

# Transitt, offshore og Fartøysbevegelser i godsmodeller

Inger Beate Hovi  
Viggo Jean-Hansen  
Ingar Kjetil Larsen

Denne publikasjonen er vernet etter Åndsverklovens bestemmelser, og Transportøkonomisk institutt (TØI) har eksklusiv rett til å råde over artikkelen/ rapporten, både i dens helhet og i form av kortere eller lengre utdrag.

Den enkelte leser eller forsker kan bruke artikkelen/rapporten til eget bruk med følgende begrensninger:

Innholdet i artikkelen/rapporten kan leses og brukes som kildemateriale.

Sitater fra artikkelen/rapporten forutsetter at sitatet begrenses til det som er saklig nødvendig for å belyse eget utsagn, samtidig som sitatet må være så langt at det beholder sitt opprinnelige meningsinnhold i forhold til den sammenheng det er tatt ut av. Det bør vises varsomhet med å forkorte tabeller og lignende. Er man i tvil om sitatet er rettmessig, bør TØI kontaktes. Det skal klart fremgå hvor sitatet er hentet fra og at TØI har opphavsretten til artikkelen/rapporten. Både TØI og eventuelt øvrige rettighetshavere og bidragsyttere skal navngis.

Artikkelen/rapporten må ikke kopieres, gjengis, eller spres utenfor det private område, verken i trykket utgave eller elektronisk utgave. Artikkelen/rapporten kan ikke gjøres tilgjengelig på eller via Internett, verken ved å legge den ut på nettet, intranettet, eller ved å opprette lenker til andre nettsteder enn TØIs nettsider. Dersom det er ønskelig med bruk som nevnt i dette avsnittet, må bruken avtales på forhånd med TØI. Utnyttelse av materialet i strid med Åndsverkloven kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

---

**Tittel:** Transitt, offshore og fartøysbevegelser i godsmodeller

**Forfatter(e):** Inger Beate Hovi; Viggo Jean-Hansen; Ingar Kjetil Larsen

TØI rapport 697/2004  
Oslo, 2004-01  
58 sider  
ISBN 82-480-0402-3  
ISSN 0802-0175

**Finansieringskilde:**

NTP Arbeidsgruppe for transportanalyser;  
Fiskeridepartementet

**Prosjekt:** 2914 Fartøyer i NEMO

**Prosjektleder:** Inger Beate Hovi

**Kvalitetsansvarlig:** Kjell Werner Johansen

**Emneord:**

NEMO; Nettverksmodell; Godstransport;  
Offshoretransport; Transitt

**Sammendrag:**

Foreliggende rapport oppsummerer arbeidet i tre prosjekt som alle har gått ut på å utvide avendelsesområdet til godstransportmodellen NEMO. Dette har vært: 1) å inkludere transitttransport på norsk område, 2) å inkludere transportene til og fra Kontinentalsokkelen, og 3) å utvide anvendelsesområdet til nettverksmodellen slik at denne også kan estimere antall fartøy eller kjøretøy på snitt i transportnettverket.

**Title:** Transit, offshore and vessel movements in freight transport models

**Author(s):** Inger Beate Hovi; Viggo Jean-Hansen; Ingar Kjetil Larsen

TØI report 697/2004  
Oslo: 2004-01  
58 pages  
ISBN 82-480-0402-3  
ISSN 0802-0175

**Financed by:**

Joint workgroup for transport analyses; Ministry of Fisheries

**Project:** 2914 Vessel movements in the national model for freight transport in Norway (NEMO)

**Project manager:** Inger Beate Hovi

**Quality manager:** Kjell Werner Johansen

**Key words:**

NEMO; Network Model; Freight transport; Offshore Transport; Transit

**Summary:**

This report summarises the main work in three different projects, where the common aim has been to extend the range of uses of the national network model for freight in Norway (NEMO). The main work in the project has been: 1) to include transit transport on Norwegian territory, 2) to include petroleum transports from and supply transport to the continental shelf, and finally 3) to expand the area of applications in the model in the way that the model also can estimate the number of vehicles in sections of the infrastructure network.

**Language of report:** Norwegian

---

Rapporten kan bestilles fra:  
Transportøkonomisk institutt, biblioteket,  
Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - Telefax 22 57 02 90  
Pris kr 150

The report can be ordered from:  
Institute of Transport Economics, the library,  
PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway  
Telephone +47 22 57 38 00 Telefax +47 22 57 02 90  
Price NOK 150

---

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2004

Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961  
Ved gjengivelse av materiale fra publikasjonen, må fullstendig kilde oppgis

# Forord

Godstransportmodellen NEMO har til nå omfattet transport mellom kommuner i Norge og til/fra utlandet. Dette innebærer at viktige transporter knyttet til transittransport og offshorevirksomheten i Nordsjøen ikke inngår i transportmodellen. Det har også vært savnet en metode for å beregne antall transportmidler eller fartøy på gitte lenker i transportnettverket. Med dette som utgangspunkt er det foreliggende arbeid gjennomført på oppdrag for NTP Transportanalyser og Fiskeridepartementet. Rapporten oppsummerer arbeidet i følgende tre prosjekter: *Utenriks transitt i NEMO*, *Offshoretransport i NEMO* og *Fartøysbevegelser i NEMO*.

Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Oskar Kleven som er prosjektleder for NTP Transportanalyser. Underveis i prosjektarbeidet har det vært ett møte med arbeidsgruppen for NTP godstransportanalyser.

Prosjektarbeidet ved TØI har vært ledet av cand oecon Inger Beate Hovi. Cand polit Ingar Kjetil Larsen har skrevet kapittel 3.1 til 3.3. Siv ing Vegard Røine Stenerud implementerte kontinentalsokkel og transportnettverket som forbinder denne med fastlandet som del av en sommerjobb, sommeren 2003. Dette arbeidet er dokumentert i kapittel 3.4. Cand oecon Viggo Jean-Hansen har skrevet kapittel 3.5 og 4.4. Inger Beate Hovi har hatt hovedansvaret for å skrive rapporten, og har skrevet kapitlene 1, 2, 4.1 til 4.3, 4.5 og 4.6. Avdelingsleder Kjell Werner Johansen har stått for den endelige kvalitetssikringen. Avdelingssekretær Laila Aastorp Andersen har hatt ansvaret for layout på rapporten.

Oslo, januar 2004  
Transportøkonomisk institutt

*Sønneve Ølnes*  
konst. instituttsjef

*Kjell Werner Johansen*  
avdelingsleder

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>I</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Transitttransport</b> .....	<b>2</b>
2.1 Metodisk opplegg.....	2
2.2 Datagrunnlag.....	3
2.3 Omfang av transitt.....	3
2.3.1 Direkte transitt.....	3
2.3.2 Transittering av varer.....	5
2.4 Transportnettverk.....	8
2.5 Kostnadsfunksjoner.....	8
<b>3 Offshoretransport</b> .....	<b>9</b>
3.1 Varegrupper.....	9
3.2 Soneinndeling.....	10
3.3 Transport til og fra kontinentalsokkelen.....	10
3.3.1 Petroleum.....	10
3.3.2 Forsyningstransport.....	13
3.4 Transportnettverk mellom kontinentalsokkelen og fastlandet.....	15
3.4.1 Rørtransport.....	15
3.4.2 Sjøtransport.....	16
3.5 Kostnadsfunksjoner for petroleumstransport.....	16
3.5.1 Beregning av faste og variable kostnader.....	17
3.5.2 Transportmarkedet for olje og gass.....	20
3.5.3 Utforming av kostnadsfunksjon.....	21
<b>4 Fartøysbevegelser</b> .....	<b>25</b>
4.1 Begrensninger og føringer i modellverktøyet.....	25
4.2 Tomme transportmidler i godsmodellen.....	26
4.2.1 Begreper.....	26
4.2.2 Metode.....	27
4.2.3 Eksempel: NVE-modellen.....	28
4.3 Beregning av sannsynligheter for ikke å få returlast.....	29
4.4 Beregninger av lastvekt for skip i innen og utenriksfart.....	33
4.4.1 Definisjon av begrep.....	33
4.4.2 Datagrunnlag.....	34
4.4.3 Gjennomsnittlig lastvekt for skip i innen- og utenriksfart.....	35
4.4.4 Stykkgodsskip.....	36
4.4.5 Bulkskip.....	36
4.4.6 Kombinerte skip i bulk- og stykkgodsfart.....	37
4.4.7 Tankskip.....	37
4.4.8 Containerskip ro-ro.....	38
4.4.9 Oppsummering.....	38
4.4.10 Store og små havner.....	39
4.4.11 Hvordan fordele skipstype på Nemo-varer.....	41
4.4.12 Stabilitet i lastvektresultatene.....	42
4.4.13 Lastefaktor.....	44
4.5 Implementering i NEMO.....	46
4.6 Usikkerhet.....	48
<b>5 Referanser</b> .....	<b>50</b>
<b>Vedlegg</b>	

Sammendrag:

# Transitt, offshore og fartøysbevegelser i godsmodeller

## Innledning

Foreliggende rapport er en samlerapport som oppsummerer arbeidet i tre prosjekt, som alle har hatt til formål å utvide anvendelsesområdet til godstransportmodellen NEMO. Det ene prosjektet har gått ut på å inkludere transitttransport i transportmodellen. Det andre prosjektet gikk ut på å inkludere transportene til og fra oljeinstallasjonene på kontinentalsokkelen i NEMO, mens det tredje prosjektet har gått ut på å forbedre transportmodellen, slik at den kan estimere antall transportmidler som passerer gitte snitt i transportnettverket.

## Transitttransport

Fra Toll og avgiftsdirektoratet har vi fått definisjon på to ulike typer av transitttrafikk:

### 1. Direkte transitt

Med direkte transitt menes varer i sendinger som omlastes direkte eller lagres midlertidig i Norge når det av leverandørens dokumenter fremgår at varene er bestemt til vareeier hjemmehørende *utenfor norsk tollområde*, herunder utenlandske fartøyer/luftfartøyer i utenriksfart o.l. Sendingen må være under Tollvesenets kontroll. Det er ut fra Utenriks-handelsstatistikken mulig å finne omfanget av denne prosedyren.

### 2. Transittering av varer

Med transittering av varer menes en tollprosedyre hvor varer transporteres under Tollvesenets kontroll fra et tollsted i et land til et tollsted i det samme eller i et annet land, der minst en grense krysses. Reglene for transittering er hjemlet i Konvensjonen om en felles transitteringsprosedyrer av 20. mai 1987 (Transitteringskonvensjonen). Prinsippene for Transittkonvensjonen innebærer at det må stilles sikkerhet for hver forsendelse, og at en fysisk eller juridisk person må være ansvarlig for at forsendelsen skjer i henhold til konvensjonens bestemmelser. Som eksempel faller malmtransporten på Ofofbanen (fra Kiruna i Sverige til Narvik havn) under denne transitteringsdefinisjonen. Det blir ikke ført noen form for statistikk over denne transitteringsprosedyren i Norge og det finnes derfor ikke oversikt over omfanget. Dette gjør at det er vanskelig å skaffe seg en total oversikt over omfanget av utenriks transitttransport på norsk område.

## Omfang av transitt

### Direkte transitt

Direkte transitt utgjør bare en mindre andel av samlet eksport (under 1 prosent). 'Diverse stykk gods' (varegruppe 5 i NEMO) er den største varegruppen i direkte transitt, og utgjør 65 prosent av transitten. 'Transportmidler og maskiner' og 'Malmer og metallavfall' er de to nest største gruppene med hhv 11 og 10 prosent av direkte transitt.

---

Rapporten kan bestilles fra:

Transportøkonomisk institutt, Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo

Telefon: 22 57 38 00 Telefax: 22 57 02 90

Transittandelen etter varegruppe er høyest for 'Transportmidler og maskiner' med 13 prosent, 'Matvarer' med 8 prosent og 'Malmer og metallavfall' med 5 prosent. Sjøtransport er viktigste transportmiddel ved direkte transitt, 76 prosent av alt transittgodset går ut av landet på sjø, 17 prosent går på veg, mens de resterende 6 prosent går med ferger. Andelen containertransport i transitttransport er mer utbredt enn for eksport generelt, og ligger for tre av varegruppene mellom 25 og 30 prosent 'Matvarer', 'Fisk' og 'Malmer og metallavfall'.

#### Transittering av varer

Omfanget av denne transitteringsprosedyren er vanskelig tilgjengelig da det ikke finnes noen offentlig statistikk som viser det samlede omfanget. Vi har her tatt med malm fra Kiruna i Sverige som fraktes med jernbane til Narvik, der det omlastes til skip for videre transport. Omfanget av denne transporten er om lag 25 prosent av samlet eksport. I tillegg har vi tatt med oljetransportene som vil gå langs hele eller deler av norskekysten fra Murmansk. I videste forstand kan også transport av varer fra landene rundt Østersjøen til kontinentet vest for Danmark regnes som transitt på norsk område. Vi har ikke lagt disse transportene inn i modellen, men har tallene tilgjengelig fra et tidligere EU-prosjekt som TØI har vært med på, slik at de kan inkluderes i modellen hvis behov.

## Offshoretransport

Med offshoretransport menes her transport av petroleumsprodukter fra oljeinstallasjonene på kontinentalsokkelen til fastlandet, transport av petroleum fra terminaler i Norge som ikke er bearbejdet på fastlandet, samt forsyningstransport fra fastlandet til oljeinstallasjonene på kontinentalsokkelen. I tillegg har vi for oversiktens skyld også inkludert eksport av raffinerte petroleumsprodukter fra fastlands-Norge. Disse transportene lå allerede inne i NEMO.

#### Varegrupper

Vi finner det i modellen mest hensiktsmessig å skille mellom olje (flytende produkter) og gass (tørrgass). Bakgrunnen er at de største mengdene av flytende produkter er olje, slik at det gir små utslag å inkludere andre flytende produkter (som kondensat og våtgass) i samme varegruppe. Kondensat og våtgass benytter uansett ofte samme transportløsning som olje, f eks transporteres olje og våtgass fra Ekofisk til Teeside gjennom samme rørledning.

#### Soneinndeling

Det er lite hensiktsmessig å implementere hvert enkelt felt på kontinentalsokkelen i godstransportmodellen. Dette fordi det varierer fra år til år hvilke felt som er i drift, og infrastrukturen er ofte slik at olje og gass transporteres via rør fra en plattform til en annen. Vi har derfor slått sammen flere felt til syv produksjonsområder i modellen, som framkommer i tabell 1. Felt som er satt sammen til områder har geografisk nærhet til hverandre, og i mange tilfeller deles rør- eller sjøtransportløsninger.

Tabell 1. Inndeling i områder (soner) på kontinentalsokkelen til bruk i NEMO. TØI rapport 697/2004

Havområde	Norskehavet	Sørlige Nordsjø	Nordlige Nordsjø			Barentshavet	
NEMO-soner	Norskehavet 2301	Sleipner 2305	Ekofisk 2306	Frigg 2302	Statfjord 2303	Oseberg 2304	Snøhvit 2307
	Draugen	Balder	Ekofisk	Frigg	Gullfaks	Brage	Snøhvit
	Heidrun	Gungne	Eldfisk	Frøy	Gullfaks Sør	Oseberg	Askeladden
	Njord	Sleipner	Embla	Heimdal	Murchinson	Oseb. Øst	Albatross
	Norne	Vest	Gyda	Jotun	Snorre	Troll	
	Åsgard	Sleipner	Hod	Lille-Frigg	Statfjord		
		Øst	Tor		Statfj. Nord		
			Ula		Statfjord Øst		
			Valhall		Tordis		
			Varg		Veslefrikk		
			Yme		Vigdis		
					Vidsund		

### Transport til og fra kontinentalsokkelen

For beregning av matriser for transport av olje og gass av olje benyttes produksjonstall for norsk sokkel. Vi har brukt tall fra 1999, basert på data fra Oljedirektoratet. Tallene er beregnet ut fra norske eierandeler på ulike felt.

For omregning fra volum til masse for olje og kondensat har vi benyttet gjennomsnittsvekten til disse produktene ved sjøtransport i 2002, som vi har fått informasjon om fra Oljedirektoratet.

Tabell 2. OD-matrise – olje, kondensat og raffinerte produkter. Tall i 1000 tonn. TØI rapport 697/2004.

	Slagentangen	Kårstø	Sture	Mongstad	Eksport	Sum
Slagentangen					2 898	2 898
Kårstø					7 052	7 052
Sture			189		17 244	17 433
Mongstad	2 700				27 677	30 377
Norskehavet				10 052	18 339	28 391
Frigg	878		448		1 199	2 525
Statfjord	198		1 640	7 163	32 669	41 670
Oseberg			20 439	11 057		31 496
Sleipner	1 453	6 472			908	8 833
Ekofisk					24 645	24 645
Teeside					29 934	29 934
Sum	5 229	6 472	22 716	28 272	162 565	225 254

Kilde: Oljedirektoratet og SSBs Utenrikshandelsstatistikk.

Tørrgassen på norsk sokkel transporteres via rør til terminal på fastlandet. Dette er rikgass som behandles på raffineriene. I praksis skjer dette på bakgrunn av bestilling av kunde, som igjen bestemmer hvilken blanding den eksporterte gassen skal bestå av.

Tabell 3. OD-matrise – tørrgass. Tall i 1000 tonn. TØI rapport 697/2004.

	Kårstø	Kollsnes	Tjeldberg- odden	Sleipner	Emden	Dun- querqe	Zee- brugge	St Fergus	Sum
Kårstø				1 985	2 285				4 270
Kollsnes				18 686					18 686
Norskehavet			503						503
Frigg	655							479	1 134
Statfjord	3 491							3	3 494
Oseberg	124	19 631							19 755
Sleipner					12 081	5 296	9 088		26 465
Ekofisk					4 188				4 188
<b>Sum</b>	<b>4 270</b>	<b>19 631</b>	<b>503</b>	<b>20 671</b>	<b>18 554</b>	<b>5 296</b>	<b>9 088</b>	<b>482</b>	<b>78 495</b>

Kilde: Oljedirektoratet og SSBs Utenrikshandelsstatistikk.

### Forsyningstransport

Oljeplattformene i Nordsjøen mottar forsyninger via forsyningsbaser på fastlandet. I godstransportmodellens referanseår (1999) var det de syv baseområdene Helgeland, Kristiansund, Florø, Mongstad, Ågotnes (Sotra), Risavika/Sola og Dusavika det i hovedsak ble transportert forsyninger fra. I årene rundt 1999 var det videre ikke noe aktivitet for basene nord for Helgelandsbase (Nordbase i Harstad og Polarbase i Hammerfest).

Hovedforsyningsbasene til hvert enkelt produksjonsfelt er oppgitt i OEDs Faktahefte (2002). Feltene kan motta forsyninger fra andre baser enn hovedforsyningsbasene, men tall for godsmengde fra hver forsyningsbase til hvert enkelt felt har vært vanskelig tilgjengelig.

Tabell 4. Forsyningstransport etter hovedbaser til områdene i Nordsjøen. 1000 tonn. 1999. TØI rapport 697/2004.

Fra	Til	Norske- havet	Sørlige Nordsjø	Nordlige Nordsjø	Stykk gods	Flytende bulk	Annet
Tananger/Sola			X				
Dusavik			X	X			
Ågotnes/Sotra				X			
Mongstad				X			
Florø				X			
Kristiansund		X					
Sandnessjøen		X					
<b>Sum</b>		<b>661</b>	<b>636</b>	<b>948</b>	<b>40%</b>	<b>45%</b>	<b>15%</b>

Vi har ikke hatt tilgang til tall fra basene for 1999, og har derfor benyttet tilgjengelige årlige tall i perioden 2000-2002. Vi har sammenliknet nivået på forsyningstransportene med tilsvarende tall i SSBs Undersøkelse av egen- og leietransporten på kysten fra 1993. Forsyningstransportene i SSBs undersøkelse i 1993 var nesten 40 prosent høyere enn det vi er kommet fram til for 2002. Avviket kan skyldes flere ting. For det første er det usikkerhet både i datamaterialet knyttet til tellingene, men også det materialet vi har samlet inn er beheftet med usikkerhet. Tellingene fra 1993 er en utvalgsundersøkelse der et utvalg av skip har innrapportert alle turer i en periode på to høstmåned. Dette danner grunnlag for oppblåsning til årstotal, som kan bli skjevt dersom aktiviteten i disse to høstmånedene avviker fra gjennomsnittet for året. Det kan også være at forsyningstransportene faktisk er redusert i fra 1993 til 2002, da en kan ha gått fra en utbyggingsfase, til mer drift. Vi velger derfor å beholde det nivået som vi er kommet fram til for 2002 i tabell 3.6 når vi



implementerer forsyningstransportene i NEMO. Dette er da også eneste kilde vi har som viser hvilke baser som leverer til ulike produksjonsfelt i Nordsjøen.

### **Transportnettverk mellom kontinentalsokkelen og fastlandet**

Det er etablert et nettverk for rørtransport mellom kontinentalsokkelen og fastlandet i NEMO på grunnlag av røرنettverket slik det er beskrevet i faktaheftet fra Olje- og Energidepartementet. Nettverket skal omfatte de essensielle rørforbindelsene for transport av olje, gass og kondensat fra den norske kontinentalsokkelen.

For sjøtransport av petroleum er kontinentalsokkelen bundet sammen med nettverket for utenriks bulkfart i NEMO. Innenriks sjønettverk i modellen skal representere forsyningstransportene ut til kontinentalsokkelen, dette er bundet sammen med kontinentalsokkelen i NEMO.

### **Kostnadsfunksjoner for rørtransport**

#### **Terminalkostnader**

Med terminalkostnader regnes kostnader som rørselskapet må påregne ved å få oljen og gassen hhv inn i og ut av rørsystemet. Terminalkostnadene varierer med volumet av olje eller gass som sendes gjennom rørsystemet, men ikke av hvor langt olje eller gassen transporteres.

For å beregne terminalkostnadene tas det utgangspunkt i de faste kostnadene fra sektoren rørtransport av olje- og gass i Nasjonalregnskapet. Disse kostnadene divideres med mengde olje/gass gjennom rørsystemet. Vi får da en terminalkostnad på 79 kr pr tonn. Da det er terminalkostnader både knyttet til inn- og uttransporten, må kostnaden divideres med 2 for å få kostnaden i hver ende av transportkjeden.

Fra St. melding nr 9 (2002-2003) Om innenlands bruk av naturgass mv er terminalkostnadene beregnet til kr 78,88 pr tonn. Dette viser med andre ord at beregningene våre støttes fullt ut av det som er lagt til grunn i St. melding nr 9 (2002-2003)

#### **Variable kostnader**

Variable kostnader er kostnader som varierer med omfanget av transporten, dvs både hvor mye som transporteres, men også hvor lang transporten er. For å beregne disse kostnadene tas det utgangspunkt i de variable kostnadene fra sektoren rørtransport av olje og gass fra Nasjonalregnskapet, og dividerer med transportarbeidet<sup>1</sup> som utføres av olje og gass i rørledning.

De variable kostnadene for rørtransport har ligget rimelig konstant mellom 7 og 9 øre i perioden 1998 til 2002. Et rimelig anslag på de variable kostnadene er 8 øre pr tonnkilometer for rørtransport.

Fra St. melding nr 9 (2002-2003) Om innenlands bruk av naturgass mv er det variable kostnadsleddet beregnet til å være mellom 3 og 7 øre pr tonnkilometer. Det variable leddet vi har kommet fram til, ligger noe i overkant av dette. Det kan skyldes at nivået på transportarbeidet for rørtransport (spesielt knyttet til eksporten) er blitt noe lav i våre beregninger.

---

<sup>1</sup> For en mer detaljert framstilling av hvordan transportarbeidet for olje og gasstransport i rør er framkommet, vises det til Jean-Hansen (2003).

## Fartøysbevegelser

I godstransportmodellen NEMO beregnes transportarbeid for hvert transportmiddel på grunnlag av matriser for godsstrømmer mellom kommuner i Norge og mellom kommuner i Norge og utlandet. For mange formål er det mer hensiktsmessig å kunne hente ut opplysninger om trafikkarbeid eller antall fartøy/kjøretøy som passerer eller anløper snitt i nettverket.

Godstransportmodellen NEMO er implementert i modellverktøyet STAN, som legger føringer for hva som er mulig å få til ved beregning av antall transportmidler i modellen.

Transportmodellen består av fire hovedelementer: 1) Matriser som skal representere godsstrømmer 2) Nettverk som skal representere transportinfrastrukturen, 3) Kostnadsfunksjoner som skal representere transportørens operative kostnader relatert til framføring av godset, samt vareeiers kvalitative (ikke betalte) kostnader knyttet til at det tar tid å transportere godset og at det er risiko knyttet til forsinkelse og skade på godset under transporten, og endelig 4) Optimaliserings og nettutleggingsprosedyrer.

Valg av transportløsning bestemmes ut fra den transportkjede og transportrute som fører til at samlede transportkostnader minimeres. For en varegruppe og en kombinasjon av til- og frasone, fordeles alt gods til en transportkjede i modellen. Ut fra plott i modellverktøyet får man oversikt over hvilke godsvolum som transporteres på ulike snitt i nettverket.

Med dette som utgangspunkt er det en del føringer og begrensninger som ligger til grunn for å beregne antall transportmidler på snitt i nettverket i STAN:

1. Antall transportmidler med last beregnes på grunnlag av transportmiddelfordelte godsstrømmer, ved å benytte omregningsfaktorer for gjennomsnittlig lastvekt pr tur (med last).
2. En må benytte en felles lastfaktor for hvert transportmiddel, men faktoren kan variere mellom transportmidler og vareslag.
3. Modellverktøyet behandler ikke transportruter, men fordeler godset på direkterelasjoner, dvs fra/til-relasjoner. For skip som går i faste rutemønstre, dvs at flere havner anløpes underveis på en tur, medfører det et avvik mellom lastmengde pr anløp og gjennomsnittlig last pr skip. Da vi ikke har hatt opplysninger om lastvekt pr anløp i havn, men gjennomsnittlig lastmengde pr skip, vil det kunne føre til at man i noen grad overestimerer antall fartøy i ytre farleder, men en burde treffe rimelig bra i den del av leden som går ut og inn av havn. For noen varegrupper vil dette være et større problem enn for andre, spesielt er det stykk-gods som går med rute- og linjefart, mens bulktransportene gjerne går med fullastede skip mellom to havner<sup>2</sup>.
4. Antall transportmidler uten last beregnes på grunnlag av transportmiddel-spesifikke godsstrømmene i motsatt retning, og en sannsynlighet for å ikke få returlast. For sjøtransport er denne sannsynligheten satt lik 1, noe som sikrer at antall fartøy inn til enhavn blir lik antall fartøy ut av havnen. Det vil si at skipet enten laster eller losses ved anløp i en havn. Denne forutsetningen er mer realistisk for bulktransporter enn for stykkgodstransporter.

---

<sup>2</sup> Hadde en i stedet benyttet opplysninger om gjennomsnittlig last pr tur i skipet, ville usikkerheten i første rekke ligget på lenken inn mot havn, og i mindre grad i ytre led.



# 1 Innledning

Geografisk kan det samlede godsmarkedet på norsk område i grove trekk inndeles i følgende fire delmarkeder: 1) Transport mellom steder i Fastlands-Norge, 2) transport mellom kontinentalsokkelen og Fastlands-Norge, 3) transport i norsk utenrikshandel mellom Norge og utlandet og 4) internasjonal transitttransport på norsk område. Modellsystemet NEMO og PINGO har til nå kun dekket transport mellom kommuner<sup>1</sup> i Fastlands-Norge og transport i norsk utenrikshandel mellom kommuner i Fastlands-Norge og utlandet. Viktige og store transporter som derved ikke dekkes, er blant annet råolje med skip fra kontinentalsokkelen til norske raffinerier, råolje med skip fra Stureterminalen til utlandet, forsyningstransporter til offshorevirksomheten og transport av svensk jernmalm med jernbane til Narvik og skip ut herfra. Videre er heller ikke rørtransport fra norsk del av Kontinentalsokkelen til utlandet eller til terminaler og anlegg i Fastlands-Norge inkludert. Det har også vært en mangel ved godsmodellen NEMO at den bare beregner transportarbeidet og ikke trafikken (dvs antall kjøretøy eller fartøy).

Transport av olje og gass utgjør en svært viktig del av sjøtransportene i og fra norsk område. Dessuten er dette transport av produkter som helt eller delvis er klassifisert som farlig gods, noe som gjør det nyttig å inkludere disse transportene i situasjoner der en trenger å analysere det totale risikobildet ved sjøtransport.

Med dette som bakgrunn har vi i det foreliggende arbeid implementert transitt og offshoretransport i godsmodellen NEMO. Det er også gjennomført et arbeid for at gods-transportmodellen skal kunne beregne antall transportmidler på ulike snitt i nettverket. Det var i arbeidsopplegget lagt opp til å gjøre dette i første rekke for sjøtransport, men i et pågående prosjekt TØI har innenfor POT-programmet<sup>2</sup> er det bl a lagt opp til å utvikle en metode for bedre å ivareta trafikkveksten i prognoser for godstransport. Vi har derfor i denne rapporten framlagt en generell metode på tvers av transportmidler, samt empiri for transportmidlene veg, sjø og jernbane.

Denne rapporten er en samlerapport som oppsummerer arbeidet i tre prosjekt. Det ene prosjektet har gått ut på å inkludere transitttransport i godstransportmodellen NEMO, og er dokumentert i rapportens kapittel 2. Det andre prosjektet gikk ut på å inkludere transportene til og fra oljeinstallasjonene på kontinentalsokkelen i NEMO, og er dokumentert i rapportens kapittel 3. Det tredje prosjektet gikk ut på å forbedre transportmodellen, slik at den kan estimere antall kjøretøy som passerer gitte snitt i transportnettverket. Dette arbeidet er dokumentert i rapportens kapittel 4.

---

<sup>1</sup> I PINGO er minste soneenhet fylkesnivå.

<sup>2</sup> POT – Program for Overordnet Transportforskning (finansiert av Samferdselsdepartementet).

## 2 Transittransport

Fra Toll- og avgiftsdirektoratet har vi fått følgende definisjoner på to ulike typer av transitt:

### Direkte transitt

Med direkte transitt menes varer i sendinger som omlastes direkte eller lagres midlertidig i Norge når det av leverandørenes dokumenter fremgår at varene er bestemt til vareeier hjemmehørende *utenfor norsk tollområde*, herunder utenlandske fartøyer/luftfartøyer i utenriksfart o.l. Sendingen må være under Tollvesenets kontroll. Det blir laget en utførselsdeklarasjon hvor prosedyrekodene 80 og 81 blir benyttet. (80 - til utlandet, 81 - til Nordsjøen, norskeide båter, Svalbard). Det er ut fra Utenrikshandelsstatistikken mulig å finne omfanget av denne prosedyren.

### Transittering av varer

Med transittering av varer menes en tollprosedyre hvor varer transporteres under Tollvesenets kontroll fra et tollsted i et land til et tollsted i det samme eller i et annet land, der minst en grense krysses. Reglene for transittering er hjemlet i Konvensjonen om en felles transitteringsprosedyrer av 20. mai 1987 ("Transitteringskonvensjonen").

Konvensjonen gjør det mulig å transportere varer mellom de 22 avtalepartene ved kun å anvende en felles blankett (Enhetsdokumentet (SAD)/Følgedokumentet) og en grensepasseringsattest som avgis ved transitteringstollstedet. Prinsippene for Transittkonvensjonen er at det må stilles sikkerhet for hver forsendelse, og at en fysisk eller juridisk person må være ansvarlig for at forsendelsen skjer i henhold til konvensjonens bestemmelser. Som eksempel faller malmtransportene over Ofofbanen under denne transitteringsdefinisjonen.

Det blir ikke ført noen form for statistikk over sistnevnte transitteringsprosedyre i Norge og det finnes derfor ikke oversikt over omfanget. Dette gjør at det er vanskelig å skaffe seg en komplett oversikt over omfanget av utenriks transitttransport på norsk område. Spesielt vanskelig er det å skaffe oversikt over lastebiler i transitt på norsk område, men denne aktiviteten antas å være helt marginal, da geografien ikke taler for at andre land bruker Norge som noe gjennomfartsområde for vegtransport, med mindre denne transporten inngår i en transportkjede der også sjøtransport benyttes.

### 2.1 Metodisk opplegg

Det er minst to alternative metoder for å implementere transitttransport i godstransportmodellen:

- Transitt inkluderes ved "dobbel bokholderi", dvs ved at den både legges inn som import (fra utenriksone til transitthavn) og som eksport (fra transitthavn i Norge til utenriksone). Denne metoden fører til at en sikrer at riktig transitthavn benyttes i modellsystemet, men framgangsmåten gir et lite fleksibelt system i form av at en ikke kan analysere hva som skal til for å få transporten overført til et alternativt transportmønster, f eks utenom Norge.
- Transitt inkluderes ved at en i OD-matrisen åpner for utenriksone som frasoner i eksportmatrisene. En kan da lett hente ut omfanget av transitttransporten i Norge ved å plukke ut alle frasoner som har høyere fylkesnummer enn 2030 (Sør-

Varanger). Problemet med denne framgangsmåten er at en ikke nødvendigvis får en nettutlegging av godsstrømmene gjennom den faktiske transitthavn, men at en må kalibrere seg fram til ”riktig nettutlegging”.

Vi velger å satse på det siste alternativet, da det gir en mer fleksibel modellutforming enn det førstnevnte alternativ. Denne tilnærmingen lar seg bare gjennomføre dersom det er en logisk rute som velges for godset. I alle andre tilfeller vil ikke modellen kunne fordele transittgods til riktig innenriks havn eller sted i Norge. Vi kan derfor ikke satse på dette opplegget for all transitttransport. For den transitttransporten som inngår i Utenrikshandelsstatistikken, og der vi ikke kjenner hvor opprinnelsesstedet for godset er, har vi i stedet valgt å bare legge inn det tillegget som transitttransporten utgjør i den norske transitthavnen, og på lenken til mottakerlandet. Omfanget av denne type transitttransport er relativt liten (kun 1 prosent i gjennomsnitt av all eksport i 1999).

## 2.2 Datagrunnlag

Informasjon om omfanget av transitttransport er basert på følgende datagrunnlag:

- Utenrikshandelsstatistikken inneholder opplysninger om varer i direkte transitt.
- Opplysninger fra LKAB som er et gruveselskap i Kiruna i Sverige som transporterer malm via Narvik havn, inngår ikke i direkte transitt.
- Central Marine Research & Design Institute Ltd. CNIIMF, som er en russisk rapport med prognoser for oljetransport fra utvinningen på russisk side i Barentshavet, inngår ikke i direkte transitt.

## 2.3 Omfang av transitt

### 2.3.1 Direkte transitt

Direkte transitt er registrert i Utenrikshandelsstatistikken med fylkeskode lik ”91 Produsert i Utlandet”. I bakgrunnsfilen som vi fikk fra SSB over Utenrikshandelsstatistikken for 1999, var ikke tollsted registrert, men vi har opplysningen for 1997 og 2001. Derfor kommer vi i det følgende til å benytte informasjon om tollsted fra utenrikshandelsstatistikken fra 1997 og 2001, men når det gjelder volumtallene, benyttes statistikken fra 1999, som er basisåret i NEMO.

Tabell 2.1. Viktigste transportmiddel ved direkte transitt via norsk område, etter NEMO-vare. Tall i prosent. TØI rapport 697/2004.

	NEMO-varer										Sum
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Fartøy</b>	31 %	80 %	19 %	33 %	85 %	1 %	100 %	43 %	97 %	1 %	76 %
<b>Ferge</b>	22 %	1 %	55 %	16 %	4 %	37 %	0 %	9 %	1 %	5 %	6 %
<b>Jernbane</b>	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Bil</b>	46 %	19 %	26 %	49 %	10 %	61 %	0 %	47 %	2 %	93 %	17 %
<b>Fly</b>	0 %	0 %	0 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Sum</b>	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
<b>Andel av transitten</b>	<b>2 %</b>	<b>6 %</b>	<b>1 %</b>	<b>11 %</b>	<b>65 %</b>	<b>2 %</b>	<b>1 %</b>	<b>3 %</b>	<b>10 %</b>	<b>0 %</b>	<b>100 %</b>

Kilde: Utenrikshandelsstatistikken 1999

Varegruppe 5 (diverse stykkgods) er den største varegruppen i direkte transitt, og utgjør 65 prosent av transitten. Varegruppe 4 (transportmidler og maskiner) og varegruppe 9

(malmer og metallavfall) er de to nest største gruppene med hhv 11 og 10 prosent av transitten.

Tabell 2.2. Viktigste mottakerland ved direkte transitt via norsk område.  
Tall i 1000 tonn og prosent. TØI rapport 697/2004.

Mottakerland	1000 tonn	Prosent
Danmark	184,0	53 %
Sverige	48,4	14 %
Storbritannia	41,3	12 %
Midtøsten	11,0	3 %
Nederland	9,8	3 %
Tyskland	9,4	3 %
Belgia/ Luxembourg	6,9	2 %
Fjerne Østen	6,7	2 %
Andre land	29,4	8 %
<b>Sum</b>	<b>346,9</b>	<b>100 %</b>

Kilde: Utenrikshandelsstatistikken 1999

Sjøtransport er viktigste transportmiddel ved direkte transitt, 76 prosent av alt transittgodset går ut av landet på sjø, 17 prosent går på veg, mens de resterende 6 prosent går med ferge.

Mer enn halvparten av transittgodset i Norge skal til Danmark. Deretter følger Sverige og Storbritannia, som er mottakere av hhv 14 og 12 prosent av transittgodset fra Norge.

Tabell 2.3. Direkte transitt som andel av sum eksport, etter NEMO-vare. TØI rapport 697/2004.

	Varegruppe	Eksport 1000 tonn	Transittandel %	Andel av transitt- transporten i container
				%
1	Matvarer	65	8 %	25 %
2	Fisk	1 711	1 %	29 %
3	Termovarer	59	3 %	9 %
4	Transportmidler og maskiner	289	13 %	10 %
5	Diverse stykk gods	8 796	3 %	3 %
6	Tømmer og trelast	851	1 %	0 %
7	Stein, grus, sand, salt	13 058	0 %	0 %
8	Kjemiske produkter og gjødning	9 385	0 %	10 %
9	Malmer og metallavfall	625	5 %	28 %
10	Flytende bulk	14 468	0 %	0 %
	<b>Sum</b>	<b>49 307</b>	<b>1 %</b>	<b>8%</b>

Kilde: Utenrikshandelsstatistikken 1999

Transittgodset utgjør bare en mindre andel av samlet eksport av hver vare. Størst andel utgjøres for varegruppe 4 (transportmidler og maskiner) med 13 prosent, varegruppe 1 (matvarer) med 8 prosent og varegruppe 9 (malmer og metallavfall) med 5 prosent.

Tabell 2.4. Viktigste tollsted ved direkte transitt via norsk område.  
Tall i 1000 tonn og prosent. TØI rapport 697/2004.

	1000 tonn		Prosent		Kumulativ prosent	
	2001	1997	2001	1997	2001	1997
Oslo	42,6	30,0	16 %	3 %	16 %	3 %
Stavanger	39,0	7,3	14 %	1 %	30 %	3 %
Krisitansand	34,6	960,4	13 %	88 %	42 %	91 %
Svinesund	24,2	9,7	9 %	1 %	51 %	92 %
Skien	15,2	8,8	6 %	1 %	57 %	93 %
Tønsberg	14,5	0,7	5 %	0 %	62 %	93 %
Odda	12,2	0,4	4 %	0 %	66 %	93 %
Ørje	9,4	0,9	3 %	0 %	70 %	93 %
Haugesund	8,2	10,8	3 %	1 %	73 %	94 %
Moss	8,1	2,1	3 %	0 %	76 %	94 %
Florø	7,4	3,6	3 %	0 %	79 %	94 %
Andre	58,8	61,0	21 %	6 %	100 %	100 %
<b>Sum</b>	<b>274,3</b>	<b>1 095,7</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>		

Kilde: Utenrikshandelsstatistikken 2001 og 1997

Andelen containertransport i transitttransport er mer utbredt enn for eksport generelt, og ligger for tre av varegruppene mellom 25 og 30 prosent (varegruppene 1 (matvarer), 2 (fisk) og 9 (malmer og metallavfall)).

Fra utenrikshandelsstatistikken fra 1997 og 2001 har vi opplysninger om viktigste tollsted ved transittering. Det er viktig å legge merke til at omfanget av transittgodset var mer enn dobbelt så høyt i 1997 i forhold til i 1999, som er basisåret i NEMO, mens i 2001 var transitttransporten på om lag samme nivå som i 1999. Desidert viktigste tollsted ved transitt i 1997 var Kristiansand, med mer enn 88 prosent av transitttransporten i 1997. Nest største tollsted for transittgods var Oslo, men bare 3 prosent av transittgodset ble ekspedert der. Til sammenlikning er bildet et helt annet i 2001: Oslo var da viktigste transittsted med 16 prosent av transittvolumet, mens Stavanger var nest størst med 14 prosent, foran Kristiansand som hadde 13 prosent av transittvolumet i 2001. Vi tolker denne forskjellen dit hen at mønsteret i 1997 enten var atypisk, eller at det er et resultat av en feilregistrering i utenrikshandelsstatistikken.

Viktigste mottakerland for transittgods i 2001 var Danmark (18 prosent), foran Storbritannia (16 prosent) og Sverige (15 prosent). Dette var da også de tre største transittlandene i 1999, selv om rekkefølgen var noe annerledes.

Utenrikshandelsstatistikken har ingen opplysninger om avsenderland for transittgodset. Vi har derfor som en forenkling bare inkludert transittgods fra norsk eksporthavn til mottakerland (jfr kapittel 2.1). Siden omfanget av denne type transitttransport ikke utgjør mer enn 1 prosent av samlet eksport, er det begrenset hvor stor feil denne forenklingen medfører.

### 2.3.2 Transittering av varer

#### Ofofbanen

Jernmalm fraktes med privat jernbane (Malmtransport AB) fra gruver i Kiruna i Sverige til Narvik, der malmen blir omlastet til skip. Havnen i Narvik har vært brukt siden 1902, da Norge ennå var i union med Sverige. Fordi havnen i Narvik er isfri året rundt er transportmønsteret opprettholdt fram til i dag 100 år senere.

Godsomsætningen varierer ikke ubetydelig fra år til år, noe som framgår av tabell 2.5.



Tabell 2.5. Malmtransport med Ofotbanen. Tall i 1000 tonn og prosent. TØI rapport 697/2004.

	1000 tonn	Endring fra foregående år	Avvik fra gjennomsnitt
1998	14 095		8 %
1999	11 972	- 15 %	-9 %
2000	14 169	18 %	8 %
2001	12 162	- 14 %	-7 %
<b>Gjennomsnitt 1998 - 2001</b>	<b>13 100</b>		

Kilde: Norsk havneforbund.

I 1999 som er basisåret i NEMO, var omfanget av malmtransportene på et minstenivå i perioden 1998 til 2001.

Malmen fra Kiruna i Sverige fraktes med jernbane fra Kiruna til Narvik, der det omlastes til skip for videre transport til LKABs havner i hhv Belgia, Tyskland og Singapore. Derfra distribueres malmen til et videre marked. Da vi ikke kjenner den videre fordeling mht marked, og fordi det i første rekke er godsstrømmene ut av Norge som vi ønsker å få et best mulig bilde av i NEMO, velger vi å legge inn godsstrømmene fram til HUBen, mens den videre distribusjonen velger vi (i hvert fall i første rekke) å se bort fra.

Tabell 2.6. LKABs viktigste markeder 2002, samt transporter over Narvik. Tall i mill tonn og prosent. TØI rapport 697/2004.

	Samlet produksjon	Andel av LKABs samlede produksjon	Transporter via Narvik
Norden og Øst-Europa	7,7	40 %	
Belgia, Nederland, Luxemburg, Frankrike, Storbritannia, Italia, Spania, Portugal, Tyrkia, Afrika, Amerika	4,3	22 %	4,3
Tyskland og Østerrike	4,8	24 %	4,8
Fjerne Østen, Sydøst-Asia, Midtøsten og Australia	2,4	12 %	2,4
<b>Sum</b>	<b>19,2</b>	<b>100 %</b>	<b>11,5</b>

Kilde: LKAB ([www.lkab.com/frameset\\_2.html](http://www.lkab.com/frameset_2.html))

Tabell 2.7. OD-matrise for transitttransport for varegruppe 9 "Malmer og metallavfall". TØI rapport 697/2004.

Fra sone og sted		Til sone og sted		1000 tonn
53 (NY)	Kiruna	5102 (NY)	Bremerhaven, Tyskland	4 300
53 (NY)	Kiruna	5501	Brussel, Belgia	4 800
53 (NY)	Kiruna	6020	Fjerne Østen	2 400
	<b>Sum</b>			<b>11 500</b>

Petroleumsprodukter fra Barentshavet via norskekysten

Det vil i tiden fremover utvinnes olje fra flere oljefelt i Barentshavet. Oljen vil bli transportert fra feltet inn til en oljeterminal i Murmansk<sup>3</sup> med 40 - 60 000 BT<sup>4</sup> tankbåter. Derfra vil en del av oljen bli lastet på 100 000 brt tankskip og fraktet til Europa og USA for videresalg. Slike transporter vil passere norske nordområder; det som skal til Europa vil passere hele norskekysten, mens det som skal til USA og andre vestlige oversjøiske områder vil passere utenfor kysten av Finnmark og Troms.

Transportene vil gå i internasjonalt farvann utenfor norskekysten, og må derfor regnes som transitt i en videre forstand enn malmtransporten på Ofotbanen. Likevel mener Fiskeridepartementet dette er en interessant transport, fordi den vil være med på å påvirke sikkerheten til sjøs samtidig som den kan utgjøre en vesentlig miljøtrussel for hele eller deler av norskekysten. Det er følgelig disse to siste momentene som gjør at transporten bør være med i en del analyser der NEMO er et viktig verktøy, og som gjør det aktuelt å implementere transporten i NEMO.

Tabell 2.8. Oljelaster fra Russland langs norskekysten. TØI rapport 697/2004.

	År	Skipsstørrelse målt i 1000 brt	Frekvens skip uke	1000 tonn per år
Oljelaster	2001	40	0,29	600
	2005	100	0,87	4 500
	2010	100	3,08	16 000
	2015	100	4,23	22 000

Kilde: Kjell Kolstad (SFT) og CNIMF (Central Marine and Design Inst)

Tabell 2.9. OD-matrise for transitttransport for varegruppe 9 "Malmer og metallavfall"<sup>5</sup>  
TØI rapport 697/2004.

Fra sone og sted		Til sone og sted		1000 tonn
5835	Murmansk	5404 (NY)	Rotterdam (Nederland)	300
5835	Murmansk	6030	Nord-Amerika	300
<b>Sum</b>				<b>600</b>

### Transitt i vid forstand

I videste forstand kan sjøtransport mellom land ved Østersjøen til Kontinentet for øvrig og andre kontinent regnes som transitttransport på norsk område. Vi har ikke inkludert denne transporten i dette arbeidet, men om nødvendig i noen spesifikke analyser har vi de nødvendige data tilgjengelige i en database fra et tidligere EU-prosjekt (SCENES). Dataene er basert på omregnede produksjonsverdier og har varierende kvalitet.

<sup>3</sup> Alternativt til Murmansk kan det være aktuelt at hele eller deler av transportene blir transportert fra Indiga som ligger på Russisk område, og som ligger nærmere oljeutvinningsfeltene i Barentshavet enn Murmansk.

<sup>4</sup> BT – forkortelse for Bruttotonn

<sup>5</sup> Vi kjenner ikke fordelingen mellom Rotterdam og Nord-Amerika som destinasjonssted, og har derfor benyttet en 50/50-fordeling.

## **2.4 Transportnettverk**

Transittransporten inngår i det eksisterende transportnett i NEMO. Vi har opprettet noen nye soner, men ellers nettutlegges transittransporten i det eksisterende nettverket i NEMO. Det var da også intensjonen bak å implementere transittransport i NEMO at denne transporten tar kapasitet i det nasjonale nettverket, noe det må tas hensyn til ved nasjonal transportplanlegging.

## **2.5 Kostnadsfunksjoner**

Da transittvarene kan defineres inn under de alt eksisterende varegruppene i NEMO, og det ikke er definert noe nytt transportmiddel, har vi valgt å benytte tilsvarende kostnadsfunksjoner som de alt eksisterende.

## 3 Offshoretransport

Med offshoretransport menes transport av petroleumsprodukter fra oljeinstallasjonene på kontinentalsokkelen til fastlandet, transport av petroleum fra terminaler i Norge som ikke bearbeides, samt forsyningstransport fra fastlandet til oljeinstallasjonene på kontinentalsokkelen. I tillegg har vi i noen av oversiktene her også tatt med eksportert volum av petroleumsprodukter i alt, som også innbefatter raffinerte produkter.

### 3.1 Varegrupper

Petroleum er alle flytende og gassformige hydrokarboner som finnes i naturlig tilstand i undergrunnen, samt andre stoffer som utvinnes i forbindelse med slike hydrokarboner. Råolje er flytende petroleum fra reservoaret, men der vann og oppløst naturgass kan være fjernet. Kondensat er naturgass som er kondensert til væske. Tørrgass er naturgass som ikke inneholder kondensat.

#### Råolje, kondensat og rikgass

Råolje og kondensat er betegnelsen på de uraffinerte produktene som hentes opp fra Nordsjøen. Disse leveres inn til raffineringanlegg i Norge (Mongstad (Hordaland), Slagentangen (Vestfold) og Sola fram til 1999 (Rogaland) eller direkte fra sokkelen til raffineringanlegg utenriks.

Før petroleumsgassen behandles kalles den rikgass. Dette er en blanding av våte og tørre gasskomponenter. Tørrgass er vanlig betegnelse på naturgass som ikke inneholder flytende hydrokarboner under trykk. Våtgass er et samlebegrep for flere flytende petroleumskvaliteter, og kalles også "flaskegass." Gassen er delvis flytende ved atmosfærisk trykk, og må transporteres med spesialskip. Rikgass som kommer til terminal er ofte nær tørrgassen når det gjelder tetthet, dvs. omtrent samme vekt per kvadratmeter ved samme temperatur. Tall oppgitt av Oljedirektoratet indikerer for øvrig at vekten per enhet gass er relativt lik på de ulike terminalene. Det er tre gassbehandlingsanlegg på norsk fastland: Kårstø (Rogaland), Kollsnes (Hordaland) og Tjeldbergodden (Møre og Romsdal).

#### Raffinerte produkter

Raffinering av råolje er en destillasjonsprosess, der komponenter med forskjellige kokepunkt skilles fra hverandre i et destillasjonstårn. Oljen går ved oppvarming over til gass som fortettes igjen ved forskjellige temperaturer til blant annet bensin, parafin, diesel, fyringsoljer, koks eller svovel.

#### Inndeling i varegrupper i godstransportmodellen

Vi finner det i modellen mest hensiktsmessig å skille mellom olje (flytende produkter) og gass (tørrgass). Bakgrunnen er de største massene av flytende produkter er olje, slik at det gir små utslag å inkludere andre flytende produkter (som kondensat og våtgass) i denne gruppen. Kondensat og våtgass benytter uansett ofte samme transportløsning som olje, f.eks. transporteres olje og våtgass fra Ekofisk til Teeside gjennom samme rørledning.

Mengden petroleum som kommer inn til terminal er som regel på nivå med mengden petroleum som går ut. Anleggene bruker i noen tilfeller selv deler av energien, men dette er kun små mengder. I tillegg blir også noe av de produserte mengdene forbrukt innenlands i Norge.

## 3.2 Soneinndeling

Det er lite hensiktsmessig å implementere hvert enkelt felt på kontinentalsokkelen i godstransportmodellen. Dette fordi det varierer fra år til år hvilke felt som er i drift, og infrastrukturen er ofte slik at olje og gass transporteres via rør fra en plattform til en annen. Vi har derfor slått sammen flere felt til produksjonsområder i modellen slik at vi får følgende syv hovedområder: Aktivitetene i Norskehavet er aggregert til ett område, produksjonen i den nordlige delen av Nordsjøen er inndelt i tre områder (Frigg, Statfjord og Oseberg), den sørlige delen av Nordsjøen er representert ved to område (Sleipner og Ekofisk), og endelig er aktiviteten i Barentshavet representert ved en sone (Snøhvit).

Felt som er satt sammen til områder har geografisk nærhet til hverandre, og i mange tilfeller deles rør- eller sjøtransportløsninger.

Tabell 3.1. Inndeling i områder (soner) på kontinentalsokkelen til bruk i NEMO. TØI rapport 697/2004.

Havområde NEMO-sone	Norskehavet	Sørlige Nordsjø		Nordlige Nordsjø			Barentshavet
	Norskehavet 2301	Sleipner 2305	Ekofisk 2306	Frigg 2302	Statfjord 2303	Oseberg 2304	Snøhvit 2307
	Draugen	Balder	Ekofisk	Frigg	Gullfaks	Brage	Snøhvit
	Heidrun	Gungne	Eldfisk	Frøy	Gullfaks Sør	Oseberg	Askeladden
	Njord	Sleipner	Embla	Heimdal	Murchinson	Oseb. Øst	Albatross
	Norne	Vest	Gyda	Jotun	Snorre	Troll	
	Åsgard	Sleipner	Hod	Lille-Frigg	Statfjord		
		Øst	Tor		Statfj. Nord		
			Ula		Statfjord Øst		
			Valhall		Tordis		
			Varg		Veslefrikk		
			Yme		Vigdis		
					Vidsund		

## 3.3 Transport til og fra kontinentalsokkelen

### 3.3.1 Petroleum

#### Rørtransport

For beregning av rørtransport av olje benyttes produksjonstall for norsk sokkel. Vi har brukt tall fra 1999, basert på data fra Oljedirektoratet. Tallene er beregnet ut fra norske eierandeler på ulike felt. Videre har vi informasjon om røرنettverket og valg av transportløsninger gjennom OED (2002) og Vestkyststudiet (SINTEF, 2002).

For omregning fra volum til masse for olje og kondensat har vi benyttet gjennomsnittsvekten til disse produktene ved sjøtransport i 2002. For øvrig er det i beregningene ikke tatt hensyn til transportene som går gjennom Vestprosess. Dette er hovedsakelig transport som går fra Kollsnes og Sture til Mongstad. Mengdene som blir transportert i disse rørene har vi fått oppgitt til å være små. I tillegg ble betydelige deler av disse transportene ikke tilgjengelige før på slutten av referanseåret 1999. Det eksisterer transport av flytende produkter til St. Fergus fra Frigg, men dette volumet er i referanseåret mindre enn 1000 tonn og dermed ikke inkludert i tabellen.

Tabell 3.2. Rørtransport av olje og kondensat fra kontinentalsokkelen til fastlandet, målt i 1000 tonn. 1999. TØI rapport 697/2004.

NEMO-soner: Fra område		Sum	Kårstø 1146	Sture 1259	Mongstad 1263	Teeside 5606 (NY)
2301	Norskehavet	0	0	0	0	0
2302	Frigg	448	0	448	0	0
2303	Statfjord	1 640	0	1 640	0	0
2304	Oseberg	31 496	0	20 439	11 057	0
2305	Sleipner	6 472	6 472	0	0	0
2306	Ekofisk	22 043	0	0	0	22 043
<b>Sum</b>		<b>62 099</b>	<b>6 472</b>	<b>22 527</b>	<b>11 057</b>	<b>22 043</b>

Kilde: Oljedirektoratet

Tørrgassen på norsk sokkel transporteres via rør til terminal på fastlandet. Dette er rikgass som behandles på raffineriene. I praksis skjer dette på bakgrunn av bestilling av kunde, som igjen bestemmer hvilken blanding den eksporterte gassen skal bestå av.

For terminalene i Emden, Dunquerque, Zeebrugge, Kårstø og Kollsnes har vi valgt å ta utgangspunkt i mengde gass som gikk over disse i 1999. For den ene av de tre terminalene i Emden har vi bare hatt tilgjengelig 2002-tall. Disse mengdene har vi fått oppgitt fra selskapet Gassco, som har ansvaret for transport av gass fra den norske kontinentalsokkelen til Europa. Gassmengder for de andre terminalene baseres på produksjonsstatistikk kombinert med informasjon om rørledningsnettverket.

Gassen fra norsk sokkel transporteres gjennom et omfattende nettverk. Vi har gjort visse forenklinger ved å bruke Sleipner som et knutepunkt på sokkelen. Grunnen til dette er at gass som eksporteres ofte er iblandet gass fra Sleipner. I tillegg finner man i Sleipnerområdet den viktige stigerørplattformen Draupner, som er et knutepunkt både for gass fra Kollsnes og Kårstø.

Et knutepunkt som Sleipner er viktig i oppsettet siden det ikke har vært mulig å skaffe en oppdeling av strømmene fra Kårstø og Kollsnes med tanke på mottakersted. Dette er en meget omfattende jobb, siden det er en rekke kryssleveringer mellom de ulike rørene i Emdenområdet. Siden Sleipnerområdet også har egenproduksjon av gass, har vi i tabellen at uttransporter fra Sleipner er større enn inntransportene.

Tabell 3.3 Rørtransport av gass fra norsk sokkel, målt i 1000 tonn. 1999. TØI rapport 697/2004.

NEMO- sone	Fra	Til				St.				Sum
		Tjeldberg -odden	Kårstø	Kollsnes	Sleipner	Fergus	Emden	Zeebrugge	Dunquerque	
2301	Norskehavet	503	0	0	0	0	0	0	0	503
2302	Frigg	0	655	0	0	479	0	0	0	1 134
2303	Statfjord	0	3 491	0	0	3	0	0	0	3 494
2304	Oseberg	0	124	19 631	0	0	0	0	0	19 755
2306	Ekofisk	0	0	0	0	0	4 188	0	0	4 188
2307	Snøhvit				X					
1146	Kårstø	0	0	0	1 985	0	2 285	0	0	4 270
1259	Kollsnes	0	0	0	18 686	0	0	0	0	18 686
2305	Sleipner	0	0	0	0	0	12 081	9 088	5 296	26 465
	<b>Transport i alt:</b>	503	4 270	19 631	20 671	483	18 554	9 088	5 296	49 421
						<b>Sum eksport:</b>		<b>33 420</b>		

Kilde: Gassco, Oljedirektoratet og egne anslag.

Sum eksport oppgitt av Gassco er ca 5 millioner tonn lavere enn hva som framgår av Utenrikshandelsstatistikken. Det er trolig usikkerhet i omregning fra volum til tonntall for gassen i begge tilfeller. Vi har valgt å tillegge tallene fra Gassco størst troverdighet. I tillegg har det vært praktisk å ta utgangspunkt i tallene som er oppgitt at går over terminalene, siden vi ikke har hatt tilgang til en fullstendig oversikt over alle kryssleveranser og gassblandinger.

### Sjøtransport

Fra Oljedirektoratet og OED har vi fått oppgitt tall for 2002 over hvilke land de ulike sjøtransportene av petroleum gikk til. På bakgrunn av disse dataene har vi konstruert en fordelingsnøkkel over produksjonsområde og mottakerland. Disse er igjen vektet med eksporterte mengder fra Utenrikshandelsstatistikken for 1999.

Vi kommer dermed frem til hvilke land sjøtransportene fra de forskjellige områdene på sokkelen og terminalene på land går til.

Tabell 3.4. Samlet eksport av olje, kondensat, våtgass og raffinerte produkter fra norsk område, målt i 1000 tonn. Anslag for 1999. TØI rapport 697/2004.

NEMO-soner	Fra	Sum	EU	Europa forøvrig	Fjerne Østen	Amerika
704	Tønsberg	2 897	1 954	85	0	858
1146	Kårstø	7 052	4 019	620	151	2 262
1263	Mongstad	27 677	8 601	837	0	18 239
1259	Sture	17 244	14 437	516	835	1 456
5606	Teesside	29 585	23 140	1 596	7	4 842
2301	Norskehavet	18 338	17 105	549	0	684
2302	Frigg	1 199	1 163	36	0	0
2303	Statfjord	32 669	31 549	976	0	144
2304	Oseberg	0	0	0	0	0
2305	Sleipner	908	881	27	0	0
2306	Ekofisk	2 602	2 524	78	0	0
5605	Andre (UK)	346	159	10	0	177
	<b>Sum</b>	<b>140 517</b>	<b>105 532</b>	<b>5 330</b>	<b>993</b>	<b>28 662</b>

Kilde: Oljedirektoratet og Utenrikshandelsstatistikken (1999)

Produksjonsstedene som ligger inn under kolonnen 'Andre (UK)', er mindre britiske terminaler; Dalmeny, Hound Point, Kinneil og Sullom Voe.

Resultatene synes å stemme godt overens med datamaterialet for sjøtransportene i 2002. Vi har også kontrollert tallene mot produksjonsstatistikk fra Oljedirektoratet kombinert med informasjon om benyttede transportformer (skip, rør etc.) fra OED (2002) og Sintef (2002).

Det går også sjøtransport fra områdene på sokkelen inn til fastlandet i Norge. Som det fremgår av tabell 3.5 er mesteparten av dette transport fra Norskehavet og Statfjordområdet til Mongstad. Begge tabellene bygger på samme kilde som tabellen for sjøtransportene til utlandet.

For Slagentangen har vi ikke informasjon om mengde mottatt fra hvert felt, men i følge Essos hjemmesider har raffineriet en kapasitet på 5,6 millioner tonn pr år, og de mottar leveranser fra Balder (Nemosone; Sleipner), Jotun (Frigg), Gullfaks (Statfjord) og Oseberg. Vi har derfor så langt mulig fordelt den oljen som leveres fra disse feltene til fastlandet, men der vi ikke har informasjon om hvor den leveres, til Slagentangen. All leve-

ranse fra Oseberg går i rør til Mongstad og Kårstø. Vi har derfor tillagt restansen leveranser fra Mongstad til Slagentangen.

Tabell 3.5. Sjøtransport av olje, kondensat og våtgass fra norsk sokkel til fastlandet målt i 1000 tonn. 2002. TØI rapport 697/2004.

NEMO- soner:		Sum	1263	704	1146	Utlandet
			Mongstad	Slagentangen	Kårstø	
2301	Norskehavet	28 726	10 052			18 674
2302	Frigg	2 093		878		1 215
2303	Statfjord	40 567	7163	198		33 206
2304	Oseberg	0				0
2305	Sleipner	2 377		1 453		924
2306	Ekofisk	2 656				2 656
1146	Kårstø	7 989			752	7 237
1263	Mongstad	31 184		2 700		28 484
1259	Sture	17 737		189		17 548
5606	Teeside (Storbr)	30 223				30 223
5605	Andre (Storbr)	357				357
	<b>Sum</b>	<b>162 456</b>	<b>17 215</b>	<b>5 418</b>	<b>752</b>	<b>140 524</b>

Kilde: Oljedirektoratet

### 3.3.2 Forsyningstransport

Oljeplattformene i Nordsjøen mottar forsyninger via forsyningsbaser på fastlandet. I godstransportmodellens referanseår (1999) var det de syv baseområdene Helgeland, Kristiansund, Florø, Mongstad, Ågotnes (Sotra), Risavika/Sola og Dusavika det i hovedsak ble transportert forsyninger fra. I årene rundt 1999 var det videre ikke noe aktivitet for basene nord for Helgelandsbase (Nordbase i Harstad og Polarbase i Hammerfest). Per i dag er det aktivitet på Polarbase i forbindelse med Snøhvitutbyggingen, mens det i Harstad fortsatt ikke er noe aktivitet.

For øvrig har basene ulik sammensetning av varegruppene som transporteres. Det transporteres både bulk, stykk gods og matvarer m.m.

I noen tilfeller transporteres gods som skal til sokkelen først mellom basene. Det har vist seg vanskelig å tallfeste omfanget av disse transportene. Fra basen i Kristiansund får vi opplyst at det er få forsyningstransporter fra de andre basene, og at dette bare har skjedd unntaksvis. Fra CCB Base på Ågotnes/Sotra opplyses det at godsmengdene transportert mellom basene er små, og at disse transportene i hovedsak går på bil. Generelt melder basene om at transporterte mengder mellom basene utgjør en liten del av det totale volumet. Problemet er at basene ikke sitter på noen tall som kan gi en oversikt over base-til-basetransport. For å kvantifisere disse transportene må man dermed kontakte en rekke transport- og logistikk selskaper, noe som blir et for omfattende arbeid at det er prioritert i prosjektet. Disse transportene skal imidlertid i prinsippet allerede inngå i NEMOs innenriksmatriser.

#### Kvalitet på datamaterialet

For beregning av størrelsen på forsyningstransportene er det benyttet tall fra havnevesenet i Stavanger, Bergen og Kristiansund. For transportene fra Florø og Helgeland har vi benyttet tall oppgitt av basene.



Fra flere hold stilles det spørsmålstegn ved kvaliteten på innrapporterte tall for forsyningstransport. Fra havnevesenet i Stavanger vises det til at oljeselskapene av konkurransehensyn ikke på langt nær rapporterer inn alle typer transport. Spesielt går det en del transport av utstyr til rørlegging og prøveboring. På den annen side vises det til av aktører at basene kan oppgi større mengder gods enn det som blir lastet. Motivasjonen for dette er sannsynligvis å fremstå som konkurransedyktige. Typisk er det ekstraordinære prosjekter, som rørleggingsprosjekt, som ikke blir rapportert inn til havnevesenet.

Et annet moment som i noen grad kan påvirke de årlige godsstrømmene tilknyttet forsyningstransportene, er at stykkgoods transporteres ut til sokkelen etter å ha vært på lager en god stund.

I Faktaheftet (2002) for norsk petroleumsvirksomhet er hovedforsyningsbasene til hvert enkelt felt oppgitt. Feltene kan motta forsyninger fra andre baser enn hovedforsyningsbasene, men tall for godsmengde fra hver forsyningsbase til hvert enkelt felt har vært vanskelig å få ut. Aggregeringen av felt til områder bør derfor tilsi at å anta at basene leverer til de feltene de er hovedforsyningsbase til, er en rimelig tilnæringsmåte.

Tabell 3.6. Forsyningstransport etter hovedbaser til områdene i Nordsjøen. 1000 tonn. 1999. TØI rapport 697/2004.

Fra \ Til	Norskehavet	Sørlige Nordsjø	Nordlige Nordsjø	Stykkgoods	Flytende bulk	Annet
Tananger/Sola		X				
Dusavik		X	X			
Ågotnes/Sotra			X			
Mongstad			X			
Florø			X			
Kristiansund	X					
Sandnessjøen	X					
<b>Sum</b>	<b>661</b>	<b>636</b>	<b>948</b>	<b>40%</b>	<b>45%</b>	<b>15%</b>

Da statistikken er mangelfull, har vi bare gjengitt hovedelementene i leveransestrukturen i figuren. Mer detaljerte OD-matriser er implementert i transportmodellen.

Det knytter seg stor usikkerhet rundt varegruppedelingen til transportene. For basene i Stavanger og Kristiansund har vi hatt noe mer detaljert statistikk tilgjengelig enn for de andre basene. Spesielt usikker er varefordelingen for Florø, Ågotnes og Mongstad. Fra Mongstad sendes mye bulk, mens det fra Ågotnes hovedsakelig sendes stykkgoods. Fra Florø sendes mye mat og røremner, men også noe bulk. For øvrig har vi tatt utgangspunkt i de andre basenes varegruppedeling.

Vi har videre ikke hatt tilgang til tall fra basene fra 1999, men har benyttet tilgjengelige årlige tall i perioden 2000-2002. For sammenlikningens skyld har vi også i tabell 3.7 tatt med en oversikt over forsyningstransportene fra SSBs Undersøkelse og egen- og leietransporten på kysten fra 1993. Det framgår at nivået på forsyningstransportene var nesten 40 prosent høyere i 1993 enn det vi er kommet fram til for 2002. Avviket kan skyldes flere ting. For det første er det usikkerhet både i datamaterialet knyttet til tellingene, men også materialet vi har samlet inn er beheftet med usikkerhet. Tellingen fra 1993 er en utvalgsundersøkelse der et utvalg av skip har innrapportert alle turer i en periode på to høstmåneder. Dette danner grunnlag for oppblåsning til årstotal, som kan bli skjevt dersom aktiviteten i disse to høstmånedene var større enn gjennomsnittet for året. Det kan også være at forsyningstransportene faktisk er redusert i fra 1993 til 2002, da det kan ha blitt mindre utbyggingsaktivitet på sokkelen, men mer drift. Vi velger derfor å

beholde det nivået som vi er kommet fra til for 2002 i tabell 3.6 når vi implementerer forsyningstransportene i NEMO.

Tabell 3.7. Forsyningstransport etter hovedbaser til kontinentalsokkelen. 1000 tonn. 1993. TØI rapport 697/2004.

Fra fylke	1993 1000 tonn	Prosentfordeling 1993	Prosentfordeling 2002
Vest-Agder	286	9 %	
Rogaland	1721	56 %	30 %
Hordaland	628	20 %	36 %
Sogn og Fjordane	303	10 %	5 %
Møre og Romsdal	23	1 %	21 %
Nordland	38	1 %	9 %
Finnmark	84	3 %	
<b>Sum</b>	<b>3082</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Kilde: SSBs Godstransport på kysten 1993.

## 3.4 Transportnettverk mellom kontinentalsokkelen og fastlandet

### 3.4.1 Rørtransport

Nettverket skal omfatte de essensielle rørforbindelsene for transport av olje, gass og kondensat fra den norske kontinentalsokkelen.

Det eksisterende nettverket er beskrevet i faktaheftet fra Olje- og Energidepartementet. Siden soneinndelingen er valgt delvis med hensyn på strukturen til det eksisterende rørnettverk var det enkelt å implementere rørnettverket i godsmodellen.

Lenkelengder er generelt litt vanskelig å bestemme siden sentroidene på sokkelen har en viss utstrekning samt et indre nettverk. Lengdene er tatt fra faktaheftet til Olje og Energidepartementet og uttrykker rørledningenes faktiske lengde (ikke avstanden i rett linje).

Hastigheter på lenkene er vanskelig å bestemme. I faktaheftet er kapasitetene (volum/tid) samt diameter<sup>6</sup> til de ulike rørledningene gitt. Ut i fra dette kan man regne ut hastigheten i rørene ved følgende relasjon:

$$\text{Hastighet} = \frac{\text{Kapasitet}}{\text{Tverrsnitt}} \frac{(Sm^3 / 24t)}{(m^2)} = \frac{\text{Kapasitet}}{\pi \cdot r^2} \left( = \frac{m}{t} \right)$$

Typiske hastigheter blir da:

- Olje 10 km/t
- Kondensat 13 km/t (usikker)
- Gass 2000-3000 km/t

En hastighet på 2000-3000 km/t for gasstransport i rør kan virke svært raskt. Kapasitetene er oppgitt ut i fra det volumet det transporterte fluidet har ved 15 grader C og 1 atmosfærisk trykk. Dersom gassen er komprimert (større trykk) vil hastigheten være lavere. Hva slags tilstand fluidene egentlig har i rørledningene er uvesentlig for modellen, så det bør være mulig å bruke hastigheter regnet ut som forklart ovenfor.

<sup>6</sup> Ytre diameter. (Gir litt for liten hastighet).

Et problem som forekommer er at flere rørledninger må representeres med samme lenke i modellen. Rørledningene kan ha noe ulike lengder. Noen transporterer i motsatt<sup>7</sup> retning, mens andre transporterer i samme<sup>8</sup> retning. Man må kanskje se på flere rørledninger som en rørledning med tilpasset kapasitet og tverrsnitt.

Rørledningene er lagt til den noden som er nærmest det geografiske stedet rørledningen føres i land. Innenriks er de fleste ilandføringspunktene for rørledningene allerede representert ved egen node. Det viktigste unntaket er Tjeldbergodden. Utenriks er nærheten også bra. Unntaket er muligens St.Fergus i Skottland.

### 3.4.2 Sjøtransport

#### Petroleumprodukter

De nye sentroidene som representerer kontinentalsokkelen er knyttet til nettverket for utenriks bulk på en slik måte at den øvrige vareflyten i nettverket ikke påvirkes. To nye noder er lagt til i Nordsjøen for å koble seg på det eksisterende nettverket. Ytterligere to noder er lagt til av visuelle hensyn der lenker i rørlednings- og utenriks bulknett overlapper hverandre. De tilsammen ti nye nodene i Nordsjøen åpner for en viss forfining av nettverket i Nordsjøen.

Lenkene er lagt som et kompromiss mellom det å sikre kortest mulig transport og det å tilføre færrest mulig nye lenker. Kort transportvei er prioritert etter hvor mye som transporteres per 2002.

Lengder på lenkene er bestemt ved å måle på kart over Nordsjøen med målestokk 1:2500000.

#### Forsyninger til kontinentalsokkelen

For å håndtere forsyningstransport til sentroidene på norsk sokkel er sentroidene knyttet til nettverket for innenriks sjøtransport (s). Det er lagt opp til samme system på leveringene mellom baser på fastlandet og soner i Nordsjøen som framgår av tabell 3.6 foran<sup>9</sup>.

Alle forsyningsbasene har en node i umiddelbar geografisk nærhet tilknyttet nettverket for innenriks sjøtransport (s), unntatt Mongstad<sup>10</sup>. Det er derfor opprettet en link som kobler Mongstad til innenriks sjønnett. Det går lenker fra hver sentroide på norsk sokkel til de nodene utenfor kysten som er aktuell for å nå forsyningsbasen via lenker i nettverket for innenriks sjøfart. Lengdene på linkene er som for sjøtransport bestemt ved å måle på kart over Nordsjøen med målestokk 1:2500000.

## 3.5 Kostnadsfunksjoner for petroleumstransport

I dette kapitlet er det redegjort for hvordan kostnader og priser for tjenester levert fra sektoren olje- og gasstransport med rør til Fastlands-Norge til utenlandske destinasjoner er beregnet.

Det er i dag et etablert nettverk av rørledninger som frakter olje og/eller gass mellom kontinentalsokkelen, fastlandet og kontinentet. Ved åpning av et nytt oljefelt, avveies kostnadene ved å legge ny rørledning opp mot alternativet som er bøyelasting med tank-

---

<sup>7</sup> Statpipe C og Sleipner Øst kondensatrørledning.

<sup>8</sup> Troll Oljerør ( I og II ) og Zeepipe II ( A og B ).

<sup>9</sup> Et noe mer detaljert leveringsmønster er implementert i transportmodellen.

<sup>10</sup> Node nr 21017 (LEIR).

skip. Rørledningene går for en del over norsk område til det land oljen eller gassen skal anvendes. Dersom et felt ligger dels i norsk og dels i britisk sokkel (f eks Murchison feltet), utvikler operatørselskapet felles løsning som ofte forhandles i forkant av utbyggingen. Nye felt kobler seg I noen tilfeller til eksisterende rørledning på felt I nærheten som har ledig kapasitet en kan leie. Vurdert opp mot kostnadene ved bøyelasting med skip kan en rørledning da være økonomisk lønnsomt.

### 3.5.1 Beregning av faste og variable kostnader

Produksjonsverdien av rørtransporttjenester er gitt fra Nasjonalregnskapsberegningene (NR). SSB publiserer ikke separate tall for hver av de to NR sektorene 'Oljetransport med rør' og 'Gasstransport med rør', av hensyn til detaljeringsgrad og usikkerhet i data-materialet.

Produksjonsverdien er gitt i løpende og faste priser og var i 2002 på nær 16 mrd kr i løpende priser. Fra samme kilde får vi også tall for

- lønnskostnader
- avgifter/subsidier<sup>11</sup>
- kapital slit (beregnet etter prinsippet for gjenanskaffelsesverdi<sup>12</sup>)
- driftsresultat (som inkluderer kapitalkostnader og avkastning på egenkapital)

Av dette kan vi sette opp et fullstendig driftsregnskap for "næringen".

Variable kostnader er lønnskostnader og eventuelle avgifter og subsidier som avhenger av produsert mengde (i NR sjargong "vareavgifter og varesubsidier").

Øvrige kostnader er faste kostnader (kapital slit og kapitalkostnader).

For å få et anslag på kapitalkostnadene i sektoren har vi brukt tallet NR har beregnet av realkapital på olje og gasstransport med rør. Realkapitalen i NR-forstand er en beregnet størrelse for de ressurser som er medgått, regnet til dagens verdi eller gjenanskaffelsesverdi (fratrukket kapital slit)<sup>13</sup>.

---

<sup>11</sup> Det er ingen avgifter eller subsidier for disse tjenestene (rørtransport av olje og gass). Det er heller ingen varehandelsavanse på olje og gass i NR. Det vil si at markedsverdien er lik basisverdien.

<sup>12</sup> Det vil si at verdien av realkapitalen omvurderes årlig til pris for hver kapitalart i beregningsåret. Derved kan vi få store hopp i realkapitalen målt i løpende priser selv om fastpristallene er noenlunde jevne fra år til år.

<sup>13</sup> Næringen beregner kapitalkostnader som renten av *historisk anskaffelseskostnad for investeringen*. Kapitalkostnader beregnet på grunnlag av gjenanskaffelsesverdi (som benyttes i NR) er gjerne større enn summen av de historiske anskaffelseskostnader fratrukket skattemessige avskrivninger (i næringen).

Tabell 3.8. Beregning av kapitalkostnader i løpende priser. Mill kr. 1998-2002.  
TØI rapport 697/2004.

	1998	1999	2000	2001	2002
Produksjonsverdi målt i basisverdi <sup>14</sup>	15163	16596	15207	15617	15913
Realkapital nedlagt innen olje- og gasstransport med rør	79963	78031	76016	75303	70817
Kapitalkostnad (beregnet rente 8% av realkapitalen) (1)	6397	6242	6081	6024	5665
Kapitalslit (2)	3767	3860	3965	3849	3670
Samlede kapitalkostnader (1) + (2)	10164	10102	10046	9873	9335

Kilde: SSB og TØI

Tall for realkapitalen er gitt fra SSB. Vi har anslått en rente på 8 % som en gjennomsnittlig avkastning på realkapitalen<sup>15</sup>. Kapitalslitet er nasjonalregnskapstall beregnet av SSB.

Av tabell 3.8 ser vi at de samlede kapitalkostnadene er redusert i nominell verdi fra 10,2 mrd kr i 1998 til 9,3 mrd kr i 2002. Sammenholder vi kapitalkostnadene med produksjonsverdien i basisverdi, ser vi at disse utgjør om lag to tredjedeler.

Tall i basisverdi vil for rørtransport være lik markedsverdi. Produksjonsverdien var i 1998 15,2 mrd kr og i 2002 er den beregnet til 15,9 mrd kr.

Variable kostnader i sektoren er små, og består av lønnskostnader og kjøp av varer og tjenester.

Tabell 3.9. Variable kostnader innen olje og gasstransport med rør. Mill kr. TØI rapport 697/2004.

	1998	1999	2000	2001	2002
Lønnskostnader i rørsektoren	179	197	470	470	513
Produktinnsats (kjøp av varer og tjenester)	1166	1361	1362	1475	1536
Samlede variable kostnader	1345	1558	1832	1945	2049

Kilde: Nasjonalregnskapet SSB

Variable kostnader er betydelig lavere enn faste kostnader, men er økt fra 1,3 mrd kr i 1998 til 2,0 mrd kr i 2002.

Driftsresultatet har økt litt nominell verdi fra 10,1 mrd kr i 1998 til 10,2 mrd kr i 2002, kapitalkostnadene er inkludert i driftsresultatet.

Dersom alle kostnader inkludert kapitalkostnader trekkes fra driftsresultatet, framkommer renprofitten for sektoren. Gjennomsnittlig avkastning i årene 1998 til 2002 er på ca 5 % (se tabell 3.9). Kapitalslitet er trukket ut før driftsresultatet beregnes.

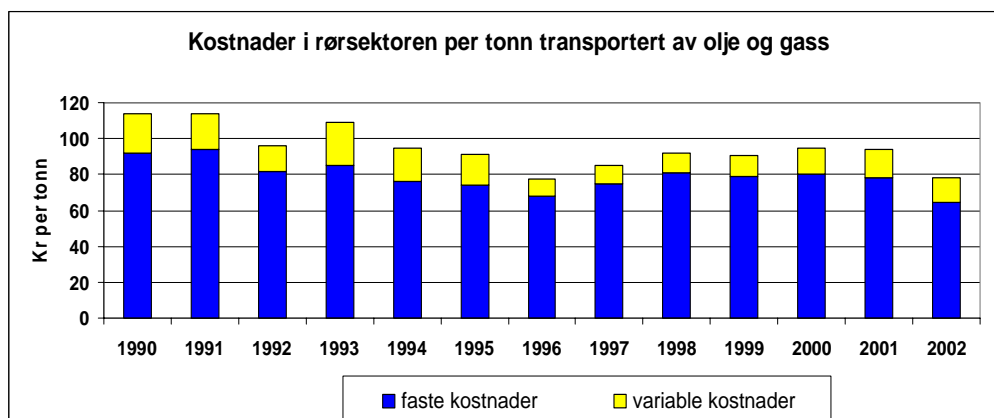
<sup>14</sup> Basisverdi er et begrep i nasjonalregnskapet som betyr at markedsverdien er redusert med alle avgifter og subsidier dvs merverdiavgift, spesielle vareavgifter og evt subsidier både på produsentleddet og på varehandelsleddet. I dette tilfellet (rørtransport fra kontinentalsokkelen) er disse tjenestene ikke pålagt moms eller andre avgifter. Det betyr at markedsverdi og basisverdi blir like.

<sup>15</sup> Dette samsvarer med Finansdepartementets anbefalinger for nivå på kalkulasjonsrenten.

Tabell 3.10. Driftsresultat og renprofitt i rørsektoren. Mill kr. 1998-2002. TØI rapport 697/2004.

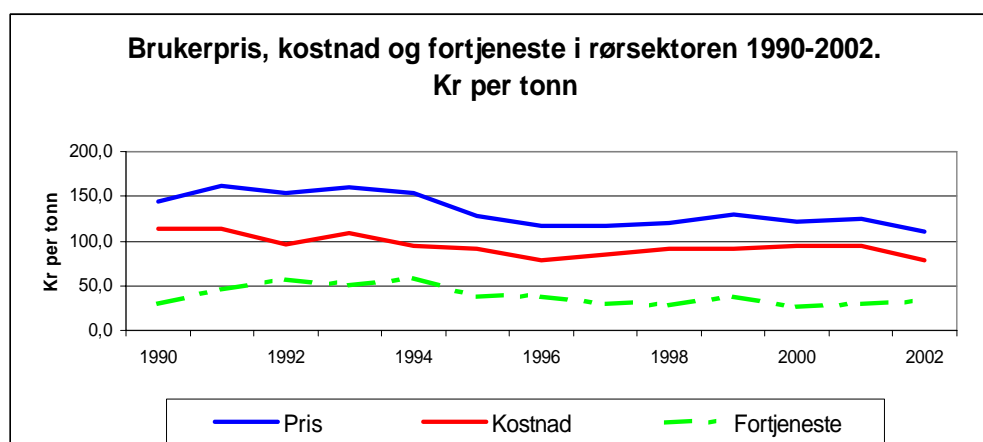
	1998	1999	2000	2001*	2002*
Driftsresultat i rørsektoren (1)	10051	11178	9410	9823	10194
Beregnete kapitalkostnader (2)	6397	6242	6081	6024	5665
Renprofitt i rørsektoren (1) – (2)	3654	4936	3329	3799	4529
Renprofitt i prosent av realkapitalen	5 %	6 %	4 %	5 %	6 %

Kilder: Nasjonalregnskapet og TØI



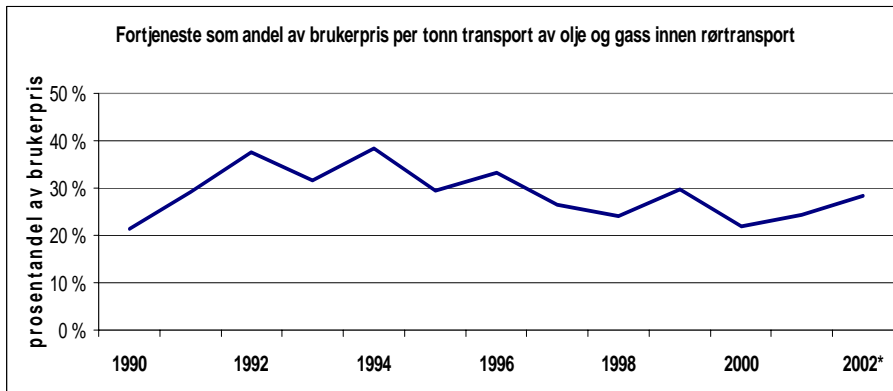
Figur 3.1. De totale kostnader per tonn for olje og gass transportert i rørsektoren, fordelt på faste og variable kostnader. Kr per tonn. TØI rapport 697/2004.

Vi ser av figur 3.1 at rørsektoren har hatt en nedgang i kostnader per tonn fra 1990 til 2002. De variable kostnadene er små i forhold til de faste. Kostnadsreduksjonen fra 1990 til i dag, skyldes særlig lavere kapitalkostnader. Dette skyldes tekniske forbedringer i rørsektoren, i tillegg til nettverkseffekter: Når en viss nettverksstørrelse er etablert, vil nye olje- eller gassfelt kunne koples inn i rørrnettverket til lavere kostnad og kapasitetsutnyttelsen blir bedre.



Figur 3.2. Endringer i kostnaden for rørtjenester som brukeren betaler (kostnad per tonn). Tilsvarende kostnadstall og tall for fortjenesten i rørsektoren også regnet per tonn. TØI rapport 697/2004.

I figur 3.2 ser vi at kostnad per tonn olje og gass transportert har sunket fra 150 kr per tonn til vel 110 kr per tonn fra 1990 til 2002. Kostnadene er redusert, men fortjenesten av å investere i rørsektoren har ligget på rundt 50 kr per tonn transportert. Fortjenesten per tonn transportert olje eller gass, ligger mellom 21 og 38 prosent av kostnaden per tonn (se fig 3.3).

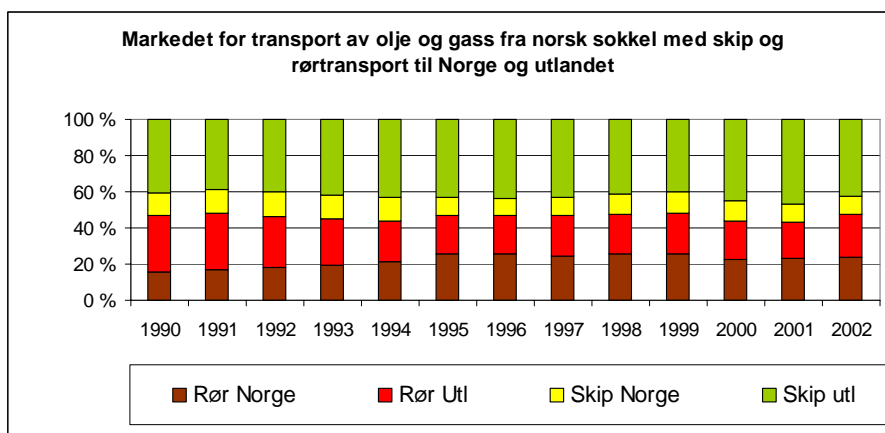


Figur 3.3. Fortjeneste som prosentandel av prisen som kjøperen betaler for rørtjenester fra norsk sokkel til Norge og utlandet. TØI rapport 697/2004.

Hvorfor er det så vidt gode fortjenesteforhold innen rørtransport av olje og gass? For det første er slike rørledninger antakelig rimelige i forhold til bøyelastinger med skip så lenge leveransene går til et europeisk markedet. For oversjøisk salg er bøyelasting lønnsomt. For det andre har en store nettverksgevinster ved et rørnett. Et nytt felt behøver ikke legge rørgaten lengre enn til neste felt dersom dette allerede har en rørledning med ledig kapasitet. Dette gjør at det vil være en tendens til fallende marginalkostnader for rørtransporttjenester ved utvikling av nye olje og gassfelt som ligger i nærheten av eksisterende felt og som leverer til de samme markedet.

### 3.5.2 Transportmarkedet for olje og gass

Totalt sett transporteres noe mer olje og gass med skip enn i rørledning (målt i tonn). Andelen transportert i rørledning har svingt rundt 45% og er i 2002 nær toppen for årene etter 1990 med ca 48 prosent av alle tonn transportert fra norsk sokkel.

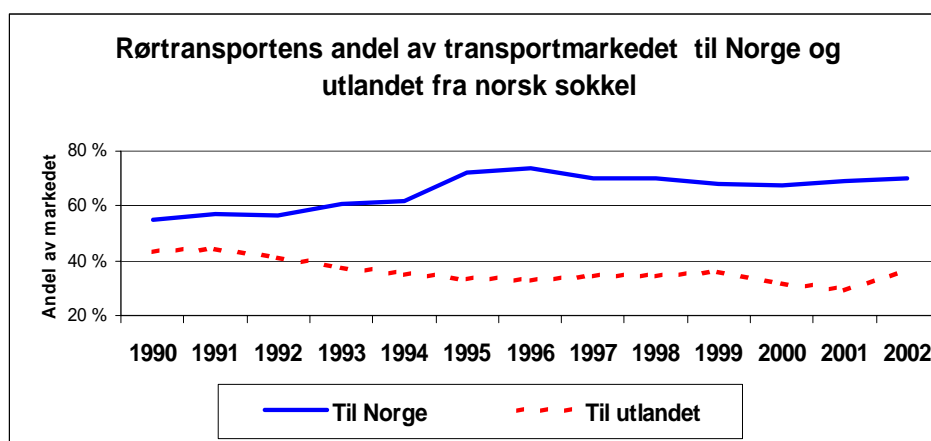


Kilde: Rideng (2003).

Figur 3.4. Transportmiddelfordelingen olje og gass fra norsk sokkel til Norge og utlandet. TØI rapport 697/2004.

Av figur 3.5 ser vi at skipstransportene av olje og gass er fra 1,5 til 2,5 ganger større enn de tilsvarende rørtransport til utlandet. For transport fra norsk sokkel til Norge brukes rør mer enn skip; her er skipstransportene bare 50 % av rørtransporten.

Figur 3.5 viser at skip har økt sin andel av eksport av olje og gass i forhold til rørtransport, mens forholdet er omvendt for transport til Norge. Her har rørtransporten økt sin markedsandel på bekostning av bøyelasting med skip.



Figur 3.5. Markedsandelen som rørtransport har av olje- og gasstransportene til hhv Norge og utlandet. 100 % er summen av all rørtransport fra norsk sokkel. TØI rapport 697/2004.

Vi ser at markedsandelen som rørtransport har av transportene til Norge har økt fra 55% til vel 70%. Den var aller høyest midt på nittitallet, da andelen var 73-74%. For at rørtransport skal kunne konkurrere med bøyelasting må det være en industriell anvendelse (raffineri eller gassbehandlingsanlegg) av gassen eller oljen i Norge. Norsk forbruk av olje og gass alene vil ellers ikke kunne forsvare kostnadene til en egen rørledning til et så lite marked som det norske.

Rørtransportens markedsandel har for eksport av olje og gass vært synkende fram til 2001, mens den har økt noe i 2002. Dette kan skyldes sammensetningen av eksporten (destinasjonssted som er avgjørende ved transportmiddelvalg). Andelen har falt fra 43 % i 1990 til 30% i 2001, mens i 2002 økte den til 36% av totalt antall tonn eksportert av olje og gass fra norsk sokkel.

### 3.5.3 Utforming av kostnadsfunksjon

For å kunne beregne transportkostnadene i transportmodellen, må kostnadene pr tonn transportert spesifiseres som en lineær funksjon, der konstantleddet (tilsvarende terminalkostnadene), mens det variable leddet varierer med transportdistanse og/eller transporttid.

#### Kostnader ved rørtransport

Kapitalkostnadene  $K$  på et rør fra et felt til neste felt eller terminal er:

$$(1) \quad K(l, r, q) = q \cdot l \cdot (1+r)^{(t-t_0)}$$

$l$  er lengden på røret målt i km

$r$  er renten

$q$  er kostnaden ved å bygge en km rør

$t$  er beregningsåret

$t_0$  er det tidspunktet rørsystemet på den aktuelle linken var ferdig



Kapitalkostnadene er faste kostnader og må beregnes som en andel av realkapitalen nedlagt i rørsektoren på norsk sokkel. Realkapitalen er gitt fra nasjonalregnskapet. Hver del av rørsystemet kan dermed beregnes som en andel av denne. Andelen kan bestemmes ut fra antall km rør som en del av rørsystemet utgjør av totalen.

De variable kostnadene er beregnet per tonnkm. Selv om både nettverket og tonnmengden som sendes gjennom nettet er likt i to situasjoner, kan transportarbeidet variere pga endringer i produksjons og handelsmønstre. La  $Z$  være framføringskostnaden per tonn. Denne vil avhenge både av antall tonn ( $x$ ) som sendes igjennom rørsystemet og lengden på transporten ( $l$ ). Det vil si at

$$(2) \quad Z = Z(x, l)$$

Terminalkostnaden er en funksjon av antall tonn

$$(3) \quad T = T(x) \text{ der } T'(x) = T$$

$T$  = Terminalkostnadene tonn

Samlet transportkostnad blir da:

$$(4) \quad B(x, l) = Z(x, l) * x + T(x) * x = (Z(x, l) + T(x)) * x$$

der de partiellderiverte av kostnadsfunksjonen  $B_x' > 0$  og  $B_l' > 0$  som vil si at kostnadene øker med volum og transportavstand.

Marginalkostnaden ved å transportere ytterligere et tonn, vil da være lik:

$$(6) \quad B'(x) = Z'(x, l) + T'(x)$$

som er den marginale transportkostnaden per tonn pluss marginal terminalkostnad. Det vil være denne kostnaden som skipstransporten vil være nødt for å krype under dersom en alternativt velger å bøyelaste fra et felt.

I realiteten vil aldri bøyelasting være lønnsomt hvis det først er etablert et rørsystem. Det er ex ante at en kan regne på om bøyelasting er lønnsomt. Ex post er valget gjort. Da vil det også bli mindre og mindre lønnsomt å legge ny rørledning i stedet for å bøyelaste.

#### Terminalkostnader for rørtransport

Med terminalkostnader regnes kostnader som rørselskapet må påregne ved å få oljen og gassen hhv inn i og ut av rørsystemet. Terminalkostnadene varierer med volumet av olje eller gass som sendes gjennom rørsystemet, men ikke av hvor langt olje eller gassen transporteres.

For å beregne terminalkostnadene tas det utgangspunkt i de faste kostnadene i tabell 3.8, og dividerer disse kostnadene med mengde olje/gass gjennom rørsystemet. Dette er gjort i tabell 3.11.

Tabell 3.11. Beregning av terminalkostnader for rørtransport av olje og gass. TØI rapport 697/2004.

		1998	1999	2000	2001	2002
Faste kostnader (mill kr)	A	10164	10102	10046	9873	9335
Mill tonn olje og gass transportert med rør til Norge og utlandet	B	25.6	128.5	125.7	125.9	145.1
<b>Terminalkostnader (kr pr tonn)</b>	<b>A/B</b>	<b>80.92</b>	<b>78.62</b>	<b>79.92</b>	<b>78.42</b>	<b>64.34</b>

Vi ser av tabell 3.11 at vi får en terminalkostnad som ligger mellom 78 og 81 kr pr tonn i perioden fra 1998 til 2001. I 2002 får vi en terminalkostnad som er betydelig lavere (64 kr). Dette kan komme av at tallene for 2002 ikke er revidert enda, og at det derfor er knyttet vesentlig større usikkerhet til disse. En fornuftig verdi på terminalkostnadene for

rørtransport kan derved se ut til å være 79 kr pr tonn. Da det er terminalkostnader både knyttet til inn- og uttransporten, må kostnaden divideres med 2 for å få kostnaden i hver ende av transportkjeden.

*Terminalkostnaden for rørtransport er beregnet til 79 kr pr tonn, som tilsvarer 39,50 kr pr tonn ved hhv innføring og utføring i rørledningen*

Fra St. melding nr 9 (2002-2003) Om innenlands bruk av naturgass mv er terminalkostnadene beregnet til 5,8 øre per  $\text{Sm}^3$  (Standard kubikkmeter). Omregningsfaktorer mellom ulike typer av enheter framgår av tabell 3.12.

Tabell 3.12. Omregningsfaktorer for LNG<sup>1</sup>. TØI rapport 697/2004.

	Tonn LNG	M3 LNG	Sm3 naturgass
1 tonn LNG		2,22	1360
1 m3 LNG	0,45		615
1 Sm3 naturgass	$0,735 \times 10^{-3}$	$1,63 \times 10^{-3}$	

<sup>1</sup> Flytende naturgass, -162 grader Celsius og en atmosfæres trykk

For sammenlikningens skyld må kostnadene omregnes til tonn. Vi har benyttet definisjonen av et tonn som framgår av tabell 3.11. Det vil si at terminalkostnadene for gass pr tonn er kr 78,88 ( $1 \text{ Sm}^3 = 1360$  tonn LNG som vil si at  $5,8 \text{ øre} \times 1360 = 7888$  øre). Dette viser med andre ord at beregningene våre støttes fullt ut av det som er lagt til grunn i St. melding nr 9 (2002-2003)

#### Variable rørtransportkostnader

Variable kostnader er kostnader som varierer med omfanget av transporten, dvs både hvor mye som transporteres, men også hvor lang transporten er. For å beregne disse kostnadene tas det utgangspunkt i de variable kostnadene i tabell 3.9 foran, og dividerer med det transportarbeidet<sup>16</sup> av olje og gass i rørledning.

Tabell 3.13. Beregning av variable kostnader for rørtransport av olje og gass. TØI rapport 697/2004.

		1998	1999	2000	2001	2002
Variable kostnader (mill kr)	<b>C</b>	1345	1558	1832	1945	2049
Mill tonnk m for transport av olje og gass til Norge og utlandet	<b>D</b>	19920	20096	19807	23075	27623
<b>Variable kostnader (kr pr tonnk m)</b>	<b>C/D</b>	<b>0.068</b>	<b>0.078</b>	<b>0.092</b>	<b>0.084</b>	<b>0.074</b>

Det framgår av tabell 3.11 at de variable kostnadene for rørtransport har ligget rimelig konstant mellom 7 og 9 øre i perioden 1998 til 2002. Et rimelig anslag på de variable kostnadene kan derfor se ut til å være 8 øre pr tonnk m for rørtransport.

*De variable kostnadene for rørtransport er beregnet til 8 øre pr tonnk m*

<sup>16</sup> For en mer detaljert framstilling av hvordan transportarbeidet for olje og gasstransport i rør er framkommet, vises det til Jean-Hansen (2003).

Fra St. melding nr 9 (2002-2003) Om innenlands bruk av naturgass mv er det variable kostnadsleddet beregnet til å være mellom 3 og 7 øre pr tonnkilometer. Vi ser derfor at det variable leddet vi har kommet fram til ligger noe i overkant av dette. Det kan skyldes at nivået på transportarbeidet for rørtransport (spesielt knyttet til eksporten) er blitt noe lav i våre beregninger.

**Kostnadsfunksjonen blir altså:**

$$B'(x) = T'(x) + Z'(x,l)$$

$$B'(x) = 39,50 \text{ kr/tonn} + 0,08 \text{ kr/tonn} * km$$

## 4 Fartøysbevegelser

I godstransportmodellen NEMO beregnes transportarbeid for hvert transportmiddel på grunnlag av matriser for godsstrømmer mellom kommuner i Norge og mellom kommuner i Norge og utlandet. For mange formål er det mer hensiktsmessig å kunne hente ut opplysninger om trafikkarbeid eller antall fartøy/kjøretøy som passerer eller anløper snitt i nettverket. Dette er særlig relevant i forbindelse med bl a rollen som Nasjonal transportplan har satt seg ved å utrede om det er kapasitetsproblemer med dagens infrastruktur og identifisering av hvor kapasitetsproblemene finnes. Generelt er farleder og havner dimensjonert etter fartøyene som trafikkerer disse. Vi tar derfor i dette kapittelet for oss å utvikle en metode for å beregne antall transportmidler på snitt i nettverket.

### 4.1 Begrensninger og føringer i modellverktøyet

Godstransportmodellen NEMO er implementert i modellverktøyet STAN, som legger føringer for hva som er mulig å få til ved beregning av antall transportmidler i modellen.

Transportmodellen består av fire hovedelementer: 1) Matriser som skal representere godsstrømmer mellom kommuner i Norge og til/fra utenrikssoner, fra der varene produseres til der de leveres til sluttbruker, 2) Nettverk som skal representere infrastrukturen for de ulike transportmidlene (veg-, sjø-, jernbane, fly- og rørtransport), 3) Kostnadsfunksjoner som skal representere hhv transportørens operative kostnader relatert til framføring av godset, samt kvalitative kostnader som er vareeiers (ikke betalte) kostnader knyttet til at det tar tid å transportere godset og at det er forventet risiko knyttet til forsinkelse og skade på godset under transporten, og endelig 4) Optimaliserings og nettløsningsprosedyrer.

Valg av transportløsning bestemmes ut fra den transportkjede og transportrute som fører til at de generaliserte<sup>17</sup> transportkostnadene minimeres. For en varegruppe og en kombinasjon av til- og frasoner, fordeles alt gods til en transportkjede i modellen. Ut fra plott eller utlistering for enkeltlenker eller grupper av lenker i modellverktøyet får man oversikt over hvilke godsvolum som transporteres på ulike snitt i nettverket.

Med dette som utgangspunkt er det en del føringer og begrensninger som ligger til grunn for å beregne antall transportmidler på snitt i nettverket i STAN:

1. Antall transportmidler med last beregnes på grunnlag av transportmiddelfordelte godsstrømmer, ved å benytte omregningsfaktorer for gjennomsnittlig lastvekt pr tur (for turer med last).
2. Modellverktøyet behandler ikke rutemønsteret for rutegående transportmidler, men fordeler godset på direkterelasjoner, dvs fra/til-reelasjoner. For skip som går i faste rutemønstre, dvs at flere havner anløpes underveis på en tur, medfører det et avvik mellom lastmengde pr anløp og gjennomsnittlig last pr skip. Da vi ikke har hatt opplysninger om lastmengde pr skip, men gjennomsnittlig lastvekt pr anløp i havn, vil det kunne føre til at man i noen grad overestimerer antall fartøy i ytre farleder, men en burde treffe rimelig bra i den del av leden som går ut og inn av

<sup>17</sup> Med generaliserte transportkostnader menes summen av operative og kvalitative transportkostnader.

havn. For noen varegrupper vil dette være et større problem enn for andre, spesielt gjelder det stykk gods som går med rute- og linjefart, mens bulktransportene gjerne går med fullastede skip mellom to havner<sup>18</sup>.

3. En må benytte en felles lastfaktor for hver kombinasjon av transportmiddel og vareslag. Dette fordi at i modellen fordeles alt gods av en vare som transporteres mellom ett gitt sonepar til en transportløsning, hvilket innebærer at godsstrømmen ut av opprinneshavnen og inn til destinasjonshavnen må være like, og for at også antall fartøy mellom disse to havnene skal være like, må en felles omregningsfaktor benyttes.
4. Antall transportmidler uten last beregnes på grunnlag av godsstrømmene som går i motsatt retning, og metoden for dette presenteres i kapittel 4.2.

## 4.2 Tomme transportmidler i godsmodellen

I STAN som NEMO er implementert i finnes en modul som omregner fra transportarbeid til trafikkarbeid eller antall transportmidler i nettverket på grunnlag av opplysninger om gjennomsnittlig lastmengde pr tur<sup>19</sup> for turer med last, som også ligger til grunn for parameterne i kostnadsfunksjonene. Jean-Hansen (2003) har beregnet gjennomsnittlig lastmengde pr anløp for skip i innen- og utenriksfart, basert på et utvalg av de offentlige trafikkhavnene i Norge. Et problem som oppstår dersom en direkte anvender modulen i STAN for omregning fra godsstrømmer til antall transportmidler på grunnlag av gjennomsnittlig lastmengde for turer med last, er at en bare får et anslag for antall kjøretøy med last. Vi ønsker også å inkludere de tomme kjøretøyene i beregningene av antall kjøretøy i nettverket, og vil derfor i det følgende presentere en metode som muliggjør dette.

I kapittelet har vi benyttet fellesbetegnelsen transportmiddel, som her skal dekke hele spekteret av transportmidler, dvs skip, lastebil og tog.

### 4.2.1 Begreper

I en presentasjon på PTRC-konferansen i Cambridge i 2002, presenterer Holguin-Veras og Thorson et paper som tar for seg en metode for hvordan en kan modellere tomme turer for laste- og varebiler. I artikkelen benyttes terminologien nulte, første og n-te ordens turkjeder. Da dette ikke er vanlig terminologibruk ved TØI, tar vi først med definisjonen på hva som menes med disse begrepene:

Med nulte ordens turkjede, menes den enkleste av alle turkjeder, nemlig at et transportmiddel kjører fra opprinnelsessted (a) til destinasjonssted (b) og så tilbake til opprinnelsesstedet (a). Dvs at en turkjede bare går mellom to soner. Med første ordens turkjede er dimensjonen økt med en sone og det antas at turen går som en rundtur, men at det bare er tre soner å velge mellom. Med n-te ordens turkjede er det n soner å velge mellom, og det innføres derved en betinget sannsynlighet for hvilken sone som blir den neste destinasjonen i en turkjede, i tillegg til at det innføres en sannsynlighet for om transportmidlet ikke får returlast (dvs sannsynligheten for at transportmiddelet returnerer tomt).

---

<sup>18</sup> Hadde en i stedet benyttet opplysninger om gjennomsnittlig last i skipet, ville usikkerheten i første rekke ligget på lenken inn mot havn, og i mindre grad i ytre led.

<sup>19</sup> Der en tur i SSBs Lastebiltelling er definert som: **1) for turer med last**, som kjøring med last fra pålastings- til avlastingsstedet. Dersom det er lastet på og lesset av flere steder underveis, regnes turen fra første pålastingssted til siste avlastingssted. **2) For turer uten last**, regnes en tur som f eks returkjøring eller kjøring til det sted der lasten hentes.

I STAN behandles ikke turkjeder av høyere enn nulte orden, men i programpakken Cube Cargo, som det pr tiden vurderes om NEMO skal konverteres til, kan turkjeder ivaretas for noen transporer.

#### 4.2.2 Metode

I artikkelen til Holguin-Veras og Thorson (2002) tas det utgangspunkt i at en har en matrise for varestrømmer ( $m_{ij}$ ) mellom opprinnelsessted (i) og destinasjonssted (j), der;

$d_{ij}$  er distanse (turavhengig variabel) mellom opprinnelses- og destinasjonssted (ij)

$a_{ij} = g(d_{ij})$  er gjennomsnittlig lastmengde (tonn pr tur) mellom i og j, som kan variere med distanse (og relasjon)

$x_{ij} = m_{ij} / a_{ij}$  er estimert antall turer med last mellom i og j

$y_{ij} = f(x_{ij}, d_{ij})$  er estimert antall tomme turer mellom i og j

$z_{ij} = x_{ij} + y_{ij}$  er estimert antall turer i alt (tomme og med last) mellom i og j

Den enkleste formulering av hvordan en kan beregne antall transportmidler mellom i og j ble fremstilt i en artikkel av Noortman og vanEs (1978), og framkommer som forholdet mellom varestrømmen ( $m_{ij}$ ) og gjennomsnittlig lastmengde pr tur ( $\bar{m}$ ) i snitt for turer med og uten last, og som er en konstant som kan beregnes på grunnlag av empirisk materiale. Det er denne tilnærmelsen som initialt ligger inne i STAN-modulen for omregning til antall transportmidler:

$$z_{ij} = \frac{m_{ij}}{\bar{m}} \quad (1) \quad \text{STAN-formuleringen}$$

Ett skritt videre er presentert i en artikkel av Hautzinger (1984), der det antas at antall tomme turer mellom i og j er en funksjon av varestrømmen i motsatt retning (dvs fra j til i), multiplisert med en konstant  $p_0$  som bestemmes empirisk og som er sannsynligheten for ikke å få returlast. Dette leder til følgende uttrykk for antall transportmidler mellom i og j:

$$z_{ij} = \frac{1}{a_{ij}} (m_{ij} + p_0 m_{ji}) \quad (2)$$

Der  $a_{ij}$  er gjennomsnittlig lastmengde (tonn pr tur) mellom i og j, som kan variere med distanse (og relasjon). Formuleringen til Hautzinger tar i tillegg hensyn til basislokaliseringen til transportmidlene som følger:

$$z_{ij} = \frac{(p_i m_{ij} + p_j m_{ji})}{a(1 - (1 - p_i)(1 - p_j))} \quad (3)$$

Hvor  $p_i$  og  $p_j$  kan tolkes som sannsynlighetene av å returnere tomme for transportmiddel lokalisert i hhv i og j.

Disse fremgangsmetodene bygger på en forutsetning om at tomme transportmidler fraktes tilbake til hovedbasen, som ledd i en forenklet transportkjede, der transportmidlene bare går mellom to soner (dvs ser bort fra rundturer). I Holguin-Veras og Thorson er totalt antall turer mellom i og j,  $z_{ij}$  antatt å være en tilfeldig variabel med to komponenter: Turer med ( $x_{ij}$ ) og uten last ( $y_{ij}$ ), der forventet antall biler i alt mellom i og j ( $z_{ij}$ ) kan uttrykkes ved:

$$E(z_{ij}) = E(x_{ij}) + E(y_{ij}) \quad (4)$$

Det forventede antall turer med last antas å være lik varestrømmen  $m_{ij}$  dividert med gjennomsnittlig lastmengde,  $a_{ij}$  (for turer med last):

$$E(z_{ij}) = \frac{m_{ij}}{a_{ij}} + E(y_{ij}) \quad (5)$$

Forventningsverdien til turer uten last kan anta flere utforminger, avhengig av hvilke antakelser som gjøres. Forventet antall tomme turer kan f.eks. antas å avhenge utelukkende av varestrømmen i motsatt retning,  $m_{ji}$ . Da kan uttrykket over erstattes av:

$$E(z_{ij}) = \frac{m_{ij}}{a_{ij}} + \frac{m_{ji}}{a_{ji}} P_{ij}^E = \quad (6) \quad (\text{Noortman og van Es' modell})$$

Der;

$P_{ij}^E$  er sannsynligheten for at returtransporten fra  $i$  til  $j$  er uten last.

#### 4.2.3 Eksempel: NVE-modellen

For å illustrere gevinsten av å innføre en parameter som tar hensyn til at antall transportmidler som passerer et snitt i nettverket også avhenger av godsstrømmen i motsatt kjøretretning og sannsynligheten for ikke å få returlast, har vi tatt med et eksempel, som inngår i artikkelen til Holguin-Veras og Thorson (2002), og som er et eksempel der det bare er to soner. Eksempelet tar utgangspunkt i NVE-modellen, dvs. modell 6. Følgende variable inngår:

- M      varestrømsmatrisen
- a      gjennomsnittlig lastmengde pr tur (10 tonn), som antas å være uavhengig av transportretningen ( $a_{ij}=a_{ji}$ )
- p      sannsynligheten for ikke å få returlast (0,4)

Antall turer med last ( $X$ ), kan uttrykkes ved matrisen:

$$X = \frac{M}{a} \quad (i)$$

Antall turer uten last ( $Y$ ), kan uttrykkes ved matrisen:

$$Y = pX' \quad (ii)$$

Totalt antall turer ( $Z$ ), kan uttrykkes ved matrisen:

$$Z = X + Y = \frac{M}{a} + pX' \quad (iii)$$

OD-matrisen for godsstrømmene kan representeres ved følgende matrise (to soner):

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 10,000 \\ 20,000 & 0 \end{bmatrix} \quad (iv)$$

OD-matrisen for antall turer med last blir da (gitt gjennomsnittlig lastmengde på 10 tonn pr tur med last):

$$X = \frac{M}{a} = \begin{bmatrix} 0 & 1000 \\ 2000 & 0 \end{bmatrix} \quad (v)$$

Tilsvarende OD-matrise for antall turer uten last kan da uttrykkes ved følgende matrise, gitt en sannsynlighet for ikke å få returlast på 0,4:

$$Y = pX' = \begin{bmatrix} 0 & 800 \\ 400 & 0 \end{bmatrix} \quad (\text{vi})$$

Det totale antall turer blir da:

$$Z = X + Y = \begin{bmatrix} 0 & 1000 + 800 \\ 2000 + 400 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1800 \\ 2400 & 0 \end{bmatrix} \quad (\text{vii})$$

Sammenliknbare matriser blir da (v) som er antall turer dersom en ikke tar hensyn til tomme kjøretøy, og (vii), og vi ser da at ubalansen i antall turer mellom de to sonene er redusert. Full likhet mellom antall transportmidler i de to retningene vil en få dersom sannsynligheten for ikke å få returlast settes lik 1.

### 4.3 Beregning av sannsynligheter for ikke å få returlast

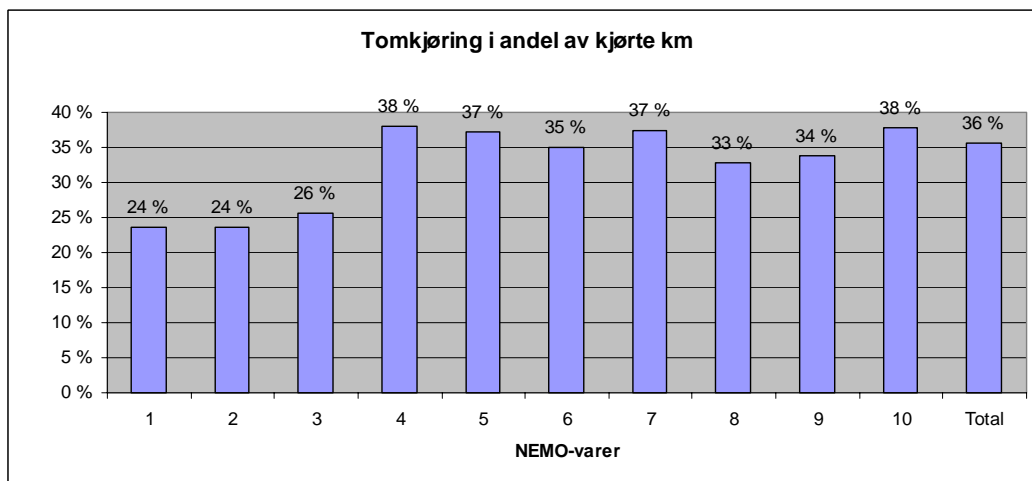
Før man kan implementere en modul for omregning fra transport til trafikkarbeid i NEMO, må sannsynligheten for at et kjøretøy ikke får returlast kvantifiseres. Best grunnlag for å kvantifisere denne sannsynligheten har vi for lastebiler, der bakgrunnsdata fra SSBs Lastebiltelling kan benyttes<sup>20</sup>. For sjøtransport har man SSBs telling for løsfart langs kysten fra 1993 som eneste datagrunnlag, mens for jernbane har vi ikke turspesifikke data. Derfor lager vi i stedet et estimat ut fra skjevheter i retningsbalanse for jernbanetransport på grunnlag av en oversikt vi har fått fra NSB Gods (nå CargoNet AS).

#### Vegtransport

I utgangspunktet er vi interessert i å finne varespesifikke sannsynligheter for at et kjøretøy ikke får returlast. Nå er det slik at varegruppe bare kan spesifiseres i tellingen for turer med last. Vi har derfor gjort beregningene i to trinn, der vi først har beregnet trafikkarbeid for turer med og uten last fordelt etter hhv vareslag og kjøretøytype. Deretter har vi beregnet trafikkarbeid etter kjøretøytype og varegruppe. Ved å multiplisere "trafikkarbeid etter kjøretøytype og varegruppe" med "tomkjøringsandeler for hver kjøretøytype", kommer vi fram til et anslag på tomkjøringsandelene for hver varegruppe som framkommer av figur 4.1:

<sup>20</sup> Vi har benyttet SSBs Lastebiltellinger 1996 til 1999 som datagrunnlag, dette fordi at fra år 2000 inngår ikke lenger biler med tillatt nyttelast under 3,5 tonn i Lastebiltellingen.



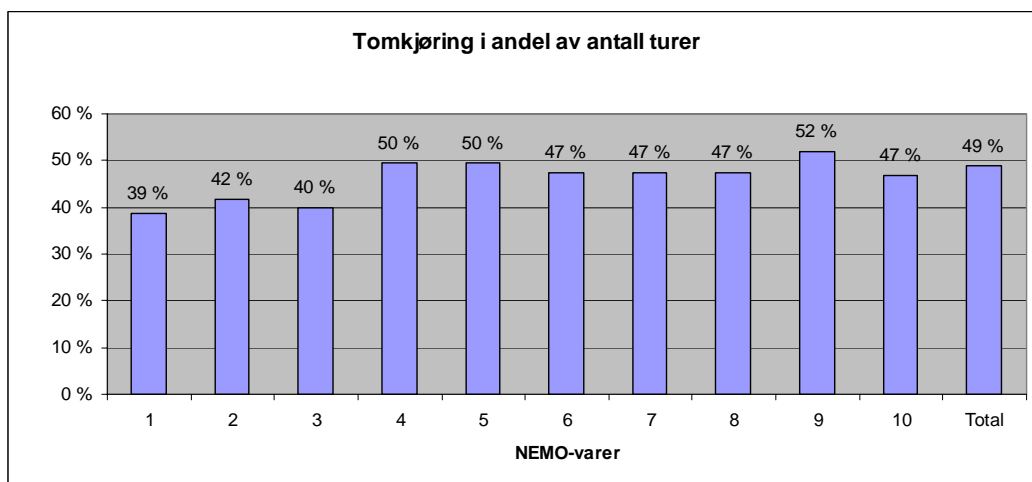


Kilde: SSBs Lastbiltelling 1996 til 1999.

Figur 4.1. Tomkjøring i prosent av kjørte kilometer, etter NEMO-vare og i alt. Lastebiltransport. TØI rapport 697/2004.

Tomkjøringsandelen er høyest for vare 4 (transportmidler og maskiner), vare 5 (diverse stykkgoods), vare 7 (sand, grus og jord) og vare 10 (petroleumsprodukter). For disse varene ligger tomkjøringsandelen rundt 37 prosent av kjørte kilometer. Lavest tomkjøring har varegruppene 1, 2 og 3 (matvarer, fisk og termovarer), med ca 25 prosent tomkjøringsandel av total utkjørt distanse.

Vi har også beregnet tomkjøring som andel av antall lastebilturer for hver varegruppe. Disse andelene framgår av figur 4.2:



Kilde: SSBs Lastbiltelling 1996 til 1999.

Figur 4.2. Tomkjøring i prosent av antall turer, etter NEMO-vare og i alt. Lastebiltransport. TØI rapport 697/2004.

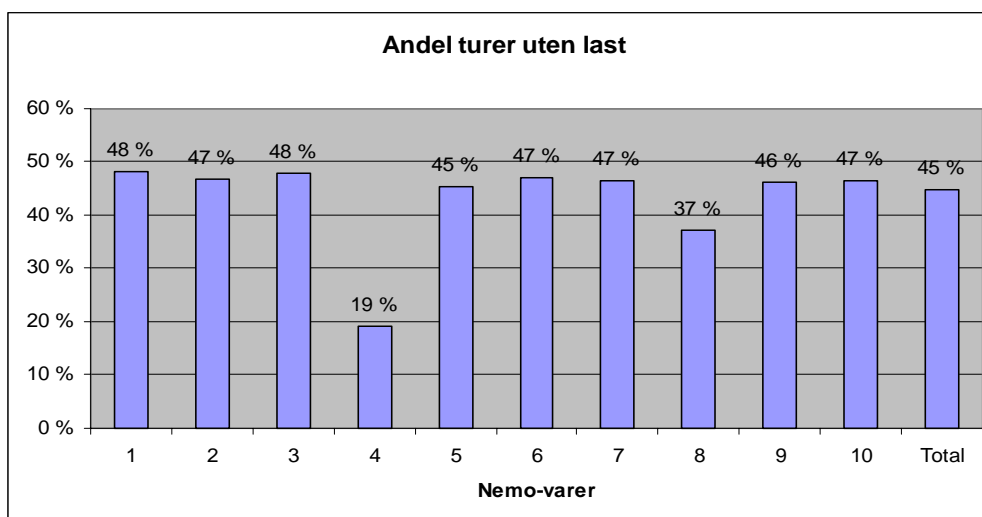
I gjennomsnitt utgjør antall turer uten last halvparten av alle lastebilturer, men fordi gjennomsnittlig transportavstand for turer uten last betydelig lavere enn for turer med last, er tomkjøringsandelene langt lavere når de er relatert til transportavstand enn relatert til antall turer. Nettopp det at gjennomsnittlig distanse for turer uten last er lavere enn for turer med last er kjernen i den problemstillingen vi har gått gjennom tidligere i dette kapittelet mht høyere ordens turekjeder. Hadde gjennomsnittlig turlengde for turer med og uten gods vært lik, ville det bety at kjøretøyet går med gods den ene veien, men tom

tilbake. Når gjennomsnittlig turlengde er kortere for turer uten last, betyr det at transportøren søker å minimere kjøring uten last ved at ruteplanlegging planlegges nettopp ut fra det formål at distanse uten gods blir kortest mulig.

Da vi i STAN må operere med en sannsynlighet for returtransport som er uavhengig av transportdistanse<sup>21</sup> og transportretning, vil det være mest hensiktsmessig å benytte sannsynligheter for returtransport som er relatert til transportdistanse og ikke til antall turer. Tomkjøringsandelen relatert til antall turer er betydelig høyere enn tomkjøringsandelen relatert til utkjørt distanse, noe som skyldes at gjennomsnittlig turlengde for turer med last er betydelig lenger enn for turer uten last.

### Sjøtransport

For sjøtransport har vi tatt utgangspunkt i turspesifikke data fra SSBs Løsfartstelling fra 1993, til å anslå sannsynligheten for tomtransport. Tilsvarende som for lastebiler har en ikke mulighet til å beregne de varespesifikke sannsynlighetene direkte på grunnlag av turdata fra SSBs undersøkelse av leie og egentransport på kysten. Vi har derfor gjort beregningene i tilsvarende trinn som for lastebiltransport, der vi først har beregnet andelen turer med og uten last fordelt etter hhv vareslag og fartøytype. Ved å multiplisere ”andelen turer med og uten last etter fartøytype og varegruppe” med ”andelen turer med og uten last for hver fartøytype”, kommer vi fram til et anslag på tomkjøringsandelene for hver varegruppe. Dette framkommer av figur 4.3:

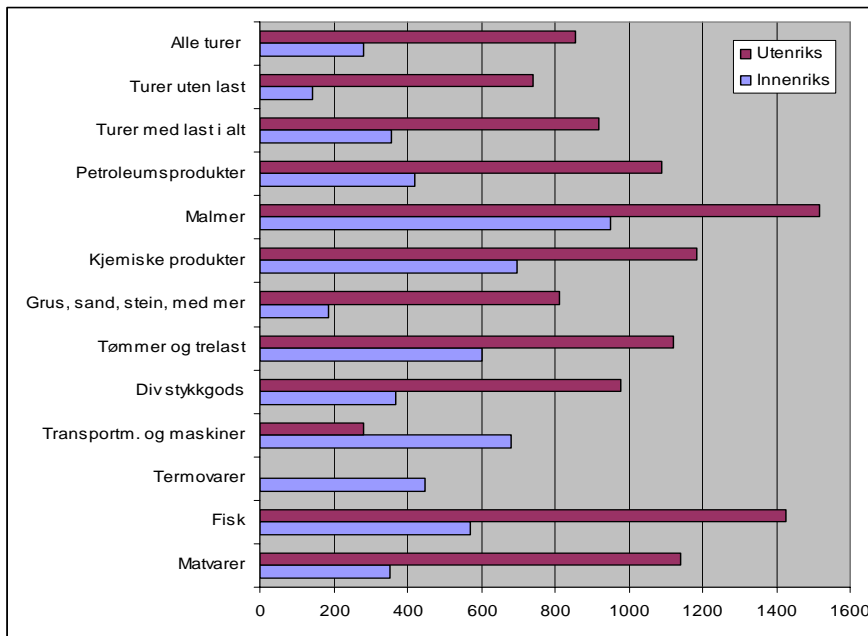


Kilde: Leie og egentransport på kysten, SSB 1993.

Figur 4.3. Tomkjøring i prosent av antall turer, etter NEMO-vare og i alt. Kystfart. TØI rapport 697/2004.

Turer uten last utgjør nært opp mot 50 prosent av totalt antall turer, også for sjøfarten. Her finner vi størst avvik for varegruppe 4 (Transportmidler og maskiner) og varegruppe 8 (Kjemiske produkter). Gjennomsnittlig transportavstand varierer mye mellom varegrupper og for turer med og uten last for sjøtransport, noe som framgår av figur 4.4.

<sup>21</sup> STAN har en føring om at kostnader må utformes lineært mht transportdistanse.

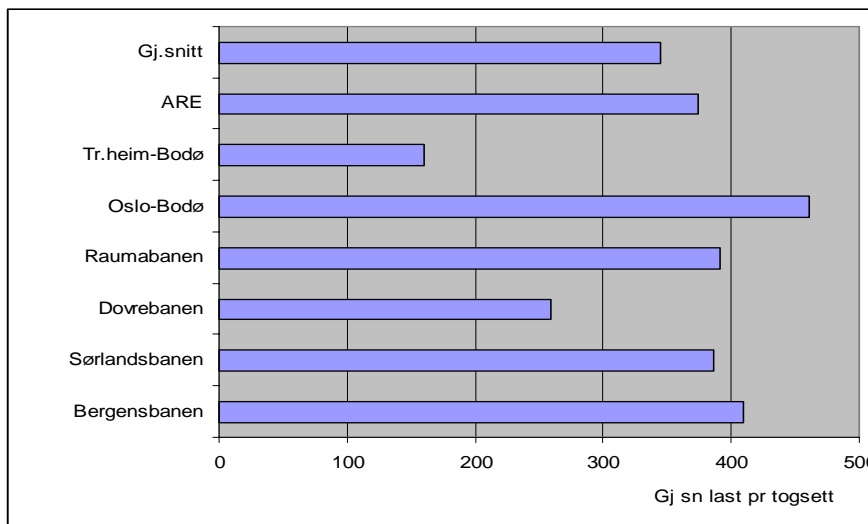


Kilde: Leie og egentransport på kysten, SSB 1993.

Figur 4.4. Gjennomsnittlig transportavstand etter varegruppe og innen-/utenriks. I km. TØI rapport 697/2004.

### Jernbanetransport

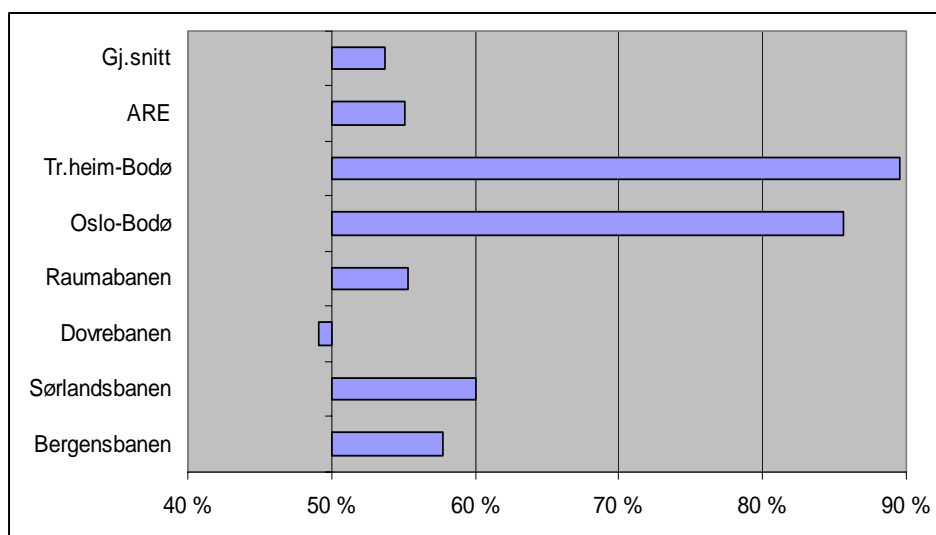
For jernbanetransport har vi ikke tilgang til opplysninger om kapasitetsutnyttelse, men vi har i stedet beregnet gjennomsnittlig lastmengde og skjevheter i retningsbalansen for hver av togstrekningene som CargoNet betjener.



Kilde NSB Gods (2000).

Figur 4.5. Gjennomsnittlig godsmengde pr avgang (retning fra Oslo)\*. TØI rapport 697/2004.

Gjennomsnittlig kapasitet pr vognsett er 25 vogner av 2 containere av en gjennomsnittslast på 15 tonn, dvs til sammen 750 tonn.



Kilde NSB Gods (2000).

Figur 4.6. Retningsbalanse for ulike delstrekninger, jernbanetransport. Andel av godset som har retning fra Oslo. TØI rapport 697/2004.

I sum for alle delstrekninger for jernbanetransport er lastmengden 26 prosent høyere for transportretning fra Oslo i forhold til motsatt vei.

Dette er ikke helt reelt da NSB Gods (CargoNet AS) ikke kjenner vekten på gods som er sendt, men bare antall containere med last. Tonnmengdene er derfor beregnet ved å bruke en oppgitt vekt på 15 per container med last, etter anbefaling fra NSB Gods (CargoNet AS).

## 4.4 Beregninger av lastvekt for skip i innen og utenriksfart

### 4.4.1 Definisjon av begrep

Vi har sett på lastvekter etter type last (stykkgods, bulk, tank, ro-ro), størrelse på havnene (etter godsomslag) og om det er skip mellom norske havner (lokal- og kystfart) eller utenriksfart.

Vi definerer her lastvekt som den lasten som lastes på eller losses i en havn. Gjennomsnittlig lastvekt er beregnet som summen av lastet og losset gods<sup>22</sup>, dividert med to ganger antall anløp. Vi har også beregnet lastefaktorer. Dette er lastvekten som hvert skip i gjennomsnitt har målt i forhold til skipets bruttotonnasje som forkortes BT. BT er et mål på hvilket volum et fartøy har i skipets lukkede rom. Lastefaktor for hver skipstype er beregnet som ulike skipstypers gjennomsnittlige last (i antall tonn) dividert på gjennomsnittlig skipsstørrelse målt i bruttotonn (BT). BT-målet passer ikke like bra som et kapasitetsmål for alle skipstyper, da noen skip har et større andel av det lukkede rommet over vannlinjen enn andre. F eks har ro/ro-skipene en stor andel av det lukkede rommet over vannlinjen, noe som gjør at dette i mindre grad kan benyttes som lastrom, og en vil få en lavere utnyttelsesgrad i andel av BT for disse skipene enn for tankskip som har en større andel av det lukkede rommet under vannlinjen.

<sup>22</sup> Vi har ikke tilstrekkelige opplysninger tilgjengelig til å kunne beregne separate tall for hhv lastet og losset kvantum.

#### 4.4.2 Datagrunnlag

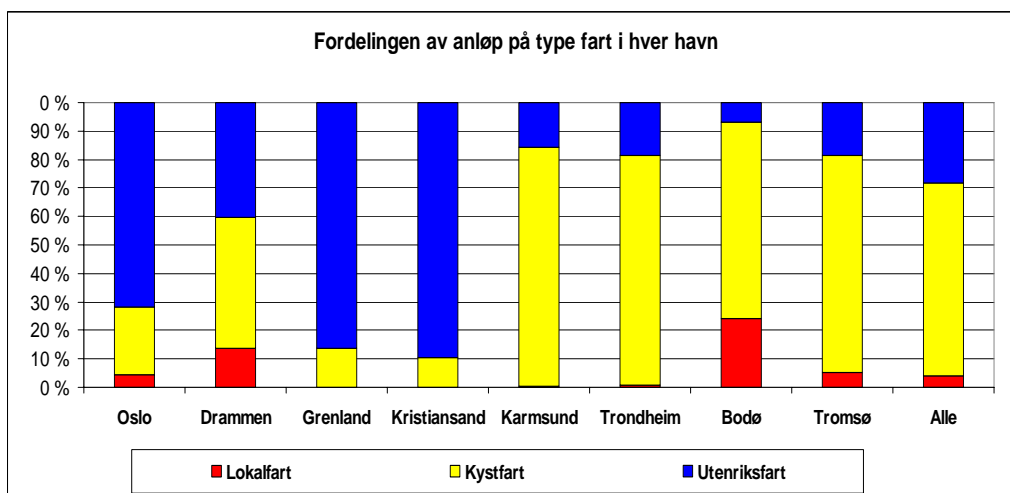
Vi har innhentet en rapport fra PortWin statistikken<sup>23</sup> som viser tonnmengder for hver skipstype. Denne rapporten heter "R008 Anløp og gods pr fartøytype". Det er viktig å merke seg at statistikken er ny og representerer en stor forbedring av havnestatistikken i norske havner. Det gjøres antakeligvis en del feil ved utfyllingen av statistikken, noe som framgår ved sammenligning av statistikken for de forskjellige havnene.

Vi har innhentet data for 8 havner (Oslo, Drammen, Grenland, Kristiansand, Karmsund, Trondheim, Bodø og Tromsø). Bortsett fra Grenland, Kristiansand og Oslo, synes de andre 5 å representere "typiske norske havner".

Det skilles mellom tre typer av fart:

- lokalfart (lokal frakt og rutefart i området rundt en større trafikkhavn)
- kystfart (frakt- og rutefart mellom norske trafikkhavner)
- utenriksfart (fart mellom en norsk og utenlandsk havn)

De havnene vi har valgt å se på har ulikt trafikkmønster som framgår av figur 4.7.



Figur 4.7. Trafikkfordeling etter antall anløp (lokal-, kyst- og utenriksfart) i hver av havnene i 2002. TØI rapport 697/2004.

Oslo, Grenland og Kristiansand er havner som har mye utenrikstrafikk, mens Karmsund, Trondheim og Tromsø har mest kystfart. Bodø er en havn med mye lokalfart, mens Drammen er en havn med alle typer av fart godt representert.

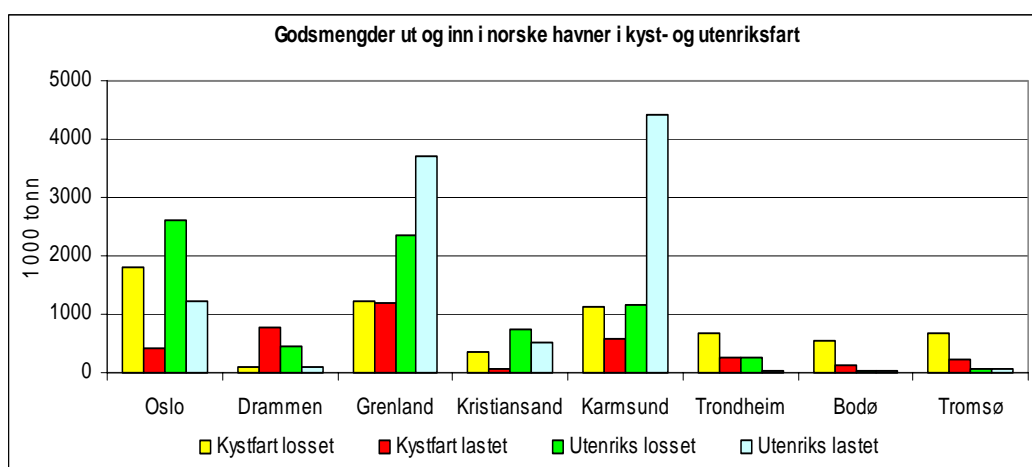
En må forvente at de havner som har en del lokalfart har mindre skipsstørrelser og lastvekter per anløp enn havner som ikke har slik lokalfart. Dette skyldes at skip i lokalfart ofte er mindre enn skip i vanlig kystfart.

<sup>23</sup> PortWin er et operativsystem for havneadministrasjon, der produksjon av havnestatistikk er et av anvendelsesområdene. Følgende havner i Norge er såkalte PortWin havner (det er bare havner av en viss størrelse som pålegges å fylle ut denne statistikken av SSb): Oslo, Drammen, Moss, Borg, Tønsberg, Larvik, Grenland, Kristiansand, Egersund, Karmsund, Sandnes, Stavanger, Florø, Nordfjord, Kristiansund, Ålesund, Trondheim, Levanger/Verdal Brønnøy, Rana, Bodø, Narvik og Tromsø.

#### 4.4.3 Gjennomsnittlig lastvekt for skip i innen- og utenriksfart

Vi vil se på lastvekt for innen- og utenriksfart i sammenheng, dette skyldes at det er stor usikkerhet i statistikken. Vi har ikke oversikt fra skjemaet hvor mye som er losset og lastet i lokalfart og kystfart separat, men dette er slått sammen til en observasjon per skip i innenriksfart. Dette øker antall anløp uten at telleren i tallet for lastvekt behøver å øke så mye, da det gjerne er små lastmengder i lokalfart.

Samlet er antall tonn lastet og losset i disse 8 havnene vi har sett på nær 35 mill tonn<sup>24</sup>. Det meste fra kystfarten som er losset, går til betjening av konsum og byggevarer til befolkningen, mens det som er lastet utenriks gjerne er fra eksportbedrifter som er av mindre interesse for norsk infrastruktur. Dette er ofte varer som omlastes over private industrikaier som ligger i umiddelbar nærhet til industrien.



Figur 4.8. Godsmengde lastet og losset i 2002 i en del norske havner. 1000 tonn. (Tonnmengdene i havnene er all last utenom last fra gassskip. TØI rapport 697/2004.

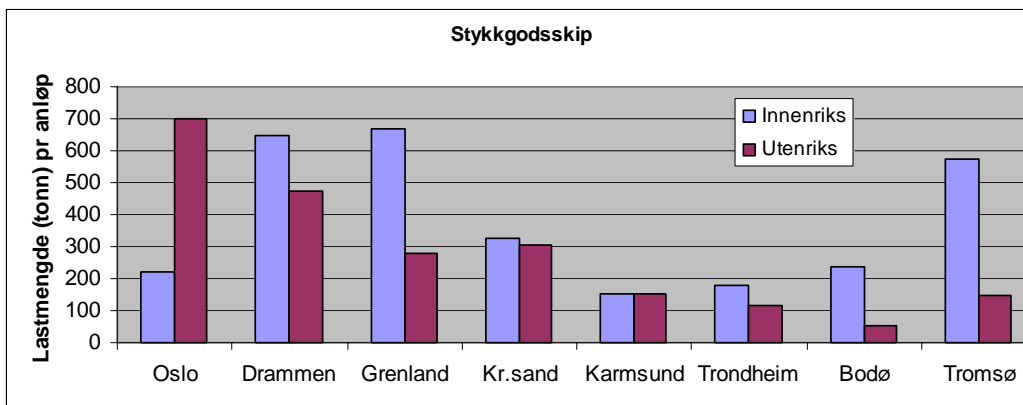
Oslo har mest innkommet gods, både fra utlandet og fra andre havner i Norge. Grenland er en havn med mye utenriks gods og kystgods. Dette gjelder også for Kristiansand. Karmsund er en eksporthavn for bulkvarer (både tørr- og våtbulk som utgjør henholdsvis 15 og 75 prosent av utenriks lastet). Trondheim, Bodø og Tromsø er typiske lokalhavner som i første rekke betjener næringsliv og befolkning i det lokale omlandet med gods (i tillegg må det tas med at Tromsø er en stor fiskerihavn, men at fisk ikke rapporteres i PortWin, fordi mottak av fisk innrapporteres etter Råfiskloven til Fiskeridirektoratet).

Drammen havn er også en lokalhavn, men i tillegg har Drammen havn en nasjonal funksjon som importhavn for frukt/grønnsaker, biler og bildeler.

<sup>24</sup> Gasskip er holdt utenom (i alt 5,1 mill tonn).

#### 4.4.4 Stykkgodsskip

Lastmengde for stykkgodsskip i de åtte havnene framgår av figur 4.9:



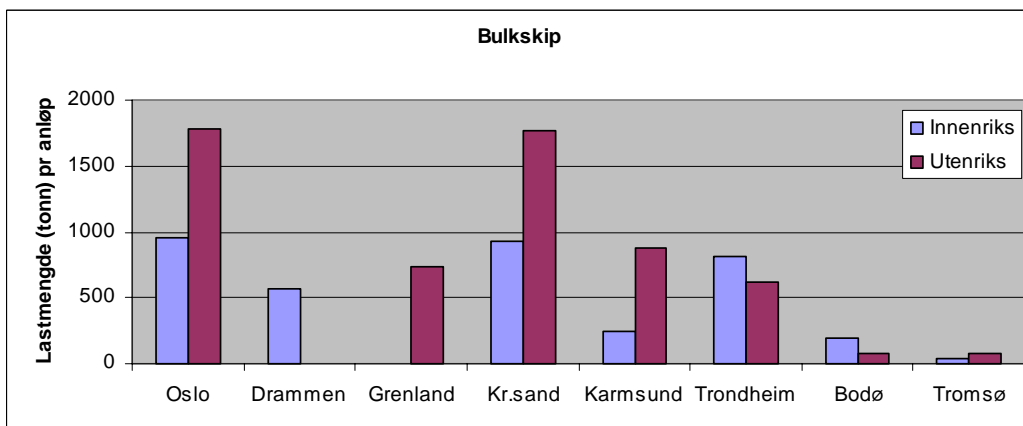
Figur 4.9. Lastmengder per anløp av stykkgodsskip i 8 norske havner i 2002. (Lastmengden er satt lik det antall tonn som er losset og lastet per anløp). TØI rapport 697/2004.

Relativt flest anløp av stykkgodsskip finner vi i Karmsund (35 %), og med 10 % hhv i Oslo, Trondheim og Bodø. De andre havnene har lavere andeler av alle anløp av slike skip.

Bortsett fra i Oslo er lastmengdene per anløp lavere i utenriksfart enn for kystfart i havnene vi har tall for. Dersom en skulle bruke et gjennomsnitt for stykkgodsskip vil det være 600 tonn i innenriksfart for de større havnene og 200 tonn for de mindre havnene. Mens for utenriksfart vil tilsvarende tall være 1250 tonn for en stor havn og 500 tonn for en mindre havn.

#### 4.4.5 Bulkskip

Lastmengde for bulkskip i de åtte havnene framgår av figur 4.10.



Figur 4.10. Lastmengder per anløp for bulkskip for 8 norske havner. (Lastmengden er satt lik det antall tonn som er losset og lastet per anløp). TØI rapport 697/2004.

Lastmengdene for tørrbulkskip er størst for utenrikstransport i Oslo og Kristiansand (1750 tonn), Karmsund (900 tonn), mens Grenland havn er det ikke registrert innenlandske bulklaster i 2002. I de øvrige havnene er gjennomsnittlig lastmengde lavere (fra

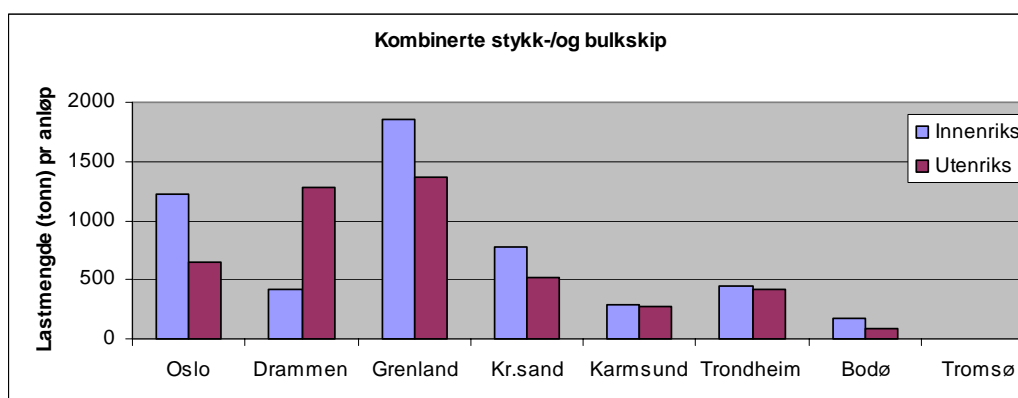
600 tonn og nedover). Gjennomsnittlig lastmengde for bulklast i kystfart ligger fra 1000 tonn og nedover til nesten 0 for Tromsø.

Karmsund har flest anløp (54%) av bulkskip, men også Oslo og Tromsø har mange anløp av bulkskip (16 % og 14 %).

#### 4.4.6 Kombinerte skip i bulk- og stykkgodsfart

Lastmengde for kombinerte stykkgoods-/bulkskip i de åtte havnene framgår av figur 4.12.

Det er mindre forskjeller i lastmengdene for kyst og utenriks gods i hver havn enn for de øvrige lasttypene vi har sett på (stykkgoods og bulk). Grenland havn har særlig mange slike anløp (48 %), men også Karmsund (18%) og Kristiansand (8%) har en del slike anløp.

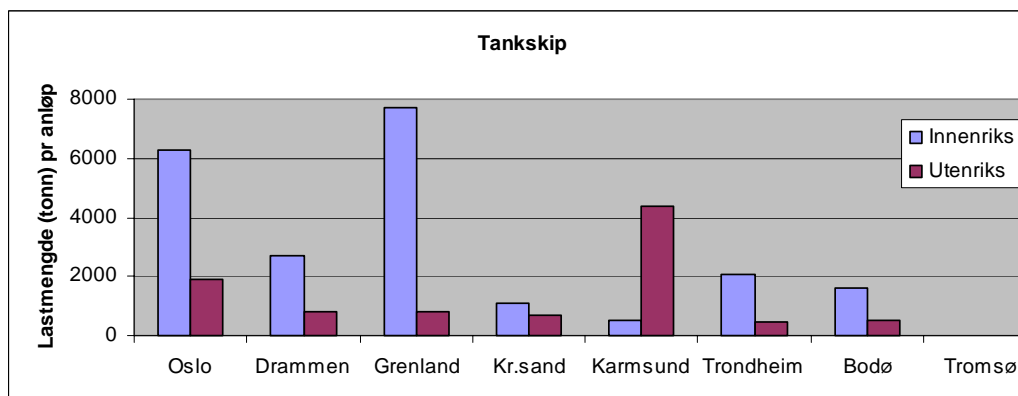


Figur 4.11. Lastmengder for kombinerte stykkgoods og bulk skip. Antall tonn per anløp. 2002. TØI rapport 697/2004.

Dette viser at lastmengdene er svært ulike for kombinerte stykkgoods og bulkskip, men lastmengdene i kystfart ser ut for å være noe større enn i utenriksfart. Dette kan skyldes at det er last inn og ut (losset og lastet) i kystfart, mens det i større grad bare er en retning på utenriks gods (losset eller lastet).

#### 4.4.7 Tankskip

Lastmengde for tankskip i de åtte havnene framgår av figur 4.12.



Figur 4.12. Lastmengder for tankskip i kyst og utenriksfart. TØI rapport 697/2004.



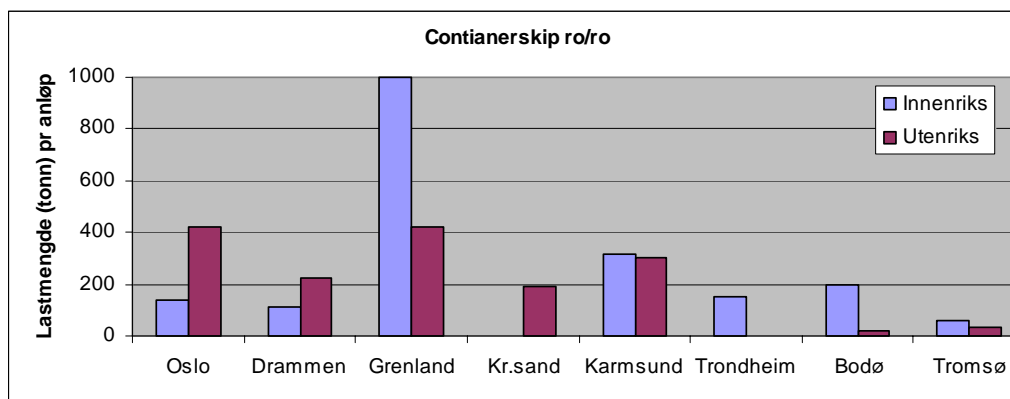
For tankskip er det store forskjeller i gjennomsnittlig lastmengde pr anløp for kystfart som ligger helt opp i 16000 tonn per anløp i Grenland, mens det er små lastmengder i mange av havnene både i kyst og utenriksfart.

Flest tankskipsanløp er det i Karmsund (39 %), Grenland (24 %) og i Oslo (15 %). Anløpene er jevnt fordelt mellom kystfart og utenriks fart i Karmsund og Oslo, mens i Grenland er det vesentlig grad utenriks anløp.

Det er derfor sannsynlig at lastvektene for tankskip utenom Oslo havn er ganske små; For tankskipsanløp i kystfart synes Karmsunds nivå på 500 tonn per anløp rimelig, mens for tankanløp i utenriksfart er disse gjennomgående større, og 1000 synes å være et rimelig anslag pr anløp. For Oslo er det rimelig å bruke betydelig større lastvekter 5000 tonn for kystfart og 2000 tonn i lastvekt for tankskip i utenriksfart.

#### 4.4.8 Containerskip ro-ro

Lastmengde for containerskip ro-ro i de åtte havnene framgår av figur 4.13.



Figur 4.13 Lastmengder for anløp av ro-ro containerskip i 8 havner i 2002 i kyst- og utenriksfart. TØI rapport 697/2004.

Det framgår av figur 4.13 at det er en del containerskip som anløper norske havner (5 % av alt gods i våre 8 havner). Dette er i alt vesentlig grad ro-ro-skip, lo-lo-skip finnes omtrent bare i Oslo. Det er større lastvekter for lo-lo i Oslo havn enn det er for ro-ro. I 2001 sluttet Ro-ro-fartøy å trafikkere Oslo havn<sup>25</sup>.

Anløpene med ro-ro skip domineres i Grenland (26 %), Karmsund (24%) og av Oslo (15 %) og Tromsø (13 %). I Grenland og Karmsund er det helt vesentlig utenriksfart som dominerer denne skipstypen, mens for Tromsø er det så og si bare kystfart. I Oslo er trafikken godt fordelt mellom kyst og utenriksfart.

Ut ifra dette synes det å være riktig å bruke for Oslo 125 tonn per anløp i lastvekt for kystfart og tilsvarende for andre norske havner bare 75 tonn per anløp. For anløp i utenriksfart er det rimelig å sette 400 tonn for Oslo og Grenland, mens for andre havner bør lastvekten settes lavere f eks om lag 250 tonn.

#### 4.4.9 Oppsummering

Vi kan oppsummere våre funn som vist i tabell 4.1.

<sup>25</sup> Resterende ro-ro-trafikk i Oslo havn går nå med fergene.

Tabell 4.1. Anbefalte lastvekter per skipsanløp for ulike skip i større og mindre havner i Norge. Tonn per anløp der losset og lastet er summert. 2002. TØI rapport 697/2004.

Skipstype	Innenriks		Utenriks	
	Stor havn	Mindre havn	Stor havn	Mindre havn
Stykkogods	600	200	1250	500
Bulk	1 000	100	1750	900
Kombinert stykkogods/bulk	1 250	750	1000	500
Tank	5 000	500	2000	1 000
Ro-ro containerskip	125	75	400	250

Stort sett er det slik at lastvektene er større for utenrikstransporter enn for innenriks, men ikke for kombinerte bulk/stykkogods skip.

#### 4.4.10 Store og små havner

Hvilke havner kan regnes som små og store havner?

Vi har sett på Havneforbundets statistikk (år 2000) og gruppert denne etter antall tonn håndtert innen følgende lastkategorier (skilt etter innen- og utenriks gods):

- stykkogods
- bulk (tørrbulk)
- tank (våtbulk)

Statistikken gir ikke en fullstendig liste av havner i Norge, men den omfatter alle større private og offentlige havner, i alt 54 havner. En havn representerer ett havnedistrikt som kan være en samling av havner i mer enn en kommune (gjelder spesielt Grenland og Bergen). Rene fiskerihavner er ikke med i statistikken til Havneforbundet.

#### Stykkogods

For innenriks stykkogods kommer ikke Oslo havn opp på listen over de 10 største havnene, mens havna topper listen for utenriks stykkogods.

Godsomslaget i de havnene som har mer enn ½ mill tonn i godsomslag (innenriks eller utenriks), kan vi norsk stykkogodssammenheng klassifiserer som "store havner". Dette omfatter få havner; 5 havner for innenlandsk stykkogods (Bergen, Karlsund, Sandefjord (ro-ro gods), Halden og Mo i Rana, mens det omfatter alle de 10 havnene som er med i tabellen nedenfor for utenriks stykkogods.

Tabell 4.2. De 10 største stykkogodshavnene i Norge etter godsomslag (inn + ut). Mill tonn. 2000. (R 008 skjema er innhentet for de havnene som er uthevet.) TØI rapport 697/2004.

10 største havner Innenriks stykkogods	Mill tonn godsomslag	10 største havner utenriks stykkogods	Mill tonn godsomslag
Bergen og Omland	2,4	Oslo	3,0
Karlsund	2,1	Bergen og Omland	1,4
Sandefjord	0,7	Mo i Rana	1,1
Halden	0,6	Grenland	1,0
Mo i Rana	0,5	Larvik	0,9
Florø	0,4	Kristiansand	0,8
Bodø	0,4	Moss	0,6
Stavanger	0,4	Ålesund	0,6
Egersund	0,4	Borg	0,5
Tromsø	0,3	Levanger/Verdal	0,5
<b>10 størstes andel</b>	<b>73,0 %</b>		<b>79,0 %</b>

Kilde: Norsk Havneforbund (2000)

I de store havnene kan vi nytte lastvektene i fra tabell 4.1 som er hhv 1250 tonn for utenriks og 600 tonn for innenriks . For havner som ikke er nevnt her vil vi benytte lastvektene for mindre havner som er 500 tonn for utenriks gods og 200 tonn for innenriks stykkgoods.

### Tørrbulk

Vi bruker tilsvarende framgangsmetode for bulkmarkedet: Ved å benytte samme kriterium med minste godsomslag på ½ mill tonn gods, får vi at dette gjelder 6 havner for innenriks bulkfart og 9 havner for utenriksfart for bulk.

Lastvekt per anløp i store bulkhavner var for utenriksfart 1750 tonn og for innenriksfart 1000 tonn. Tilsvarende for små havner var lastvektene 900 tonn utenriksfart og bare 100 tonn for bulkfart innenriks.

Tabell 4.3. De 10 største tørrbulkhavnene i Norge etter godsomslag (inn + ut). Mill tonn. 2000. (R 008 skjema er innhentet for de havnene som er uthevet.) TØI rapport 697/2004.

10 største havner Innenriks bulk	Mill tonn godsomslag	10 største havner utenriks bulk	Mill tonn godsomslag
Oslo	1,7	Narvik	13,8
Brønnøy	1,4	Grenland	5,3
Stavanger	1,3	Mo i Rana	1,7
Karmsund	1,0	Borg	1,6
Grenland	1,0	Bergen og Omland	1,4
Drammen	0,7	Karmsund	1,3
Bergen og Omland	0,4	Egersund	0,5
Borg	0,4	Måløy	0,5
Narvik	0,4	Kristiansand	0,5
Moss	0,3	Sauda	0,4
<b>10 størstes andel</b>	<b>69,0 %</b>		<b>92,0 %</b>

Kilde: Norsk Havneforbund

### Våtbulk

Også for våtbulk benyttes tilsvarende framgangsmåte som over.

Det framgår av tabell 4.4 at tankfart er langt mer skjevfordelt enn bulk og stykkgoods. Oslo havn havner langt ned på lista fordi det er de store raffineringshavnene som dominerer (Bergen, Tønsberg, Karmsund og Grenland) . Deretter følger mindre industrihavner som Borg (Borregård) og Kristiansund (Tjeldbergodden). Etter disse igjen følger forsyning av tankprodukter til befolkning og næringsliv i de større byene nesten etter folketall.

Tabell 4.4. De 10 største tankhavnene i Norge etter godsomslag (inn + ut). Mill tonn. 2000. TØI rapport 697/2004.

10 største havner Innenriks tank	Mill tonn godsomslag	10 største havner utenriks tank	Mill tonn godsomslag
Bergen og Omland	22,2	Bergen og Omland	57,3
Tønsberg	5,9	Karmsund	4,4
Oslo	1,0	Tønsberg	4,2
Karmsund	0,8	Grenland	2,0
Borg	0,8	Borg	0,8
Kristiansund	0,6	Oslo	0,7
Trondheim	0,5	Stavanger	0,2
Hårstad	0,5	Måløy	0,2
Stavanger	0,4	Kirkenes	0,1
Tromsø	0,4	Kristiansand	0,1
<b>10 størstes andel</b>	<b>94,0 %</b>		<b>99,0 %</b>

Kilde: Norsk Havneforbund og Oslo havnevesen

Lastvektene for tankskipene var høyere for store havner innen kystfart (5000 tonn), mens den tilsvarende var bare 2000 tonn for utenriksfart.

For mindre havner som i denne sammenheng er under 0,4 mill tonn innenriks godsomslag og 0,1 mill tonn utenriks, er små tankskip som er alternative til landtransport og er på lastvekter på hhv 500 tonn i kystfart og 1000 tonn utenriks.

#### 4.4.11 Hvordan fordele skipstype på Nemo-varer

Vi er nå kommet til problemstillingen hvordan fordele hvilke skipstyper til hvilke varegrupper? Noen skipstyper burde være greie:

- Stykkgodsskip
- Tankskip

Verre er bulkskip og kombinerte stykkgoods/bulkskip som det er en del av. Likeledes er det heller ikke opplagt hvilke varer som fraktes med lasteskip ro-ro.

Et forslag kunne være:

- Stykkgoods Nemo varer 1, 3, 4 og 5.
- Bulk Nemo vare 6, 7 og 9. Vare 7 vil for en stor del bli fraktet i lektre som vi ikke har sett på i rapporten, men som vi har noe tall for lastvekter og størrelse i BT på fra R 008.
- Kombinert bulk og stykkgoods skip alle Nemovarer unntatt 2, 11 og deler av vare 7.
- Ro-ro Nemo vare 2, 5 og 11.
- Tank Nemo vare 8 og 10.

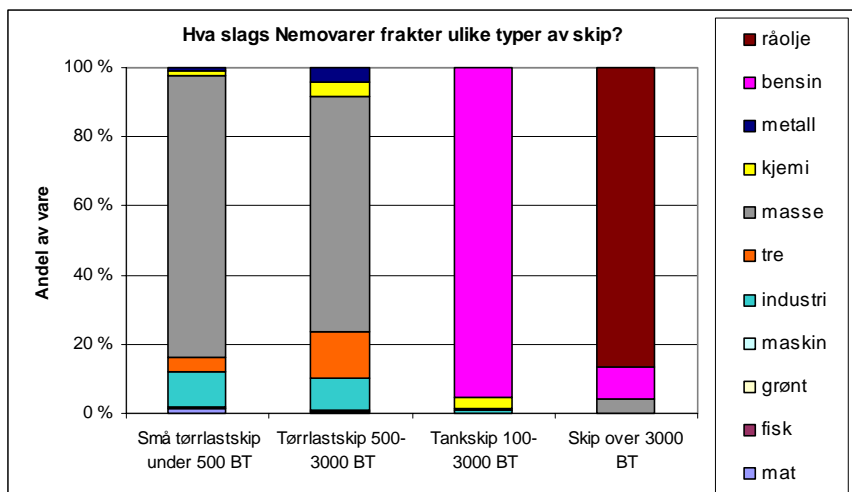
Antakeligvis er det betydelig større blanding av Nemovarer og skipstyper enn det som er foreslått over.

Kanskje kan vi se på hvilke skip som anløper en gitt havn og så se hvilke varer som i stor grad lastes og losses i denne havnen – gjøres dette for mange havner med ulik struktur vil resultatet gi en indikasjon av hvilke skip som frakter hvilke varer.

Fra SSBs undersøkelse av leie og egentransport på kysten har vi fått følgende data for hvilke skip som frakter hvilke varer:

- små tørrlastskip
- større tørrlastskip
- små tankskip
- større tankskip

Vi ser at det vesentlige frakt for store og små tørrlastskip er massevaren (Nemovare 7) og for små og store tankskip er det bensin, diesel for de små og råolje for de større tankskipene. Med tørrlastskip kan vi assosiere bulkskip som går med tørrbulk varer.



Kilde: Leie og egentransport på kysten 1993.

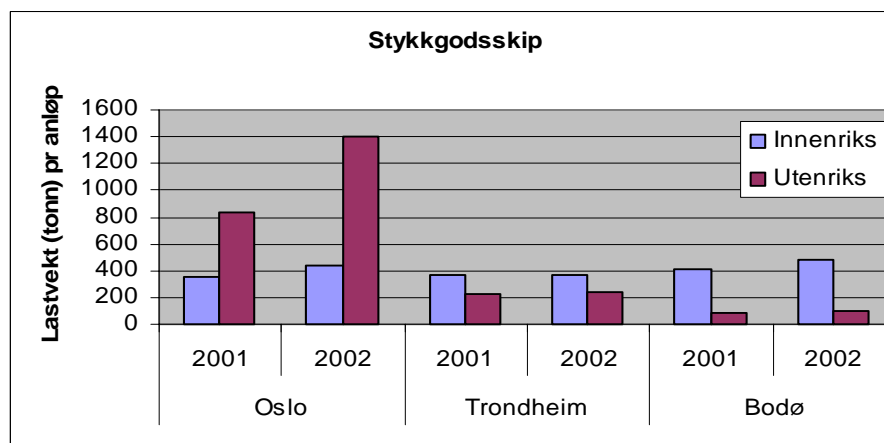
Figur 4.14. Antall tonn last fordelt på ulike skipstyper etter størrelse. Prosent andel av Nemovarer. TØI rapport 697/2004.

SSBs undersøkelse av leie- og egentransport på kysten gir lite grunnlag for hva som fraktes i stykkgodsskip og kombinerte bulk/stykkgodsskip som det er mange anløp av i norske havner.

#### 4.4.12 Stabilitet i lastvektresultatene

For tre havner (Oslo, Trondheim og Bodø) har vi innhentet det samme skjemaet for to år (2001 og 2002), for å se om det er stabile lastvekter for de to årene når vi sammenlikner resultatene for to år.

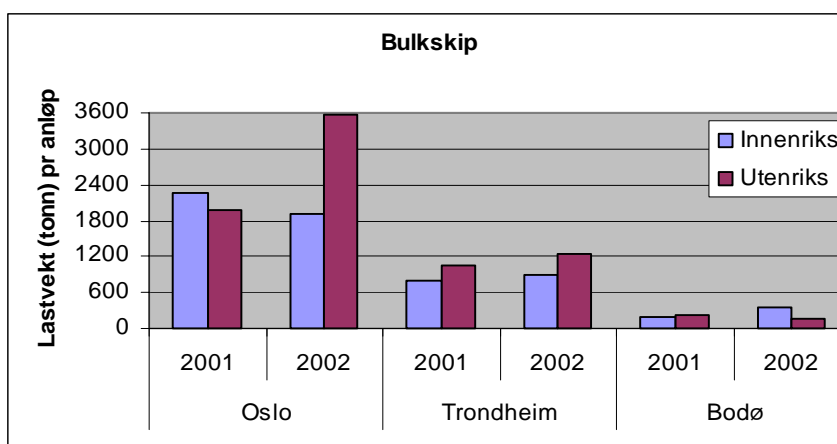
Stykkgodsskip:



Figur 4.15. Lastvekter regnet ut for to år for stykkgodsskip i innen- og utenriksfart for havnene i Oslo, Trondheim og Bodø. TØI rapport 697/2004.

Bortsett fra lastvektene for utenriksfart i Oslo havn ser resultatene stabile ut for stykkgodsskip for de to årene. Både i Trondheim og Bodø er det slik at lastvektene er lavere for skip i utenriksfart enn innenriksfart, noe som kan virke litt overraskende.

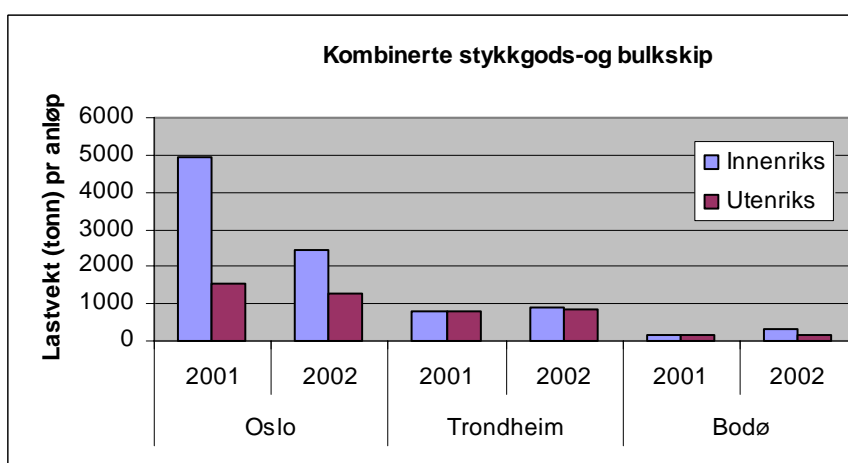
## Bulkskip:



Figur 4.16. Lastvekter regnet ut for to år for bulkskip i innen- og utenriksfart for de samme havnene. TØI rapport 697/2004.

Vi får ganske nøyaktig samme svar for bulkskip som for stykkgodsskip; større lastvekt for Oslo i 2001 enn i 2002 for utenrikstransport og at lastvekt er lavere for skip i utenriksfart enn for skip i innenriksfart både for Trondheim og Bodø havn (selv om det siste poenget er mer marginalt for Bodø havn).

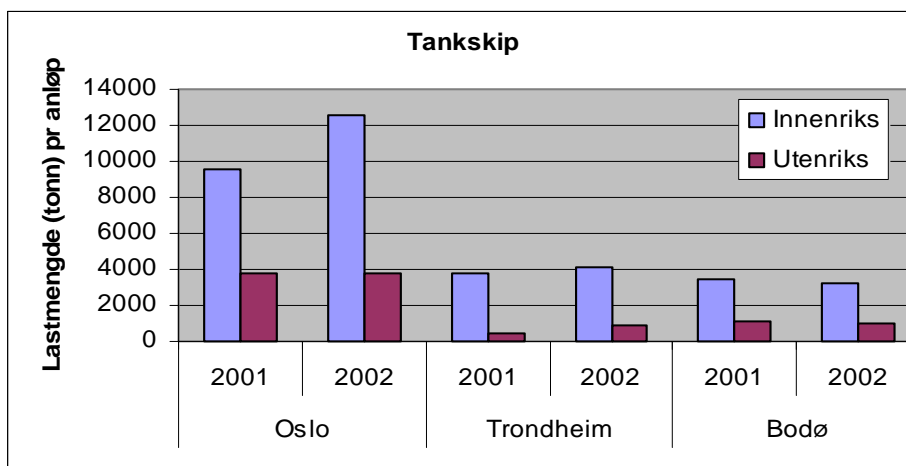
## Kombinerte bulk- og stykkgodsskip:



Figur 4.17. Lastvekter regnet ut for to år for kombinerte bulk og stykkgodsskip i innen- og utenriksfart for de samme havnene. TØI rapport 697/2004.

Også for kombinerte stykkgods- og bulkskip finner vi større lastvekt for Oslo i 2001 enn i 2002, men nå for innenrikstransport, mens lastvekt er tilnærmet lik for skip i innen- og utenriksfart både for Trondheim og Bodø havn.

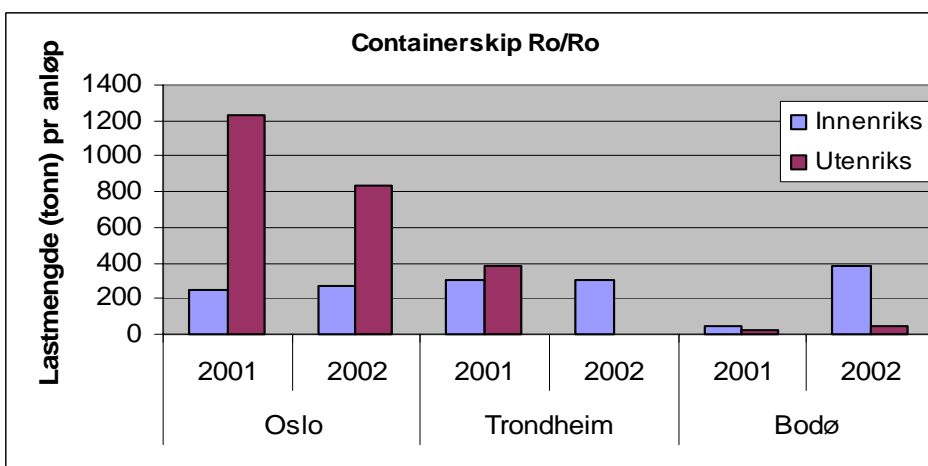
Tankskip:



Figur 4.18. Lastvekter regnet ut for to år for tankskip i innen- og utenriksfart for de samme havnene. TØI rapport 697/2004.

Vi finner at lastvektene er lavere i innenriksfart enn i utenriksfart for tankskipsanløp i alle de tre havnene. Men lastvektene innenriks for Oslo havn er mer ustabile over de to årene.

Ro-ro container skip:



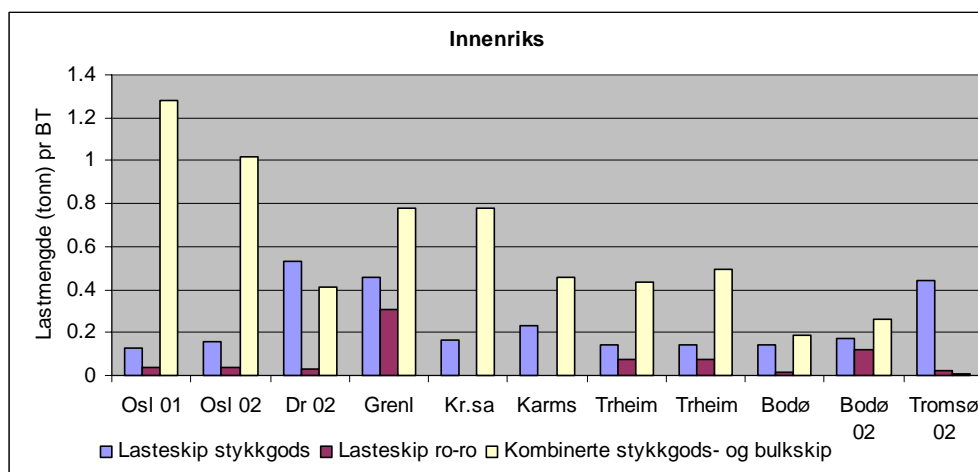
Figur 4.19. Lastvekter regnet ut for to år for containerskip ro-ro i innen- og utenriksfart for de samme havnene. TØI rapport 697/2004.

Her ser vi for første gang for de tre havnene at det er en viss variasjon i mønsteret. Det synes som Bodø har fått/sendt mer innenriks med containere enn tidligere, dessuten synes det som det er en viss nedgang i Oslo for slik last utenriks.

#### 4.4.13 Lastefaktor

En lastefaktor er her definert som lastevækt delt på BT tallet for skipet. Lastefaktoren sier noe om hvor godt tilpasset størrelsen på skipet er i forhold til volumet eller vekten (havnetonn) av den lasten som skipet skal levere.

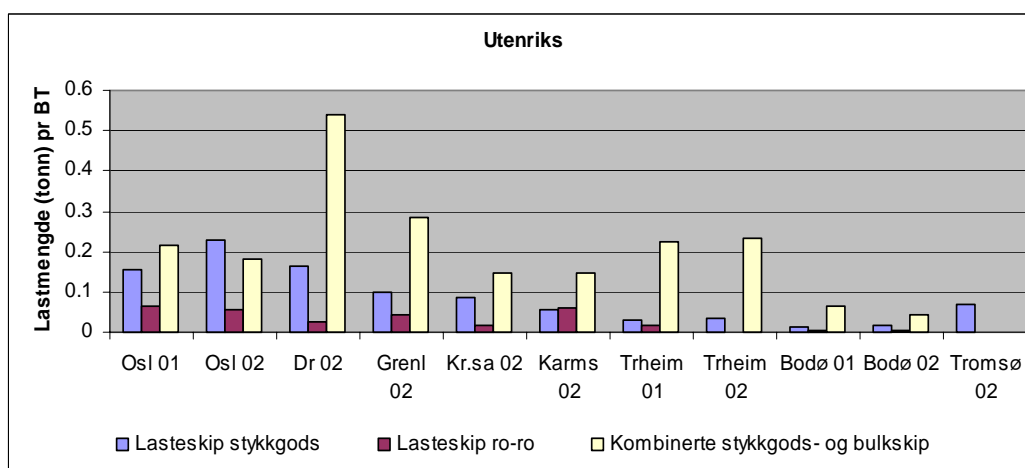
Lastefaktorene vil også fungere som en sjekk om resultatene foran virker rimelige eller om vi observerer resultater som virker urimelige. Vi har beregnet lastefaktorer for alle skip (i hhv innen og utenriksfart) for hver av havnene. Først ser vi på lastefaktorene for skip i innenriksfart:



Figur 4.20. Lastefaktorer for skip i innenriksfart. 2002. Tonn last per BT etter havn. TØI rapport 697/2004.

Lastefaktoren for innenriksfart ligger fra 1,3 og nedover mot 0. Det vil si at et skip på f eks 2000 BT lossers og laster inntil 2600 tonn per anløp. Høyest lastfaktor har kombinerte skip (bulk/stykkgoods) og lavest har containerskip ro-ro som stort sett ligger under 1 i lastefaktor.

Dersom vi sammenligner lastefaktorene for skip i innen- og utenriksfart, er de sistnevnte lavere. Dette kan skyldes at skip i innenriksfart er bedre tilpasset fraktoppdragene i norske havner enn skip i utenriksfart, men det kan også skyldes ulikheter med hensyn til rutemønstre for de to fartstypene.



Figur 4.21. Lastefaktorer for skip i utenriksfart. 2002. Tonn last per BT etter havn. TØI rapport 697/2004.

Vi ser at lastefaktorene i utenriksfart i hovedsak ligger mellom 0 og 0,2 men at kombinerte skip ligger noe høyere enn stykkgoods- og ro-ro-skip. Kombinerte skip ser ut for å være mest effektive i det norske innenriksmarkedet (høyest lastfaktor). Resultatet for lastefaktoren for kombinerte skip i innenriksfart for Drammen havn, ser ut til å være



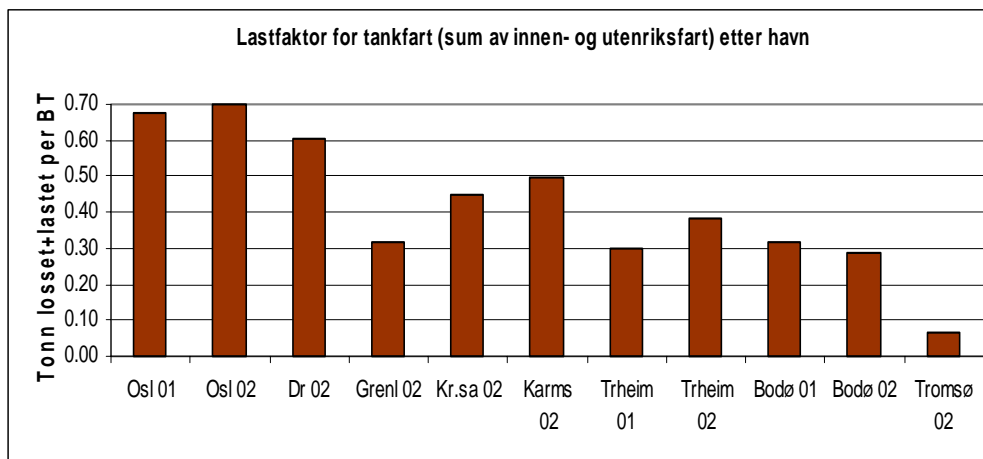
svært høy. Men den kan godt være riktig fordi dersom dette er skip som går med mye bulk vil lastefaktoren for slik last være høyere enn for rene stykkgodslaster.

En annen kommentar er at en benytter kombinerte skip for å løse norske fraktoppdrag. Lastefaktorene i begge typer fart indikerer at lastefaktoren er høyest for slike skip. Ro-ro skip har lavest lastfaktorer, men det er mulig en sparer noe ved omlasting ved bruk av ro-ro skip i forhold til andre løsninger, ellers ville de ikke blitt valgt som lastbærer i det norske godsmarkedet.

### Tankskip

Lastfaktorene for tankskip ligger stort sett mellom 0,3 og 0,5 for de fleste havnene, mens den er høyere enn 1 i Oslo og Drammen og en del lavere enn gjennomsnittet for alle andre havner i Tromsø. For tankskip er regelen den at skipet bare har med last den ene retningen. Hadde vi tatt hensyn til dette ved beregning av gjennomsnitts fraktmengde pr anløp, ville vi fått et mer rimelig anslag på kapasitetsutnyttelsen for tankskipene.

Vi har slått sammen innenriks- og utenrikstransport for tankskip fordi det må være feilføringer i statistikken (vi får ellers lastfaktorer på over 2 for enkelte havner for innenriks tanktransporter).



Figur 4.22. Lastefaktorer for tankskip i innen og utenriksfart samlet. Tonn last per anløp i forhold til BT for tankskipper anløp etter havn. TØI rapport 697/2004.

## 4.5 Implementering i NEMO

Godstransportmodellen NEMO er implementert i programpakken STAN, og i STAN er det en modul som omregner fra godsstrømmer til transportmidler, basert på den enkleste modellutformingen som er gjengitt i kapittel 4.2.2, dvs modell (1). Svakheten med en slik utforming er at antall transportmidler blir proporsjonal med godsstrømmene i hver retning som igjen fører til en retningsubalanse mht til antall transportmidler dersom det er ubalanse mellom godsstrømmene i hver retning. Ubalansen i antall kjøretøy blir derved større desto skjevare retningsbalansen mht godsstrømmene er. Dette virker lite rasjonelt, spesielt for sjøtransport til/fra en havn, der antall båter som går inn til og ut av en havn nødvendigvis må være lik. Vi ønsker derfor å beregne antall transportmidler på en mer sofistikert måte, og et naturlig første steg i så måte vil være å implementere NVE-modellen (modell (6) fra kapittel 4.2.2) i NEMO, der antall transportmidler i alt (dvs med og uten last) i en retning avhenger av godsstrømmene i begge retninger, og en sannsynlighet for ikke å få returlast. I NEMO vil det mest hensiktsmessige være at både gjennomsnittlig

lastmengde pr tur og sannsynligheten for ikke å få returlast avhenger av varegruppe og transportmiddel. F eks er sannsynligheten for returlast desto mindre jo mer spesialisert ett transportmiddel er. For å belyse dette ytterligere vil transport med tankbil sjelden ha returoppdrag, f eks vil transport av melk med tankbil fra gårdsbruk til meieri gå tom den ene retningen, men full tilbake, fordi man ikke kjører melken til kuene eller transporterer annen form for flytende bulk i en melkebil. For en samlast derimot, vil det være enklere å få returoppdrag, men også det avhenger av hvor transporten går. For transport mellom terminaler vil det være mye større sannsynlighet for returtransport enn transporter fra terminal til kunde/vareeier.

Dette betyr at vi ønsker å innføre en metode for beregning av antall transportmidler som avviker fra den modulen som ligger inne i STAN. En framgangsmåte for å gjøre dette kan være å skrive en makro som lager nye matriser som representerer *transportmiddelspesifikke OD-matriser for antall* transportmidler. Matrisen kan beregnes på grunnlag av enkel matriseberegning, med utgangspunkt i transportmiddelfordelte OD-matriser, der det totale antall transportmidler framkommer på tilsvarende måte som i NVE-modellen spesifisert ved:

$$E(z_{ij}^{vc}) = \frac{m_{ij}^{vc}}{a_{ij}^{vc}} + x_{ji}^{vc} P_{ij}^{Evc} \quad (6') \quad (\text{Noortman og van Es' modell})$$

Der vi har innført benevnningen v (for vehicle) og c (for commodity) for å understreke at det er de transportmiddel- og varespesifikke OD-matriser og gjennomsnittlige lastvekter som beregningene relateres til. OD-matrisene for antall transportmidler kan senere leses inn i plott, som viser trafikkbelastningen på ulike snitt i nettverket.

Skal man lage matriser for hvert transportmiddel og varegruppe vil en fort komme opp i et svært stort antall matriser som krever mye ledig kapasitet i STAN. En første framgangsmåte vil derfor være å etablere en matrise for hvert transportmiddel i sum, dvs ikke varespesifikt, men dette kan senere enkelt tilpasses i analyser der en ønsker å se på et mer nyansert bilde. En aggregert matrise for hvert transportmiddel, men aggregert over alle 12 varegruppene i NEMO, vil da ta formen:

$$E(z_{ij}^v) = \sum_{c=1}^{12} \left( \frac{m_{ij}^{vc}}{a_{ij}^{vc}} + x_{ji}^{vc} P_{ij}^{Evc} \right) \quad (6'')$$

For å implementere dette i STAN vil man rent praktisk måtte gjøre et par triks: Etter å ha kjørt et assignment, tar man ut transportmiddelspesifikke OD-matriser<sup>26</sup>. Den transponerte turmatrisen multipliseres opp med sannsynligheten for ikke å få returtransport og legges til turmatrisen, j fr (6''). Kjører man et nytt assignment på summen av disse matrisene, vil man få samme transportmiddelfordeling som det en fikk initialt, så lenge ikke kostnadene er endret. Endelig kan man lese resultatene inn i plott som viser antall transportmidler på lenkene (modul 6-15 i STAN). Den svakhet en da står igjen med er at for tilbringertransport med lastebil vil sannsynligheten for returtransport avvike fra den som legges inn generelt for lastebiltransport, da denne vil få samme sannsynlighet for returtransport som det som legges inn for hhv sjø- og jernbanetransport

<sup>26</sup> I STAN er det slik at dersom en henter ut transportmiddelspesifikke OD-matriser, vil en OD-relasjon bli lagt til det transportmiddel som er hovedtransportmiddelet i transportkjeden. Det betyr spesielt for lastebiltransport at OD-matrisen blir noe for lav, fordi man ikke får tilbringertransport inn i lastbilmatrisen. Hvis tilbringertransportene hadde vært lagt til OD-matrisen for lastebiltransport, ville en da fått et høyere nivå på de transportmiddelspesifikke OD-matrisene i sum enn for samlematrisen, fordi noen av transportene dobbelttelles.

(avhengig av hvilket av disse transportmidlene som tilbringertransporten er relatert til). Denne framgangsmåten vil bli tilordnet en makro i NEMO.

For å sikre at antall fartøy ut og inn fra en havn blir riktig må man sette sannsynligheten for returlast for skip lik 0. Dette tilsvarer et rutemønster der skipene enten laster eller lossar i en havn, men ikke begge deler. Denne forenklingen må gjøres fordi STAN ikke behandler rutemønsteret for rutegående transportmidler, men behandler transportene som direktetransporter mellom to soner. Dette gjøres med støtte av de beregninger som framgår av figur 4.4, som viser at andel turer med last for løsfart ligger nær opp mot 50 prosent. Det er viktig å merke seg at dette seilingsmønsteret ikke gjelder for rutefarten der skipet går i faste ruter der mer enn en havn anløpes, men dette forholdet er det vanskelig å ta hensyn til, da programvaren som transportmodellen er implementert i ikke behersker transportruter.

For at en ikke skal dobbeltelle antall skip ved konvertering fra godsmengder, må man kun ta utgangspunkt i skip med last ved beregning av gjennomsnittlig lastvekt. Det vil si at i stedet for å dividere godsslaget i en havn med to ganger antall anløp må en dividere med antall anløp, fordi vi forutsetter at skipet bare har last en veg. Med denne forutsetningen til grunn må tabell 4.1 modifiseres og erstattes av tabell 4.5 til bruk i transportmodellen. Vi har da tatt hensyn til de anbefalinger som er gjort i kapittel 4.3.11, i tillegg har vi satt inn de gjennomsnitts lastvekter som ligger til grunn for kostnadsfunksjonene for hver vare innenriks, basert på SSBs Løsfartstelling fra 1993.

Tabell 4.5. Anbefalte lastvekter per skipsanløp for ulike skip i større og mindre havner i Norge for bruk i transportmodellen. TØI rapport 697/2004.

Vare	Benyttes i kostnadsfunksj. i NEMO Innenriks	Innenriks		Utenriks	
		Stor havn	Mindre havn	Stor havn	Mindre havn
Matvarer	200	1 200	400	2 500	1 000
Fisk	150	250	150	800	500
Termovarer	350	1 200	400	2 500	1 000
Transportmidler og maskiner	115	1 200	400	2 500	1 000
Diverse stykk gods	125	250	150	800	500
Tømmer og trelast	1400	2 000	200	3 500	1 800
Massetransporter	630	2 000	200	3 500	1 800
Kjemiske produkter	850	10 000	1 000	4 000	2 000
Metaller og malmer	600	2 000	200	3 500	1 800
Flytende bulk	900	10 000	1 000	4 000	2000

Vi ser av tabell 4.5 de gjennomsnittlige lastvektene som ligger til grunn for kostnadsfunksjonene i innenriks NEMO, ligger innenfor de anbefalte verdiene som er satt for innenriksfart basert på havnestatistikken for de fleste varene, men at gjennomsnittlig lastvekt ligger nærmere den verdi som er anbefalt for mindre havn enn for stor havn. Vi konkluderer derfor med at det i første omgang kan være forsvarlig å benytte de verdiene for gjennomsnittlig lastvekt som i dag benyttes i kostnadsfunksjonene i NEMO for innenriksfart, mens en benytter tallene basert på havnestatistikken for utenriksfart.

## 4.6 Usikkerhet

Å innføre en metode for å beregne antall fartøy/kjøretøy på lenker i nettverket vil være beheftet med betydelig grad av usikkerhet. Dette skyldes at beregningene bygger på flere ledd i transportmodellen, som hver er behengt med utstrakt grad av usikkerhet. For å

belyse dette har vi laget en liste over hvert steg i transportmodellen, der siste steg er omregningen til antall transportmidler

1. Inndeling i varegrupper, og definisjon av hvilke næringer som produserer hvilke varegrupper
2. Tall for omsetning og produksjon fra industri og varehandel
3. Omregning fra verdi til kvantumstall, og balansering av marginaler (som representerer sum varer (i 1000 tonn) hhv inn til og ut av hver kommune i Norge)
4. Etablering av OD-mønster ut fra marginalene (hvilke kommuner som handler med hvilke) på grunnlag av gravitasjonsmodeller og transportkostnader
5. Transportmiddelfordeling og nettutlegging ut fra prinsippet om at godsstrømmene fordeles til det transportmiddel som minimerer de generalisert transportkostnadene
6. På grunnlag av transportmiddelfordelte OD-matriser, omregnes det fra tonn til antall transportmidler ut fra metoden som er forelått i dette kapittelet
7. Som vi var inne på i kapittel 4.1 vil dette for fartøy gi et mer presist anslag på antall fartøy i indre led, dvs ut og inn fra havner enn i ytre led, fordi vi har benyttet omregningsfaktorer for fartøyene ut fra gjennomsnittlig lastvekt lastet eller losset i en havn. Dersom et fartøy anløper flere havner i et fast rutemønster, vil denne framgangsmetoden føre til en dobbelttelling av antall fartøy. Man kan imidlertid her gjøre lokale tilpasninger dersom men skal se på et avgrenset studieområde.

Bare i punkt 6 vil det være usikkerhet knyttet til om det kan være store geografiske forskjeller i gjennomsnittlig lastmengde pr transportmiddel, men også sannsynligheten for ikke å få returlast. Dessuten vil vi i STAN ikke ha mulighet til å legge inn turkjeder av høyere orden.

Et moment til som det er vanskelig å kompensere for i STAN, er det at gjennomsnittlig transportavstand viser seg å være atskillig kortere for turer uten last enn med last. Dette skyldes dels at tomtransport er mer vanlig ved lokal distribusjon enn ved lange transporter, dessuten er en del transporttilbud spesielt for stykkgodstransport ordnet i ett fast ruteopplegg. Dette er det vanskelig å ta hensyn til i STAN, da verken rundturer eller rutemønster er behandlet i modellen.

## 5 Referanser

- Central Marine Research & Design Institute Ltd. (CNIIMF) (2001). *The Barents Sea Regional Oil Spill Contingency Plan – Phase 3 “Recommendations for the existing oil pollution preparedness and response improvement”*. Contract SFT No 500017. Final Report. St. Petersburg. 2001.
- ENOVA: *Innlegg om økt bruk av gass i Norge*. Foredrag på nettet. August 2003.
- Eriksen Knut Sandberg og Viggo Jean-Hansen (2002). *Trafikksentral for Nord-Norge – Samfunnsøkonomisk analyse*. TØI-rapport 623/2003. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Hautzinger H (1984). The prediction of interregional goods vehicle flows: Some new modelling concepts. *Ninth International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, VNU Science Press pp 375-396.
- Holguin-Veras, J & E Thorson (2002). *Preliminary insights into the practical implications of modelling commercial vehicle empty trips*. Department of Civil and Environmental Engineering. Rensselaer Polytechnic Institute. Paper presented at the PTRC conference, Cambridge 2002.
- Holguin-Veras, J & E Thorson (2003). Modelling Commercial Vehicle Empty Trips with a First Order Trip Chain Model. *Journal of Transportation Research B: Methodological* 37/2003. 129-148.
- Kirkenes Transit as (2002). Søknad om tillatelse til omlasting og mellomlagring av råolje og oljeprodukter på lagerskip i Ropely, Sør-Varanger kommune. Brev til Kystverkets 5. distrikt av 14.november 2002. Lysaker. 2002.
- LKAB (2002). Informasjon lastet ned fra hjemmesidene på [http://www.lkab.se/frameset\\_2.html](http://www.lkab.se/frameset_2.html), desember 2002.
- Madslie, Anne og Trond Even Skyberg (2000). *Nettverksstruktur og kostnadsfunksjoner i den utvidede versjonen av NEMO*. Arbeidsdokument av 29. mai 2003, TØ/1247/2000. Oslo; Transportøkonomisk institutt.
- Noortman, H J & J van ES (1978). *Traffic Model*. Manuscript for the Dutch Freight Transport Modell.
- OFFSHORE.no. Internettside for denne publikasjonene innen olje og gass spørsmål og saker på hele kontinentalsokkelen.
- Oljedirektoratet. Opplysninger om rørledninger, selskaper og prosjekter på Ods nettsider.
- Olje- og Energidepartementet (2002). Faktahefte 2002.
- Rideng, Arne (2003). *Transportytelser i Norge 1946-2002*. TØI rapport 674/2003. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- SINTEF (2002). Vestkyststudie - Kystverket MARINTEK, Trondheim 2002.
- Statens Forurensingstilsyn (2001): "Green Ålesund" aksjonen i Haugesund 15.12.00 til august 2001. Foreløpig rapport per september 2001. Oslo. 2001.

Statistisk sentralbyrå. Tall fra nasjonalregnskapet publisert på SSbs nettsider. Her publiseres også tall for utenriksregnskapet som er en integrert del av nasjonalregnskapet.

Statistisk sentralbyrå (1996). *Godstransport på kysten 1993. Leie og egentransport*. Norges offisielle statistikk. Statistisk sentralbyrå, Oslo-Kongsvinger 1993.

Statistisk sentralbyrå. *Lastebiltransportundersøkelse*.

Statistisk sentralbyrå. *Utenrikshandelsstatistikk 1999*.

St.meld nr 38 (2001-2002). Om olje- og gassvirksomheten . Olje- og Energi-departementet.

St.meld nr 9 (2002-2003). Om innenlands bruk av gass mv. Olje- og Energi-departementet. (Se spesielt vedlegg 1).

Vold, Arild et al. (2002). *NEMO - Nettverksmodell for godstransport innen Norge og mellom Norge og utlandet. Versjon 2*. TØI-rapport 581/2002. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

#### **Arbeidsdokument utgitt underveis i prosjektarbeidet:**

Hovi, Inger Beate (2003). *Metode for å håndtere tomme transportmidler ved trafikkberegninger i NEMO*. Arbeidsdokument av 24. november 2003, TØ/1572/2003.

Hovi, Inger Beate (2003). *Transittrafikk i NEMO*. Arbeidsdokument av 21. februar 2003 TØ/1490/2003

Jean-Hansen, Viggo (2003). *Skipslaster til og fra norske og utenlandske havner og mellom norske havner – skipsstørrelser og type av fart –*. Arbeidsdokument av 3. september 2003 TØ/1536/2003.

Jean-Hansen, Viggo (2003). *Rørtransport av olje og gass fra norsk sokkel – produksjon-, kostnads- og markedsforhold*. Arbeidsdokument av 3. september 2003. TØ/1556/2003.

Larsen, Ingar Kjetil og Inger Beate Hovi (2003). *Kvantifisering av offshoretrafikken på norsk sokkel*. Arbeidsdokument av 14. august 2003, TØ/1545/2003.

Stenerud, V R og Inger Beate Hovi (2002). *Innarbeiding av nettverk for transport til og fra norsk kontinentalsokkel*. Arbeidsdokument av 1. august 2003 TØ/1544/2003.



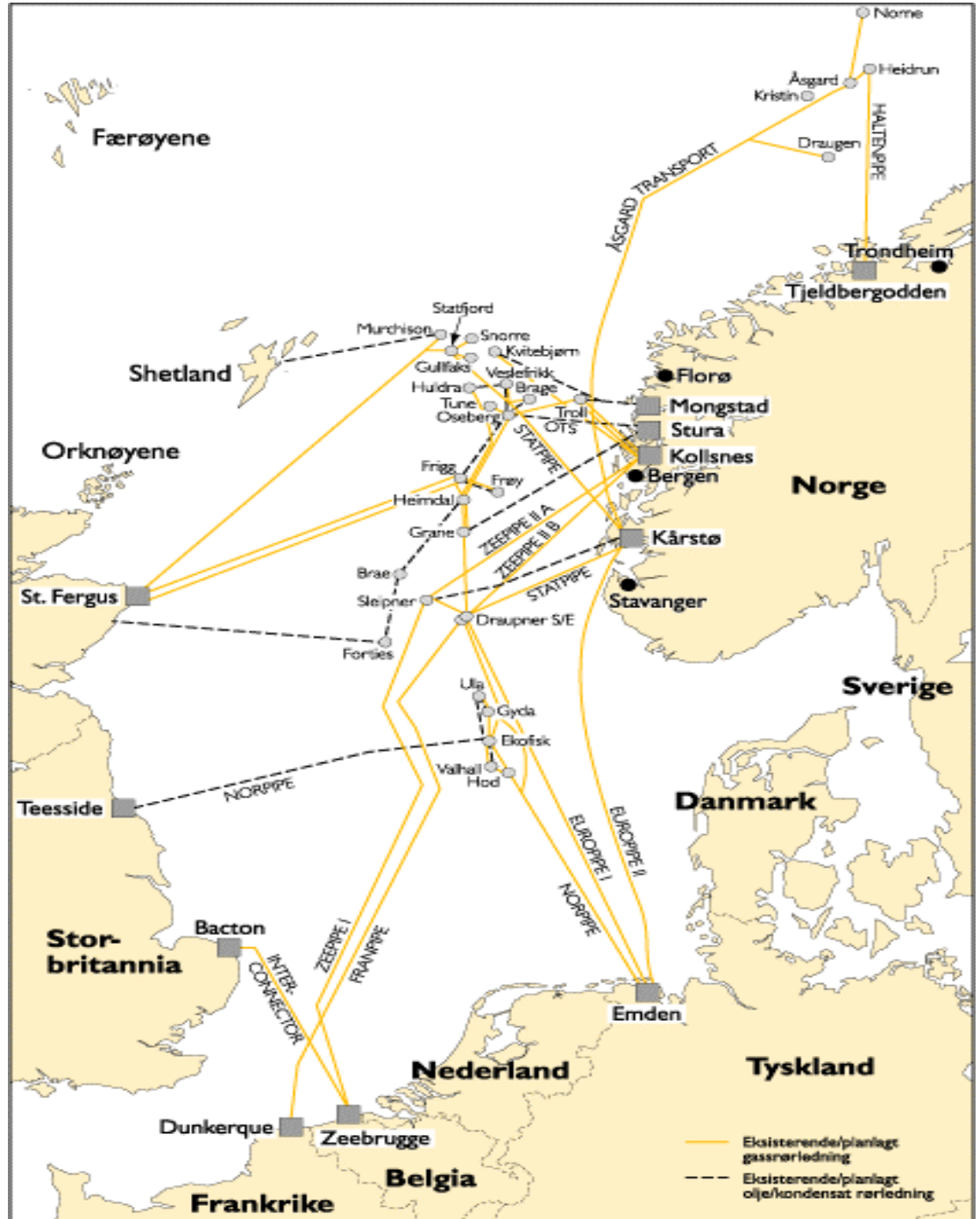
# Vedlegg





## Vedlegg 1

Kart over rørsystemet fra felt i Nordsjøen til Norge og andre europeiske land



Kilde: OD 2003

**Landanlegg (ilandføringssteder med terminal) i Norge**

Tjeldbergodden

Mongstad

Sture

Kollsnes

Kårstø

**Landanlegg (ilandføringssteder med terminal) i utlandet**

St. Fergus (Skottland i UK)

Teeside (UK)

Bacton (UK) via Zeebrugge

Emden (Tyskland)

Zeebrugge (Belgia)

Dunkerque (Frankrike)

## Vedlegg 2

### **Frakt av gods på ferger innenlands, Hurtigruta og for utenlandsfergene til og fra norske havner**

Fergene og Hurtigruta er ikke omtalt særskilt i dokumentet fordi de ikke opptrer så hyppig at de kan bli valgt som et eget transportmiddel i Nemo. Men det er en viss almen interesse fra Kystverket å få frem opplysninger om hvilket transportarbeid fergene representerer på godssiden.

Målt i antall anløp representerer fergene og Hurtigruta 45 prosent av alle skipsanløp i de 8 store trafikkhavnene vi har sett på.. (Innenriksfergene 34 %, Hurtigruta 6% og utenlandsfergene 5%). Trafikkarbeidet er stort, men grunnlaget for dette skyldes i hovedsak persontransport.

Dersom vi tilsvarende ser på lastmengde på disse tre, er dette langt mer beskjedent (om lag 11 %), hvorav lasten på utenlandsfergene står for det aller meste (10 %), mens den siste prosenten deles mellom Hurtigruta og innenlandsfergene.

#### **Innenlandsfergene**

Disse fergene er i vårt utvalg av havner bare representert i tre havner Karmsund, Trondheim og Bodø. Fergene utfører transportarbeid lokalfart og innen kystfart. I størrelse ligger disse på 2-3 000 BT. Ferger i lokalfart ser ut å være i underkant av disse.

Antall tonn som lastets og losses per anløp er lavt for innenlandsfergene. Det vil antakelig være slik at et fåtall av anløpene per dag har noe last med, men vi har ingen opplysninger om dette og må anta at alle har et derfor svært liten last per anløp. Vi har bare observasjoner for last på innenlandsfergene over Bodø havn på hhv 2 og 8 tonn per anløp i 2001 og -02. De andre havnene som har opplyst at de har et stort antall fergeanløp har ikke oppført noe last.

Ut i fra vårt datamateriale tilsvarende gods på innenlandsfergene lite gods under en promille av stykkgodset.

#### **Hurtigruta**

Nordover er "Hurtigruta" ensbetydende med daglige seilinger med det som en vanlig betegner som de 13 skipene til TFDS og OVDS rederiene. Sørpå (f eks Karmsund) har en har i stedet tatt inn hurtigbåter i betegnelsen "Hurtigruta" i R008 skjemaet. (Vi tar med resultatet for informasjonens skyld).

I størrelse ser Hurtigruta som den er mellom 8500 og 9500 BT. Men s i Karmsund har en ført om noen langt mindre på bare 500 BT som går i kystfart.

Dersom vi ser på lastmengden (lastet + losset per anløp), ligger lastmengdene her på mellom 5 og 47 tonn (se tabell V.1).

Tabell V.1. Antall tonn per anløp med  
Hurtigruta i noen havner i 2001 og også i 2002.  
Gods på hurtigbåter i Karmsund.

Havn	Tonn per anløp
Karmsund	5
Trondheim	43-39
Bodø	23-22
Tromsø	47

De to havnene vi har tall for begge år ser vi tallene ligger stabilt rundt samme nivå. Det ser derfor ikke ut for at forskjellene i lastmengder tallene per anløp skyldes tilfeldigheter.

Hurtigruta betyr lite i godssammenheng omlag ½ prosent av stykkgodset i Norge fraktes med Hurtigruta.

### Utenlandsfergene

Utenlandsfergene er fergeruter fra Oslo (4 linjer), Larvik, Brevik/Langesund, Kristiansand (2 linjer), Stavanger og Bergen til Kontinentet og Storbritannia. Vi har bare med tall for havnene i Oslo og Kristiansand. Vi kan si at tallene i vårt utvalg dekker 6 av i alt 10 fergelinjer mellom norske og utenlandske havner.

Fergene som anløper Oslo er store i gjennomsnitt 34-35 000 BT, mens fergene som anløper Kristiansand er mindre omlag 17-18 000 BT.

Lastmengden per anløp er høyere i Oslo (omlag 850 tonn) enn i Kristiansand (240 tonn).

Utenlandsfergene betyr litt i godssammenheng – om lag 10 prosent av alt stykkods som blir losset og lastet i norske havner er gods som går med utenlandsfergene. Dersom vi ser på alt gods - også tank og bulk, faller disse fergenes andel til 3 %.