

**Sammendrag:**

# Evaluering og verifisering av NEMO

## Bakgrunn og historikk

Arbeidet med å utvikle en nasjonal nettverksmodell for godstransport (NEMO) startet i 1995, etter at flere forprosjekter hadde etterlyst en slik modell. Den første versjonen av NEMO var ferdig i 1997. Modellen omfattet innenrikstransporter og brukte et gjennomsnitt av årene 1993-1995 som basisår (Ingebrigtsen et al, 1997). En modell for norsk import og eksport ble etablert i 2000, med 1997 som basisår (Madslie et al, 1999). Begge modellene er basert på modelleringsverktøyet STAN<sup>1</sup>.

I 2001-2002 har TØI i samarbeid med SINTEF Veg og samferdsel oppgradert både innenriks- og utenriksversjonen av NEMO (Vold et al, 2002a). For å ta stilling til fremtidig videreutvikling og bruk av modellen har transportetatene ønsket en evaluering og verifisering av NEMO. Formålet med arbeidet har vært å kartlegge:

- i) Hva modellen godt kan brukes til
- ii) Hva vi er usikre på at den kan brukes til
- iii) Hva den ikke bør brukes til

Arbeidet med å evaluere og verifisere modellen har bestått av følgende elementer:

- Verifisering av godsstrømmer i knutepunkter og snitt i nettverket.
- En serie testkjøringer for å få fram følsomheten i modellen. Vi har beregnet en rekke elastisiteter som evalueringsgrunnlag.
- Trekke på erfaringer fra anvendelse av modellsystemet.

## Modellen

Modellsystemet består av fire deler:

- OD-matriser for 10 varegrupper<sup>2</sup> som skal representere godsstrømmer mellom kommuner i Norge og mellom norske kommuner og andre land (eksport og import).
- Kostnadsfunksjoner som skal representere hva det koster å transportere en vare fra opprinnelses- til destinasjonssted, og som i mange tilfeller er avgjørende

for rutevalg, transportkjede og transportmiddelfordeling.

- Nettverket som skal representere de fysiske framføringsårene for veg-, sjø- og jernbanetransport
- Optimaliserings- og nettutleggingsprosedyrer (ligger inne i STAN-programvaren)  
OD-matrisene, kostnadsfunksjonene og nettverket skal alle representere modellens basisår (1999).

## Verifisering av godsstrømmer i NEMO mot offisiell statistikk

For å evaluere rimeligheten av godsstrømmene og nettutleggingen i NEMO har vi sammenlignet godsstrømmer fra NEMO med uavhengige datakilder for hvert av transportmidlene.

## Resultater

Sammenligninger av godsstrømmer for lastebil og sjøtransport gir noenlunde samsvar mellom kildene. Vi har imidlertid visse avvik, som i stor grad kan forklares. For flere av avvikene har vi også forslag til konkrete tiltak som kan redusere avvikene. For jernbane er avvikene mellom kildene større enn for de andre transportmidlene. Modellen er i utgangspunktet kun kalibrert på nasjonalt nivå, men resultatene for jernbane indikerer klart behov for mer detaljert kalibrering av modellen.

## Ulike årsaker til at gods fordeles feil

Når en finner avvik mellom offisiell statistikk og nettfordelte godsstrømmer i NEMO, kan det være flere grunner til det. De viktigste feilkildene kan oppsummeres i punktene under:

- Feil nivå tall (innenriks OD-matriser), som skyldes feil i omregningen fra verditall til fysiske strømmer. De fleste statistikkene som matrisene er konstruert fra opererer med verditall og ikke tonntall. Vi har derfor regnet om fra verdier til fysiske strømmer for hver enkelt kommune og varegruppe.
- Feil fordelingsnøkler (fra fylkes- til kommunenivå for utenriks godsstrømmer). Vi har kun tall på fylkesnivå for import og eksport, og vi har spredd godset til kommunenivå ut fra produksjonstall for hver kommune. Selv om det kan være rimelig å anta en sammen-

<sup>1</sup> STAN er en interaktiv programpakke for transportplanlegging spesielt designet for nasjonal og regional strategisk analyse og planlegging av godstransport med omlasting mellom transportmidler for et utvalg varegrupper (INRO,2000).

<sup>2</sup> Se vedlegg 1.

heng mellom produksjonsmengde og eksport/importmengde, vil tallene på kommunenivå bare bli estimater som i varierende grad er riktige.

- Feil eller mangelfulle kostnadsfunksjoner (kan gi feil transportmiddelfordeling). Kostnadsfunksjonene er generelle for hele landet, og fanger ikke alltid opp lokale forhold.
- For få utenrikssoner. Spesielt for Sverige er det et stort problem at alt gods sendes til hovedstaden.

## Testkjøringer og elastisitetsberegninger

For å vurdere følsomheten til modellen er det interessant å evaluere hvordan etterspørselen etter transport med et gitt transportmiddel endres med endringer i transportkostnader, transporttid eller avgangsfrekvens for transportmidlene. Det er hensiktsmessig å beregne etterspørselselastisiteter for å vurdere denne typen følsomhet. Etterspørselselastisiteter måler relativ endring i en avhengig variabel (for eksempel gods med jernbane) relativt til en relativ endring i en uavhengig variabel (for eksempel pris på jernbanetransport).

I vår modell velges transportløsning ut fra minimering av samlede generaliserte transportkostnader (inkluderer transportkostnader, kvalitetskostnader og transporttid). Det kan imidlertid antas en sammenheng mellom transportørens kostnader og transportpris, slik at elastisitetene som vi beregner til en viss grad kan sammenlignes med priselastisiteter som fremkommer ved analyser av endrede transportprisers innvirkning på etterspørselen etter transport med et transportmiddel.

I analysen har vi operert med faste OD-matriser (gitt etterspørsel etter transport), og vi vurderer således kun fordelingen av transportarbeid mellom transportmidlene.

Vi har kun beregnet elastisiteter for innenlandsmodellen. I utenriksmodellen er sjøtransport så dominerende at det ikke gir mening å beregne generelle elastisiteter.

### Metode

For å gjøre elastisitetsberegningene er det tatt utgangspunkt i et basisscenario for innenriksmodellen. Fra basisscenariet kan man hente ut resultater for antall utkjørte tonnkilometer på nasjonalt nivå for ulike varegrupper (11 varegrupper<sup>3</sup>) og ulike transportmidler (lastebil, tog og sjøfart). Når man har foretatt en endring i kostnader eller transporttider kan man så beregne nye resultater for utkjørte tonnkilometer for hvert transportmiddel. Elastisiteten,  $\epsilon$ , kan da beregnes ved å bruke følgende tilnærming:

$$\epsilon \approx \frac{\ln\left(\frac{y_1}{y_0}\right)}{\ln\left(\frac{p_1}{p_0}\right)} \quad (1)$$

der  $y_1$  er transportarbeidet med justert kostnadsfunksjon,  $y_0$  er transportarbeidet i basisscenariet og  $p_1$  er prosentfaktor for endring av parameter i kostnadsfunksjon i forhold til basisscenariet. For eksempel vil en endring på -30% for en kostnadsparameter gi  $p_1 = 0.7$  ( $p_0 = 1.0$ ).

Det ble valgt å foreta elastisitetsberegningene for fire distanseintervaller etter korteste avstand mellom sentroidene, da vi antar at konkurranseflatene mellom transportmidlene varierer med transportdistansen.

### Resultater

Jernbanetransportene er svært følsomme for kostnadsendringer både for lastebil og for jernbanen selv. Ved endringer i transporttid, de tids- og distanseavhengige kostnadene eller bare de tidsavhengige kostnadene er jernbanens egenelastisitet og krysselastisiteten fra lastebil i størrelsesorden 3,7 – 4,5, hvilket indikerer sterk prisfølsomhet.

Ved endringer i de distanseavhengige kostnadene er ikke jernbanetransporten like prisfølsom som ved endringer i de tidsavhengige kostnadene. Årsaken til dette er at de tidsavhengige kostnadene for jernbane er dominerende i utgangspunktet, og at endringer i de distanseavhengige kostnadene dermed ikke har like stor innvirkning på de totale kostnadene som endringer i de tidsavhengige kostnadene eller transporttiden har.

Endringer i avgangsfrekvens for jernbane og sjøfart og endringer i omlastingskostnader gir ikke like store utslag i transportmiddelfordelingen som endringer i transportkostnader og transporttid. For omlastingskostnadene er resultatene i tråd med forventningene idet lastebil i alle tilfeller vil få økt transportvolum dersom omlastingskostnader økes.

For lastebil og sjøtransport er elastisitetene vesentlig lavere (i absoluttverdi) enn de tidvis høye elastisitetene for jernbanetransport.

### Diskusjon og sammenligning med andre kilder

Selv om det kan være vanskelig å sammenligne resultater fra ulike studier, er det interessant å se om våre elastisiteter er i samme størrelsesorden som det andre har kommet fram til.

<sup>3</sup> Det skilles mellom fersk og frossen fisk. Se vedlegg 1.

Våre høye elastisiteter for jernbane er noe høyere enn det enkelte andre har kommet fram til, men det finnes også resultater i samme størrelsesorden som våre. Gjennomgående er elastisiteter for marginale transportmidler høye. I EU-prosjektet EXPEDITE<sup>4</sup> hvor TØI har deltatt, har man etablert en transportmodell for EU basert på elastisiteter fra nettverksmodeller i fire land. Elastisitetene for lastebiltransport er i samme størrelsesorden som våre, og økende med økende transportdistanse. Endring i lastebilkostnader gir like store utslag (høy krysselastisitet) for tog som i våre analyser.

Beuthe et al (2001) har ut fra en tilsvarende transportmodell som vår beregnet elastisiteter som er i samme størrelsesorden som våre resultater både for lastebil og jernbane. I den belgiske analysen til Beuthe et al (2001) har også indre vannveier høye elastisiteter, og indre vannveier har i likhet med jernbane en relativt beskjeden markedsandel sammenlignet med vegtransport.

I Norge har jernbanen den laveste andelen av så vel transporterte tonn som utkjørt transportarbeid, og har i basisscenariet rundt 2% av transporterte tonn og under 10% av totalt utkjørte tonnkilometer. Overføring av gods fra jernbane til lastebil gir dermed en større relativ endring i transportvolum for jernbane enn for lastebil. Det er dermed naturlig at jernbane har høyere elastisiteter enn vegtransport og sjøfart.

Det er vanskelig å fastslå hvor mye de høye elastisitetene skyldes forhold i det norske transportmarkedet og hvor mye som skyldes forhold i selve modellen.

## Erfaringer etter første bruk av NEMO i analyseprosjekter

NEMO i ny versjon er allerede brukt i ulike sammenhenger. I forbindelse med dette arbeidet har en også delvis hatt tilgang til informasjon fra uavhengige datakilder, og derved kunnet få et inntrykk av hvor realistiske godsstrømmene i NEMO er innenfor mindre geografiske områder.

På oppdrag fra Nordland fylkeskommune har vi sett på hvordan varestrømmene til/fra fylket fordeler seg på ulike regioner, med sikte på å finne fram til hvor knutepunkthavner bør lokaliseres. For fisk har det kommet tilbakemeldinger om at Ofoten-området har fått for små mengder i våre matriser. Prosjektet har vært et samarbeidsprosjekt mellom TØI og SINTEF, der SINTEF gjennomførte en spørreundersøkelse blant bedrifter innenfor prosessindustrien i Nordland (Meland, 2001). Vi har sammenlignet disse dataene med utenriks OD-matriser for varegruppene ”diverse stykkgoods”, ”mineraler i steinprodukter” og ”kjemiske produkter”. Det framgikk da at OD-matrisene fra NEMO for disse varegrup-

pene virket rimelig på fylkesnivå, men at fordelingen mellom kommuner var blitt skjev.

De første omfattende analysene med hele modellsystemet og analyser på nasjonalt nivå er gjennomført i forbindelse med utarbeiding av Basisprognoser for Gods-transport til NTP på oppdrag fra Samferdselsdepartementet (Hovi et al, 2002b). Bruk av modellen har gitt plausible resultater, men for jernbane var det relativt store utslag ved alternative kostnadsframskrivninger. Jernbanen var også følsom for nettverksendringer (innarbeidelsen av infrastrukturprosjekter) som påvirker transporttiden. Dette er i samsvar med vår analyse av elastisiteter.

I EU-prosjektet MC-ICAM<sup>5</sup> hvor TØI deltar, bruker vi NEMO og den generelle likevektsmodellen PINGO til å evaluere følgene av at alle transportmidler må betale for sine eksterne kostnader. Vårt inntrykk fra dette prosjektet er at NEMO-PINGO er et solid modellsystem for nasjonale analyser også i Europeisk sammenheng. Arbeidet er ikke fullført, men resultater som vi har hentet ut så langt virker rimelige.

Vi har også benyttet NEMO til to andre prosjekter av mer lokal karakter. På oppdrag for samferdselsetaten i Oslo kommune er data fra NEMO benyttet til å kartlegge varestrømmer inn, ut og mellom Oslo og Akershus. På oppdrag fra Kristiansand kommune har vi undersøkt hvilken rolle byen har i det nasjonale transportmarkedet. Det er vanskelig å vurdere resultatene fra modellen opp mot andre kilder, men disse analysene er eksempler på arbeider som vi anser å være nær grensen for hvor lokalt man bør anvende NEMO. I prosjektene er det i utgangspunktet bare OD-matrisene som er benyttet. Siden vi som oftest opererer med summen av ti uavhengige matriser (en for hver varegruppe) vil vi tro at resultatene er i riktig størrelsesorden selv om det sannsynligvis vil være større unøyaktigheter i disse resultatene enn i andre prosjekter hvor vi har benyttet NEMO.

## Konklusjoner om modellens bruksområde

Hovedinntrykket vi sitter igjen med, er at NEMO er godt egnet til nasjonale og aggregerte analyser. For mer detaljerte analyser er det fortsatt sannsynlig at modellen gir et godt bilde, men usikkerheten i resultatene vil være større. Vi tror at modellen med litt innsats kan forbedres slik at den blir vesentlig mer pålitelig på mer detaljert nivå. Det er gjennom slik bruk av modellen at vi vil være i stand til å forbedre den.

NEMO vil slik modellen foreligger i dag ikke være egnet til helt lokale analyser. Til det er både OD-matriser og nettverk for upresise. Vi vil også påpeke at det ikke er

<sup>4</sup> <http://www.hcg.nl/projects/expedite/expedite.htm>

<sup>5</sup> Implementation of Marginal Cost Pricing in Transport - Integrated Conceptual and Applied Model Analysis

noen kapasitetsbegrensninger i nettverket i godsmodellen. Modellen kan følgelig ikke brukes til å vurdere køkostnader i byområder etc. bortsett fra i generelle termer (reduisert gjennomsnittshastighet e.l.l.)<sup>6</sup>. Det er vanskelig å trekke en klar skillelinje mellom analyser hvor NEMO er velegnet og analyser hvor NEMO ikke er egnet.

Modellen er mer velegnet jo mer aggregert analysen er, og man bør operere med regioner framfor kommuner. Likevel vil forhold som krav til nøyaktighet og hvilke alternative datakilder og analysemetoder man har tilgjengelig være med på å bestemme når NEMO er et relevant analyseverktøy.

---

<sup>6</sup> Dette ville uansett kreve en viss samhandling med en persontransportmodell siden godstransporten ikke skaper kø alene.