heavy duty vehicles. *MEET Project deliverable*. TÜV Rheinland.
- KNUDSEN, T. 2007. Godstransport og transportmidlenes miljømessige egenskaper. *SINTEF Rapport*. Trondheim: SINTEF.
- KNÖRR, W. 2008. EcoTransIT: Ecological Transport Information Tool - Environmental Methodology and Data. July, 2008 ed. Heidelberg: ifeu.
- LERVÅG, L.-E. 2009. Grønn godstransport: Miljøtyring i transportbedrifter Behovsundersøkelse. *SINTEF rapport A11626*. Trondheim: SINTEF.
- LEVIN, T. & SUND, A. B. 2010. Green Freight - Every penny counts. *WCTR*. Lisbon.
- SJÖBRIS, A., GUSTAFSSON, J. & JIVÉN, K. 2005. ARTEMIS Sea transport emission modelling. Gothenburg MariTerm AB.
- STATENS VEGVESEN & STATENS KARTVERK 2008. Elveg Vegnett og vegfagdata fra Nasjonal Vegdatabank SOSI versjon 4.0.
- STRAUME, A., BERTELSEN, D., KROKSÆTER, A. & SANDVIK, K. O. 2008. Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6. *Statens vegvesen Rapport Utbygningsavdelingen*. Oslo: Vegdirektoratet.

## Vedlegg 6

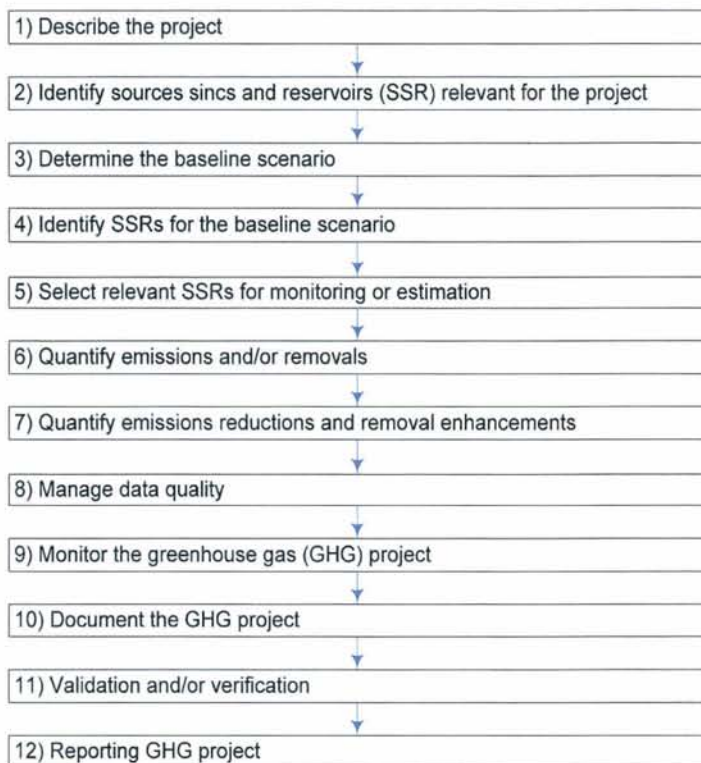
### ISO 14064 Prosesstrinn

Vedlegget beskriver de prosesstrinnene som skal gjennomføres når en utvikler og implementerer et klimagassprosjekt i henhold til ISO 14064 standarden.

# ISO 14064: Prosesstrinn

*Teksten i dette vedlegget er skrevet på norsk, men underoverskriftene er skrevet på engelsk, i tråd med rammeverket presentert i ISO 14064 standarden.*

For å oppnå ISO sertifisering av organisasjoners miljøstyringssystem, skal prosesstrinnene i Figur 1 inngå i planleggingen og implementeringen av miljøkalkuleringen i miljøstyringssystemet.



**Figur 1: Prosesstrinnene som skal gjennomføres når utvikler og implementerer et klimagassprosjekt i henhold til ISO 14064 standarden.**

Punktene 1 til 7 inngår i planleggingsfasen av miljøstyringssystemet og skal dokumenteres, mens trinnene 6 til 12 gjennomføres i henhold til ISO 14064 standarden for å oppnå ISO sertifisering av miljøstyringssystemet/ klimakalkulatoren. Prosesstrinnene i Figur 1 er beskrevet mer i detalj under.

## **1) Describe the project.**

Organisasjonen som ønsker ISO-sertifisert miljøregnskap skal beskrives i en verifikasjonsrapport, hvor personen som står ansvarlig for organisasjonens miljøstyringssystem skal identifiseres, og perioden verifikasjonsrapporten skal gjelde for skal påpekes.



## **2) Identify sources, sink, and reservoirs (SSRs) relevant for the project**

Organisasjonen skal identifisere og dokumentere kilder som kan forårsake gassutslipp til atmosfæren eller ta opp klimagasser fra atmosfæren, som kan være relevant for prosjektet. Dette kan for eksempel være utslipp fra biler, mennesker eller bygninger, eller klimanøytrale tjenester som "carbon offsetting".

## **3) Determine the baseline scenario**

Basert på foregående punkt, skal bedriften beskrive et "Baseline scenario". Det vil si, å beskrive hva som er dagens situasjon i henhold til hva som inngår i dagens miljøstyringssystem, og påpeke faktorer og forhold som er endret i dagens miljøstyringssystem fra tidligere år.

## **4) Identify SSRs for the baseline scenario**

Beskriv metodikken som er benyttet for å identifisere relevante kilder for prosjektet.

### **Defining Organizational boundaries**

Når man kalkulerer klimagassutslipp skal organisasjonen definere driftens "grenser" for hvilket utslipp organisasjonen står ansvarlig, og deretter definere om det er mest passende å benytte en "Control approach" eller en "Equity share approach" når man kalkulerer klimagassutslippet for organisasjonen. Hvilken metode man benytter vil avhenge av hvilke ressurser organisasjonen har eierskap eller kontroll over. For eksempel, "Control approach" velger man når bedriften eier eller har kontroll over aktivitetene som forårsaker klimagassutslipp, mens "equity share approach" velger man å benytte når bedriften bare er del-ansvarlig for klimagassutslippet fra aktivitetene. Dette er beskrevet i mer detalj nedenfor.

### **"Control Approach"**

Bedriften velger å benytte en "Control approach" som kalkuleringsmetode når den har kontroll over operasjonen, eller eier aktivitetene som forårsaker klimagassutslippet og dermed står ansvarlig for 100% av klimagassutslippet fra aktivitetene/ ressursene. Bedriften kan ha både:

Finansiell kontroll, det vil si, at bedriften kan endre retningslinjene for aktivitetene og dra finansiell nytte av det, eller at organisasjonen bærer risikoen og fortjenesten knyttet til operasjonen og tilhørende aktiviteter.

Operasjonell kontroll, har organisasjonen når den er å regne som operatør av fasilitetene og har den fulle rett til å introdusere og implementere retningslinjer for operasjonen.

### **"Equity share approach"**

Når organisasjonen står som deleier av fasilitetene/ ressursene i organisasjonen, som det skal regnes klimagassutslipp for i prosjektet, er det naturlig å velge å benytte "Equity share approach" når man kalkulerer utslippet. Et eksempel kan være, om en organisasjon deler terminaldrift med andre organisasjoner. Med denne metoden regnes utslippet fra terminalen avhengig av hvor stor prosentdel av terminalen bedriftene eier.

Organisasjonen skal dokumentere hvilken metode de velger å benytte. Valget avhenger av om organisasjonen står for 100 % av utslippet fra fasilitetene og ressursene, eller står for deler av det totale utslippet fra ressursene.

### **5) Select relevant SSRs for monitoring or estimating GHG emissions**

Etter å ha identifisert og dokumentert kilder som forårsaker utslipp til atmosfæren som organisasjonen er ansvarlig for, skal organisasjonen redegjøre for hvilke klimagasser det er relevant for organisasjonen å estimere i miljøstyringssystemet og begrunne hvorfor andre gasser ikke er relevant. Deretter skal kildene deles inn i tre scope.

#### **Defining (CO<sub>2</sub>e) relevant for the project**

Organisasjonen skal begrunne hvilke klimagasser det er relevant å kalkulere i prosjektet. Klimagasser kan være alle gasser som forårsaker utslipp til atmosfæren. Det kan være både "globale" og "lokale" gasser. CO<sub>2</sub>e er en forkortelse for det engelske uttrykket "carbon dioxide equivalent" (CO<sub>2</sub>e).

#### **Defining Operational boundaries**

Aktivitetene og ressursene som inngår i prosjektet som forårsaker gassutslipp eller tar opp klimagasser fra atmosfæren, skal kategoriseres inn under tre "scope".

- "Scope 1" er gassutslipp fra de aktivitetene organisasjonen er direkte ansvarlig.
- Klimagassutslipp kategorisert som "scope 2" er klimagassutslipp fra elektrisitet som organisasjonen kjøper og forbrenner. Når elektrisiteten benyttes i fasiliteter organisasjonen eier, defineres utslippet som scope 2, mens om elektrisiteten benyttes i fasiliteter utenfor bedriftens "grenser", som for eksempel er outsourced, kan utslippet defineres som "scope 3".
- Scope 3 er utslipp fra aktiviteter som andre organisasjoner er ansvarlige for, eller som er satt bort til en tredjepart.

Bedriften skal i henhold til ISO 14064 kalkulere utslipp fra aktiviteter og ressurser som kan betegnes som scope 1 og 2, mens det er frivillig om organisasjonen vil estimere og rapportere utslippet som er definert som scope 3.

### **6) Quantify emissions and removals**

Kalkulering av klimagassutslipp for organisasjoner innebærer flere trinn. Først skal organisasjonen identifisere kildene som forårsaker klimagassutslippet fra organisasjonen, som påpekt ovenfor. Deretter skal organisasjonen velge mest passende metode for miljøstyringssystemet/ kalkuleringen. Videre skal man velge de mest relevante og oppdaterte dataene (aktivitetsdataene og utslippsfaktorene) som vil resultere i mest mulig reliable utslippstall.

#### **Selection and collection of methodology, activity data and emission factors**

Når man kalkulerer klimagassutslipp er det vesentlig at man velger en metode, data og utslippsfaktorer som sikrer reliable resultater, minimerer usikkerhet, og optimerer nøyaktighet.

Alle faktorer som kan gjøre resultatene usikre skal dokumenteres. Usikre faktorer kan inkludere: mangel på data, valg av utslippsfaktorer, eller metoden som benyttes i kalkylene.

- **Methodology**

Metodikken som velges skal komme fra en anerkjent kilde og bør minimere usikkerhet, og sikre nøyaktige, riktige og reliable resultater fra klimaregnskapet, samtidig som metoden skal bidra til konsistente resultater. Organisasjonen skal begrunne valg av metode og retningslinjer.

- **Activity data**

Aktivitetsdataen som benyttes skal samles i henhold til valgt retningslinje. Dataen skal være oppdatert og komme fra anerkjente kilder for å sikre reliable resultater.

- **Emission factors**

Utslippsfaktorene som benyttes i klimakalkulatoren skal hentes fra en anerkjent kilde, minimere usikkerhet og sikre korrekte resultater. Det vil si at utslippsfaktorene som benyttes bør være relevant og spesifikk for aktivitetsdataen man har.

- **Calculations**

Når man kalkulerer klimagassutslipp påpeker ISO 14064 at:

- Klimagassutslipp skal kalkuleres ved å multiplisere aktivitetsdataen med en relatert utslippsfaktor.
- Utslipet skal kalkuleres i henhold til retningslinjene som er presentert i valgt metodikk.
- Resultatene skal uttrykkes som tonn CO<sub>2</sub>e. Hvor resultatene skal omformuleres fra for eksempel CO<sub>2</sub> til CO<sub>2</sub>e ved å benytte relaterte ”global warming potential” (GWP) faktorer. Faktorene kan studeres i vedlegg 1.
- Der hvor det er stor grad av usikkerhet i resultatene på grunn av usikre faktorer, skal man sette forutsetninger og dokumentere disse.
- Organisasjonen skal i tillegg gjøre rede for data tilgjengelighet og pålitelighet, og data begrensninger som kan påvirke resultatene fra kalkulasjonene.

## **7) Quantify emission reductions and removal enhancements**

Organisasjonen skal gjøre rede for etablerte og implementerte kriterier, prosedyrer og metoder som er benyttet for å kalkulere klimagassutslippsreduksjoner. Det innebærer både å vise hvordan bedriften har kalkulert hvor mye av utslippet som er fjernet fra atmosfæren (for eksempel karbonfangst), og gjøre rede for hvilken metode som er benyttet for å sammenlikne dagens klimagassutslippsnivå med tidligere års utslippsnivå. (Et eksempel kan være å sammenlikne utslippet fra kontorvirksomheten over en tidsperiode og vise hvordan utslippet er redusert årlig.) Metoden som er benyttet for å kalkulere utslippsreduksjonene skal beskrives i henhold til punkt 2.6.1 i dette notatet.

## **8) Manage data quality**

Etabler og implementer kvalitetsledelses prosedyrer (quality management) for å sikre relevant data og informasjon til miljøstyringssystemet og minimere usikkerhet knyttet til resultatene fra

kalkuleringen. Organisasjonen skal beskrive hvilke kriterier, rutiner, prosesser bedriften har etablert for å forhindre og bedre feil i miljøstyringssystemet og kalkulasjonene, i tillegg til å beskrive hvilke rutiner som er implementert for å sikre at aktivitetsdata, utslippsfaktorene, prosessene og operasjonene i styringssystemets er kontinuerlig oppdatert. Dette for å redusere usikkerhet knyttet til resultatene. Også endringer utført i miljøstyringssystemet skal dokumenteres.

### **9) Monitor the GHG project**

Etabler kriterier og prosedyrer for anskaffelse, registrering og analyse av data og informasjon som er viktig for kalkulering og rapportering av klimagasser.

### **10) Document the GHG project**

Organisasjonen må dokumentere at klimagassprosjektet/ miljøstyringssystemet utføres i henhold til ISO 14064. Dokumentet skal beskrive klimaprojektet i henhold til punktene som er påpekt i dette notatet.

### **11) Validation and/or verification**

Et dokument skal leveres til en utenforstående og nøytral verifiserer som kan kvalitetssikre miljøstyringssystemet, ved å undersøke om styringssystemet er utført i henhold til prinsippene som er presentert i ISO 14064 standarden, eller slik det er beskrevet i dette notatet. Det skal være en kvalifisert utenforstående som verifiserer prosjektet. Verifiseringen skal skje i henhold til ISO 14064 del 3.

### **12) Report GHG project**

Organisasjonen skal levere en rapport til en kvalifisert utenforstående som kan gi miljøstyringssystemet ISO sertifisering. Rapporten som leveres til verifiserer skal minimalt inneholde følgende:

- Prosjektets navn
- Beskrivelse av klimagassprogrammet som benyttes
- En liste som viser organisasjonens klimagassutslipp, klimagass reduksjoner og mengden utslipp absorbert fra atmosfærer, som skal uttrykkes i CO<sub>2</sub>e tonn.
- Understreke om prosjektet er verifisert og validert, i tillegg til å kommentere hvordan prosjektet er blitt verifisert og grad av sikkerhet i prosjektet.
- En kortfattet oversikt som beskriver prosjektet, størrelsen på prosjektet, lokalisering, prosjektets varighet og hvilke aktiviteter som inngår.
- En redegjørelse av totalt klimagassutslippet, og bedriftens strategi for å absorbere klimagasser fra atmosfæren, uttrykt i CO<sub>2</sub>e tonn for den relevante tidsperioden.
- Redegjøre for totalt klimagassutslipp og karbonnøytrale tjenester som er relevant for prosjektets "baseline scenario" og tidsperioden, uttrykt i CO<sub>2</sub>e tonn.
- Beskrive "baseline scenario" og beskrive hvilke klimagassreduksjoner prosjektet har resultert i.

- Beskrive prosjektets varighet, om prosjektet er utført i henhold til ISO 1406, og om styringssystemet er verifisert av en utenforstående kvalifisert aktør/ person.
- Beskrive kriteriene, prosedyrene og praktiseringen som er brukt som en basis for å kalkulere klimagassutslippet og klimagass utslippsreduksjoner.
- Dato rapporten ble ferdig og tiden rapporten skal gjelde for.

# Vedlegg 7

Global warming potential (GWP) faktorer

### Global warming potential (GWP) faktorerer

Vedlegget viser en oversikt over "GWP" faktorerer for en 100 års periode, som Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) har publisert i 1996 i rapporten: "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Reporting Instructions". Artikkelen kan lastes ned fra <http://www.ipcc.ch>.

**Table B.1**

Gas	Chemical formula	IPCC 1996 Global warming potential
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	1
Methane	CH <sub>4</sub>	21
Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	310
<b>Hydrofluorocarbons (HFCs)</b>		
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	11 700
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	650
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	150
HFC-43-10mee	C <sub>5</sub> H <sub>2</sub> F <sub>10</sub>	1 300
HFC-125	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub>	2 800
HFC-134	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> (CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> )	1 000
HFC-134a	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> (CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub> )	1 300
HFC-143	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> F)	300
HFC-143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> )	3 800
HFC-152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> )	140
HFC-227ea	C <sub>3</sub> HF <sub>7</sub>	2 900
HFC-236fa	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	6 300
HFC-245ca	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	560
<b>Hydrofluoroethers (HFEs)</b>		
HFE-7100	C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> OCH <sub>3</sub>	500
HFE-7200	C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	100
<b>Perfluorocarbons (PFCs)</b>		
Perfluoromethane (tetrafluoromethane)	CF <sub>4</sub>	6 500
Perfluoroethane (hexafluoroethane)	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9 200
Perfluoropropane	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	7 000
Perfluorobutane	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	7 000
Perfluorocyclobutane	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	8 700
Perfluoropentane	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	7 500
Perfluorohexane	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	7 400
Sulfur hexafluoride	SF <sub>6</sub>	23 900