

DECEMBER 2016
SAMFERDSELSDEPARTEMENTET

VURDERING AV DET NASJONALE GODSMODELLSYSTEMET (NGM)

DECEMBER 2016
SAMFERDSELSDEPARTEMENTET

VURDERING AV DET NASJONALE GODSMODELLSYSTEMET (NGM)

PROJEKTNR.

A086042

DOKUMENTNR.

4

VERSION

1.0

UDGIVELSES DATO

December 2016

BESKRIVELSE

UDARBEJDET

Christian Overgaard Hansen,
Hanne Samstad,
Ole Kveiborg

KONTROLLERET

KRP

GODKENDT

OLEK

INDHOLD

Sammenfatning	7	
1	Indledning	10
1.1	Indledende overvejelser	10
1.2	Afgrænsning af rapporten	12
1.3	NGM i et overblik	13
2	Brugernes ønsker og behov	15
2.1	Hvad har vi fået fra brugerne	15
2.2	Hvad anvendes modellerne til andre steder	17
2.3	Modellens anvendelse og 'kravspecifikation' til modellen	21
3	Udviklingsmuligheder	23
3.1	Indledning	23
3.2	Lokalisering af virksomheder og terminaler/lagre	24
3.3	Handelsmodellen	26
3.4	Stokastisk logistikmodel	34
3.5	Kapacitetsbegrænsninger	36
3.6	Sikre modelpræcision	42
3.7	Modelsammenhæng	47
4	Anbefalinger og konklusion	51
4.1	Hovedanbefalinger	51
4.2	Dokumentation og flere brugere af modellen	55
5	Litteratur	57

Sammenfatning

Vi har i denne rapport haft et overordnet fokus på godsmodellsystemet. Vi har taget udgangspunkt i de behov som brugerne har udtrykt i forhold til modellen og vurderet en række mulige udviklinger ud fra denne tilgang. Vi har derfor haft mindre fokus på bl.a. hvordan basis-varestrømmene fastlægges eller specifikke detaljer omkring modellen. I vores vurderinger af udviklingspotentialer har vi set på hvilke udviklingsmuligheder, der har været anvendt i andre praktiske modeller. Selvom der i litteraturen findes mange teoretiske muligheder for modellering af udvalgte elementer, så er det de færreste af disse, der umiddelbart kan integreres eller implementeres i en national model.

Hovedanbefalinger

- > **Sammenhængende modelsystem**

Den eksisterende model er ubalanceret i dette forhold. Der er med de uafhængige modeller med mulige forskellige grundlag, hvor ikke alle ændringer får betydning for alle dele af modellen, en risiko for at de resultater modellen når frem til rammer skævt. Helt overordnet peger vi i rapporten på, at et mere sammenhængende og integreret modelsystem kan øge tilliden og konsistensen i modelresultaterne. Når modellen anvender input på en systematisk og konsistent måde på tværs af alle delmodeller. Modellen skal derfor være opbygget med elementer, der alle har samme detaljeringniveau og er koblet sammen på en forståelig måde.
- > **Model præcision og troværdighed**

Den nuværende version af modellen giver kun i en vis grad modelbrugerens kontrol over, hvilke løsninger der findes. I en række praktiske anvendelser af modellen er der fundet resultater, hvor dele af disse har været uforklarlige. Modellen skal derfor som udgangspunkt være i stand til at ramme en basissituation. Dette sikres ved dels estimation af modellen og efterfølgende forskellige former for kalibreringer af modellen. Ved at anvende pivotering, får brugeren en større kontrol over, hvilke løsninger modellen kan finde. Dette er derfor en af vores anbefalinger til en opdatering af kalibreringstilgangen i modellen.
- > **Back-casting som modelkontrol**

Som led i modelvalideringen, både af de enkelte delmodeller og af modelsystemet som helhed, anbefaler vi endvidere, at lave systematiske back-casting øvelser. Gennem back-casting kan det testes om modellens relationer og de parametre mv., der anvendes i modellen, er korrekte. Modellen skal være i stand til at kunne 'forudsige' fortiden.

> **Integration mellem handels- og transportmodellen**

Integrationen med handelsmodellen kan øges ved at benytte en enklere handelsmodel til at forudsige de fremtidige handelsmønstre. Konkret anbefaler at der udvikles en kombination af den nuværende SCGE-model og en gravitationsmodel. Det kræver estimation af en gravitationsmodel på basis af varestrømsdata og udenrigshandelsstatistik.

> **Det anbefales også at opdatere PINGO bl.a.:**

- > At re-estimere de mest centrale parametre. De mest centrale parametre i modellen bør være estimerede, så troværdigheden til disse dele kan øges.
- > Ny kalibrering af PINGO til opdaterede data. Modellens nuværende grundlag er flere år gamle.

> **Logistikmodellen gøres stokastisk**

Kernen i modellen er logistikmodellen. Det er derfor særligt centralt, at denne delmodel giver troværdige resultater. Derfor bør modellen udvikles til en stokastisk valgmodel. En barriere for at lave denne udvikling er datagrundlaget, der ikke umiddelbart giver denne mulighed. Vi peger derfor på at benytte de svenske data (ikke kun for de kæder, der krydser den norsk-svenske grænse, men også de interne svenske kæder).

> **Kapacitetsbegrænsninger**

Det har været et særligt ønske, at modellen i højere grad kan håndtere kapacitetsbegrænsninger. Der er i hovedsagen tre typer af kapacitetsbegrænsninger som kan overvejes at medtage:

- > kapacitetsbegrænsninger på vejene. Det anbefales, at person- og godsmodellerne fuldt integreres ligesom i LTM, da det vil øge anvendelsesmulighederne til f.eks. at belyse effekter af trængsel og trængselsafgifter. Det foreslås at beregning af trængsel i vejnettet udvikles over to faser. I den første fase ses bort fra krydsmodellering og der indarbejdes tidsbånd. I byområder opstår meget af trængslen i forbindelse med vejkryds. Da det er arbejdskrævende at kode og verificere krydsforudsætninger, foreslås det først implementeret en anden fase.
- > kapacitetsbegrænsninger i terminaler og havne. For at være sikker på, at begrænsningerne i de enkelte terminaler repræsenteres korrekt så konkurrencefladen mellem de enkelte terminaler og mellem terminalerne og andre transportmidler, skal man have præcise og omfattende data, der er konsistente. Som i dag skal der fortsat være meget fokus på kalibreringen af de centrale (store terminaler). Det bør overvejes at udskille kapacitetsmodellen for terminaler fra logistikmodellen for at få en mere overskuelig og forklarlig model (se afsnit 4.5.4).
- > kapacitetsbegrænsninger i baneadgangen. Der gives mulighed for at modellere forskellige toglængder på forskellige dele af banenettet. For

at modellere antal tog på en banestrækning, skal modellen integreres med persontransportmodellen (som det gøres i den danske landstrafikmodel).

> **Lokalisering skal ikke implementeres i modellen.**

Lokalisering er en vigtig faktor, men det har vist sig at være meget komplekst at fastlægge præcist, hvad der styrer virksomhedernes valg om lokalisering. Transport og logistikomkostninger er blot en af mange elementer. Men der findes ikke praktiske eksempler på implementering af dette. Derfor foreslås det at undlade en udvikling i denne retning før succesfulde eksempler ses andre steder.

> **Et skridt ad gangen**

Praktisk erfaring viser, at det kan være vanskeligt at håndtere og vurdere effekterne af mange samtidige forbedringer af en model. Det anbefales derfor at implementere og teste forbedringerne successivt.

Der mangler en samlet dokumentation af modellen i den nuværende form. Hvad ligger til grund for de enkelte modeldele, data og hvordan data er anvendt. Det synes derfor at være en god ide, at få lavet en samlet dokumentation, der samler de mest opdaterede justeringer op.

En yderligere aktivitet, der kan understøtte en større anvendelse og flere brugere af modellen er at der skal gennemføres ekstern kvalitetssikring af anvendelser af modellen og modelresultater. Dette kan give grundlag for at der er flere som kan opbygge erfaring i anvendelse af modellen.

For at støtte nye brugere anbefaler vi også at fortsætte med at lave introduktionskurser i modelanvendelsen, som det med succes har været gjort mindst en gang allerede. Man kan endda overveje at man skal have gennemført et af disse kurser for at få brugeradgang til modellen. Det er en tilgang man har lavet i Danmark for at opnå ret til at benytte Landstrafikmodellen.

Gennem kurserne sikrer man sig også at fremtidige brugere gives et grundlag for at kende modellens begrænsninger.

1 Indledning

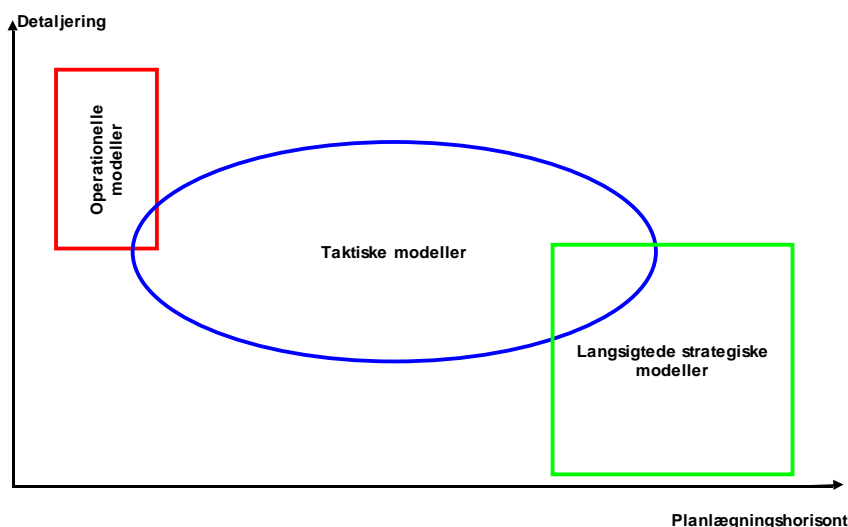
Det nationale godsmodelsystem (NGM) har været udviklet gennem en årrække. I praktisk modellering er den metodiske tilgang i modellen p.t. state-of-practise og dermed den tilgang, der er implementeret i de seneste modeller med samme fokus, men der sker løbende udvikling internationalt og data forbedres løbende – f.eks. med de nye version af varestrømsundersøgelsen.

Samferdselsdepartementet har på den baggrund bedt COWI og Christian Overgaard Hansen (COH Aps) om at vurdere NGM i forhold til eventuelle forbedringsmuligheder. Det var ønsket, at undersøgelsen skulle tage udgangspunkt i de behov som Samferdselsdepartementet og brugerne af modellen og dens resultater har for dernæst at vurdere, hvilke ting eller elementer, der vil give mening at ændre på eller eventuelt at udskifte i modellen.

I rapporten her gennemgår vi de muligheder som vi har fundet frem til ved at se på den nuværende model og de alternative tilgange som er anvendt i andre modeller. Rapporten indleder med at se på de konkrete behov som brugerne har udtrykt i forhold til modellens anvendelse for dernæst at vurdere en række elementer som kan medvirke til at imødekomme disse behov.

1.1 Indledende overvejelser

Der anvendes ofte en klassifikation af trafikmodeller efter detaljeringsgrad og planlægningshorisont (Figur 1). *Operationelle trafikmodeller* er meget detaljerede, f.eks. har de detaljerede oplysninger om terminaler eller kryds. Til gengæld er de ikke i stand til at prognosticere trafikken ud i fremtiden. De langsigtede *strategiske modeller* indeholder kausale sammenhænge uden større detaljer. De *taktiske modeller* er typisk beregnet til at prognosticere trafikken 20-30 år ud i fremtiden. Logistikmodellen i NGM er en taktisk model, mens det samlede modelsystem også har til overordnet formål at se på de strategiske udviklingshorisonter.



Figur 1: Typologier af trafikmodeller

Afhængigt af hvilket formål, der er med modellen, vil man typisk skulle fokusere på en af de tre hovedtyper af modeller. Det er svært at kombinere de forskellige typer af modeller, så man f.eks. samtidig kan fokusere på dag til dag håndteringer af gods samtidig med at kunne lave langsigtede prognoser. F.eks. vil en detaljeret modellering af trafikafviklingen i og omkring et trafikknudepunkt stille helt andre datakrav og behov end modelleringen af godstrømmene mellem to byer. De datadetaljer, der er behov for til modelleringen af trafikknudepunktet, er det sjældent muligt eller unødvendigt at finde frem til for en model, der skal se på strømme, der berører rigtig mange knudepunkter mellem de to endepunkter.

I den Europæiske model Transtools forsøgte man i den første version af modellen, at indarbejde kortsigtede tilpasninger til ændringer i f.eks. infrastruktur eller afgifter ved en såkaldt *system dynamics* modeltype sammen med mere traditionelle statistisk baserede ligevægtsberegninger af trafikstrømme og mængder. Modellen var i praksis meget svær at anvende, da den havde en række elementer, der var valgt på forhånd og dermed låst i modellen. Modellen var dermed ikke tilpas fleksibel til at kunne vise de forventede effekter og den var svær at anvende i praksis.

Et andet nyligt eksempel er i den danske landstrafikmodel, hvor man har forsøgt at kombinere ønsket om at kunne analysere langsigtede strategiske ændringer i den overordnede infrastruktur med et ønske om at kunne modellere og forudsige effekter af meget konkrete og lokale infrastrukturændringer. Også i dette tilfælde viste det sig svært at få opstillet en model, der var konsistent i sin måde at regne på. Den strategiske del af modelsystemet blev derfor reduceret til kun at omfatte en bilejerskabsmodel.

Den relevante eller rigtige godsmodel skal opstilles i en balance med formålet med modellen og med de muligheder eller begrænsninger som data giver for udvikling af modellen.

1.2 Afgrænsning af rapporten

De to hovedformål som brugerne (se kapitel 2) har udtrykt i forhold til modellens anvendelse er:

- > Prognoseformål – særligt som element i NTP-processen; herunder som grundlag for at vurdere elementerne (projekterne), der skal indgå i NTP
- > Vurdere effekter af omkostninger og afgifter på godstransport

Der kan være en indbygget konflikt i disse to overordnede ønsker som beskrevet ovenfor og nedenfor.

Vurderinger af projekter, der tænkes at skulle indgå i NTP stiller en række krav til detaljeringsgraden i modellen. Projekter, der har et overordnet sigte – f.eks. en ny havne/terminal strategi – kan håndteres i de langsigtede modeller, mens effektvurderinger af udvikling af én bestemt havn eller terminal stiller krav om flere detaljer på lokalt/regionalt niveau end det er nødvendigt for en overordnet prognosemodel.

Ændringer i afgifter og omkostninger har på lang sigt virkning for bl.a. lokalisering af produktion, terminaler mv., men primært ud fra de overordnede ændringer det giver til omkostningerne. Dette skal i væsentlig grad håndteres af handelsmodellen. På den korte bane betyder elementer som indgåede kontrakter og aftaler en del for f.eks. transportørernes fastsættelse af priser og omkostningerne generelt set, mens dette på lang sigt ikke har betydning, da alle ændringer forventes inddraget.

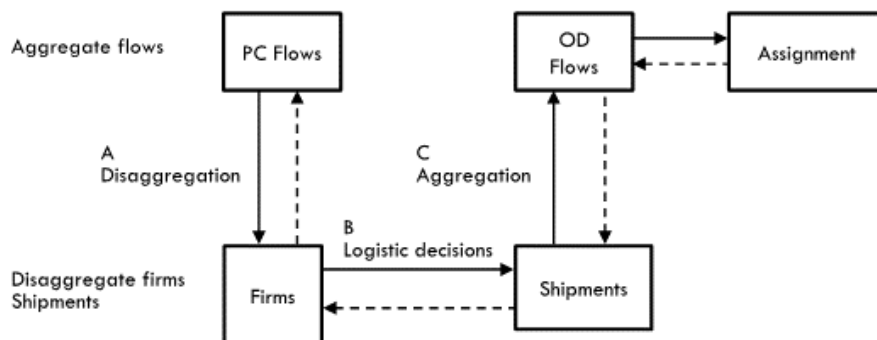
Vores konklusion er derfor, at der er stor risiko forbundet med kombination af de to formål. Der er risiko forbundet med tid og ressourcer til udviklingen, da det er i høj grad vil være nyudvikling. Der er derfor en væsentlig risiko for, at det ikke vil komme til at fungere i praksis. Det er derfor vores anbefaling, at der bør foretages et valg mellem formålene og dernæst søge at gøre modellen bedst mulig anvendelig til det valgte formål.

Vi har tolket brugernes behov og vurderet vigtigheden af behovene og vurderer, at det vigtigste fokus er at have en analyse- og prognosemodel, der kan vise de vigtigste langsigtede effekter samt kunne analysere de strategiske projekter, der kan indgå i NTP-arbejdet. I kapitel 2 tager vi lidt flere aspekter med af brugernes behov som forståelse af grundlaget for de muligheder vi har identificeret.

Vores analyser og anbefalinger i de følgende kapitler vurderes derfor hovedsageligt ud fra, hvordan det kan forbedre modellen som en langsigtet analysemodel. Dette udelukker derfor en række meget specifikke modeller, hvor fokus er på virksomhedernes optimering eller godshåndtering i terminaler, optimering af togdrift og projekter af lokal karakter.

1.3 NGM i et overblik

Den nationale godsmodell NGM er bygget op af flere forskellige delmodeller, der integreres med hinanden og har fælles brugerflade implementeret i CUBE. Kerne i godsmodellen er logistikmodulet, der omregner varestrømme fra produktions-zoner til forbrugszoner (såkaldte PC flows) til godsstrømme mellem zoner (OD-flows). Denne omregning sker gennem en Aggregate-Disaggregate-Aggregate proces, hvor den logistiske håndtering af varerne beskrives modelmæssigt. Den grundlæggende tilgang er vist i Figur 2.



Figur 2 Illustration af beregningsgangen i NGM – logistikmodellen. Kilde: TØI (2014)

Input til logistikmodellen er production-consumption (PC) varestrømmene. Disse varestrømme fastlægges selvstændigt med basis-varestrøms-matricer. Varestrømsmatricerne fremskrives ved hjælp af PINGO-modellen, der er en generel ligevægtsmodel. Der er ingen automatisk feed-back mellem de to delmodeller, men det er dog muligt at iterere mellem PINGO og logistik/netværksmodellen for manuelt at ændre omkostninger i fastlæggelsen af varestrømmene. Det sker ikke nu som en fast del af modellen.

Den tredje delmodel lægger transportmængderne ud på vej- og banenettet. Denne del er som udgangspunkt ikke en del af godsmodellen, men behandles i sammenhæng med passagermodellen. I passagermodellen tages OD-strømmene (flows) fra godsmodellen som givet og der er ikke interaktion mellem modellerne. I ovenstående illustration er der dog indikeret et feed-back loop fra assignment modellen til logistikmodellen. I praksis er denne sammenhæng beskrevet ved, at assignment modellen leverer omkostningsdata til logistikmodellen.

Logistikmodellen fordeler gods med fast efterspørgsel givet af basismatricerne. Hvis efterspørgslen skal ændres, er det nødvendigt at ændre på basismatricerne. Basismatricerne etableres baseret på statistik (i Kr.) om produktion og forbrug af varer, og fremskrives ved brug af handelsmodellen PINGO.

Derudover benytter logistikmodellen information om transportomkostninger, omkostninger i terminaler samt om godsets værdi. Transportudbuddet optræder i form af Level of Service (LoS) værdier, hvori indgår tid og distance mellem zonerne i modellen og opdelt på forskellige transportformer. Disse LoS data fastlægges i netværksmodellen.

Transportomkostningerne med udgangspunkt i distance og transporttid beregnes også ved en selvstændig excel-baseret model. Disse omkostninger kobles med (multipliceres med) LoS data, hvilket tilsammen giver transportomkostningerne mellem alle zoner, der benyttes i logistikmodellen.

2 Brugernes ønsker og behov

Det første man skal være klar over er, hvilke behov brugerne af modellerne har til modellerne og deres videre udvikling. Disse behov er helt fra en forståelse af, hvilke spørgsmål, der ønskes besvaret med modellen til at forstå de udfordringer og problemer, der er med det eksisterende modelsystem.

I dette kapitel forsøger vi derfor at sammenfatte, hvad modelbrugerne i Norge har udtrykt af behov, hvilke anvendelser af nationale modelsystemer, man ser i andre lande og med andre modeller samt vores overordnede konklusion om, hvad de primære behov med modellen er.

2.1 Hvad har vi fået fra brugerne

I dette afsnit opsummeres input primært baseret på indspil fra en workshop med deltagelse fra Samferdselsdepartementet, Tverretatlig arbejdsgruppe for transportanalyser i Nasjonal transportplan, Kystverket, Jernbaneverket og Statistisk sentralbyrå.

I strategiske analyser og udredninger på et tidligt stade som for eksempel 'konseptvalgutredninger' (KVU), er så korrekte fremskrivninger som muligt af varestrømme og transportmiddelvalg en vigtig forudsætning for kvaliteten af resultaterne.

I workshoppen blev der stillet spørgsmål ved om modellens varestrømsprognoser på tilstrækkelig god måde er i stand til at opfange den forventede udvikling i erhvervsstrukturen. Det kan være trends som der ikke er taget hensyn til. For eksempel ser man i enkelte brancher eksempler på at norske industrivirksomheder, der har lokaliseret sine produktionsenheder i udlandet efterfølgende vælger at flytte produktionen tilbage til Norge. Store aktørers beslutninger om centralisering af lager/distributionscentre, hvad enten det er indenlands eller udenlands, kan også føre til betydelige ændringer af forudsætningerne. Det har man blandt andet set eksempler på, når det gælder godstransport på jernbanen, hvor hele grundlaget for et transporttilbud på en strækning kan forsvinde og eventuelt genopstå i en anden region.

Der blev også peget på at teknologisk udvikling påvirker både transportbehov og transportmiddelvalg. Drivkræfter er robotisering af produktionsprocesser og udvikling af køretøjsteknologi og samspil mellem køretøjerne og infrastrukturen (intelligente transportsystemer).

Transportøkonomisk institut (TØI) beskriver udarbejdelsen af godsprognoser for NTP 2018–2027 i TØI-rapport 1393/2015. Tidshorisonten er frem til 2050. Prognoserne tager udgangspunkt i Finansdepartementets perspektivmelding og befolkningsprognoser fra SSB, og der anvendes branchespecifikke vækstrater. Store vedtagne infrastrukturprojekter er der ligeledes taget hensyn til. Transportmidlernes relative omkostninger holdes konstant, og terminalstrukturen ændres ikke.

De forhold som er nævnt her, gælder de grundlæggende prognoser i modellen. I en analyse af et tiltag vil de påvirke både referencesituationen og tiltagsalternativet. I tiltagsalternativet har man en yderligere udfordring: Tiltaget kan påvirke virksomhedernes lokaliseringsbeslutninger, noget der ikke tages hensyn til i modellen.

I analyser af virkninger på kortere og mellemlang sigte er der behov for at modellere aktørernes tilpasninger, det vil sige markedsdynamikken. Markedsforudsætningerne bliver da af stor betydning.

Som modellen er udformet nu, forudsættes det at ændringer i transportørernes omkostninger overvæltet på kunden. Det er en forudsætning som ikke har så stor betydning når man vil studere forventede virkninger i et langsigtet perspektiv.

Hvis formålet er at studere forskellige aktørers forventede tilpasning til ændringer i afgifter, er sagen en anden. På kort sigt betyder konkurrencen på markedet meget. Nogle virksomheder kan få en fordel frem for andre virksomheder som konsekvens af f.eks. ændret infrastruktur eller afgifter. På kort sigt er det en mulighed for en virksomhed at have et monopol så prisen ikke afspejler produktionsomkostningerne. Det gælder også for transportører. En afgift vil ikke på det helt korte sigte blive fuldt overvæltet i transportprisen.

Hvis modellen skal håndtere disse forhold må den måde omkostningerne beregnes på i modellen ændres. I PINGO modellen anvendes en monopolistisk konkurrence antagelse, der på det lange sigte delvist håndterer, at der kan være konkurrence på markedet, men at producenterne også har monopollignende forhold og dermed kan sætte en pris, der afviger fra marginalomkostningerne, som man ellers ville gøre i en model baseret på fuldkommen konkurrence i markederne.

I godsmodellen og i samspillet med PINGO er der dog ingen modellering af konkurrenceforholdene og dermed ikke, hvordan godsmængderne og deres flow umiddelbart ændres.

Problemet med modellens antagelse om fuldkommen konkurrence (eller fuld overvæltning af priserne) er også et af de punkter som er nævnt i både Vista Analyse (2015) og i Oslo Economics (2015).

Andre indspil fra brugerne angående modellen:

- > Årsagen til en dårlig analyse er ikke nødvendigvis at finde i modelsvagheder, men kan bunde i at problemstillingen ikke er godt nok defineret fra bestillerens side og dermed ikke bliver godt nok kodet i modellen. De som bestiller en modelkørsel må have viden om modellen – de må kunne definere tiltaget og forventede effekter tilstrækkeligt detaljeret og præcist. Det er nødvendigt for at kunne kode tiltaget rigtigt og anvende de rette "triks" i modellen for derved at medtage de relevante effekter. Den der koder må vide hvordan man gør. Hvis man for eksempel skal analysere et tilsving på jernbanen som gør at man slipper for at omlade eller skifte spor, så må man vide hvordan det skal defineres for at kunne få effekten frem i modellen.
- > Det er ikke helt tydelig hvad modellen kan bruges til og hvilke parametre man kan skrue på. Hvis resultaterne virker urimelig, er det da fordi man har forsøgt at analysere noget som modellen ikke egner sig til, eller er det fordi man ikke har fundet de rigtige parametre som der skal ændres på?
- > Dokumentationen af omkostningstallene i modellen mangler kilder. Argumentet har været at omkostningstallene er tavshedsbelagte (forretningshemmeligheder for aktørerne). Men det er et ønske at kunne se omkostningerne i modellen og i modelresultaterne.
- > I samfundsøkonomiske analyser anvender Jernbaneverket ton, tonkm og rutekm fra godsmodellen, og kombinerer det med egne enhedsomkostninger. Dette gør at man har bedre kontrol over det, der sker, og kan opdatere omkostningerne selv. Transportomkostninger beregnet i godsmodellen bruges ikke. Jernbaneverket udvikler nu et nyt beregningsværktøj hvor de formentlig vil bruge flere godsmodelresultater og anvende dem i sine beregninger.
- > NGM gir små udslag når tiltagene ikke er store nok. Man må da sætte tiltagene sammen til pakker. Jernbaneverket ønsker, at modellen skal kunne bruges på enklere tiltag end i dag. Nye terminaler er store nok tiltag for modellen, mens for eksempel krydsningsspor (hvis man ikke har mange af dem med i analysen) er for lille en ændring til at modellen kan benyttes til at vurdere det.

2.2 Hvad anvendes modellerne til andre steder

Overordnet set er de andre nationale modeller, der findes i litteraturen som i f.eks. Sverige, Holland, og Danmark samt den europæiske Transtools model, udviklet med samme hovedformål som NGM.

I Meersman et al (2016) listes en række områder som modellerne bruges til og ligeledes en række udfordringer som (internationale) godsmodeller skal forholde sig til i fremtiden. Selvom fokus i artiklen er på internationale modeller, er der en række af de nævnte elementer som også kan være relevante at tænke på i en norsk kontekst.

Overordnet er punkterne nævnt i artiklen:

- > 'Makromodeller' er ikke specielt præcise eller anvendelige til analyser af konkrete (lokale) infrastrukturprojekter, hvor et større detaljeringsniveau er krævet. Der nævnes et eksempel, hvor Transtools modellen har været anvendt til at analysere det store tunnelprojekt mellem Schweiz og Italien, hvor modellen ikke kunne analysere ændringerne forårsaget af den ændrede infrastruktur på et mere detaljeret niveau. Dette kan overføres til en norsk kontekst, hvor en national model ikke vil være velegnet til analyser af lokale (men alligevel store) infrastrukturprojekter.
- > Hvordan skal logistik indarbejdes i modellerne: hvilken vareklassifikation giver mest mening, så der er størst mulig homogenitet inden for den enkelte varegruppe; forsendelses størrelser mv., så man kan omsætte vare-mængder til antal køretøjer eller ture.
- > Værdien i forhold til vægten på godset og udviklingen i dette forhold
- > Skal operatørerne inkluderes i modelleringen

2.2.1 Hvad er de meste centrale anvendelser af modellen

Transportprognosemodeller anvendes traditionelt til undersøgelse af ny infrastruktur (f.eks. ny vej eller bane) eller til at undersøge konsekvenser af transportpolitiske tiltag (f.eks. lastbilafgifter) med det formål at kunne prioritere og optimere samfundets ressourcer. Eksempelvis er Den danske Landstrafikmodel (LTM) anvendt til undersøgelse af nye motorvejsstrækninger og ny fast forbindelse over Kattegat. Godsmodellen i LTM er benyttet til at beregne lastbiltrafikken på de nye motorvejsstrækninger og den faste forbindelse.

Infrastrukturprojekterne kan spænde fra mindre, lokalt prægede anlæg (f.eks. omfartsvej) til store anlæg af national og international betydning. Hvorvidt modellen kan anvendes til at belyse anlæg, som alene har lokale konsekvenser, afhænger af modellens detaljering. I praksis vil det være meget vanskeligt at etablere datagrundlag, som tillader en tilstrækkelig detaljeret og præcis beregning af lokale konsekvenser. Konsekvensen af at anvende modellen til beregning af lokale konsekvenser uden tilstrækkeligt datagrundlag kan være ulogiske resultater og deraf følgende mistro til modellen (se afsnit 4.6). Trafikmodeller bør derfor altid afstemmes i detaljering til datagrundlaget.

Der kan gå flere år før planlagt ny infrastruktur er etableret, og den kan stå mange år ud i fremtiden. Det er derfor nødvendigt, at modellen er målrettet til at kunne beregne konsekvenser typisk 20-40 år frem i tiden for at kunne vurdere

prosjektets benefits. Det vil ved etablering af et nyt anlæg være en indsvingsperiode før der indtræder en ligevægt. Det indregnes sjældent i en samfundsøkonomisk analyse, da det er en midlertidig effekt af typisk kort varighed sammenlignet med projektet levealder.

Nye infrastrukturanlæg undersøges ved at sammenligne med et nulalternativ for at kunne vurdere de samfundsøkonomiske eller privat økonomiske benefits af projektet for fremtidige år efter etablering af anlægget. Det stiller krav til et konsistent grundlag for at kunne beregne effekter sammenlignet mellem projekt og nulalternativ. Det kræver, at det er muligt at køre modelsystemet til ligevægtsstade. Hvis der ikke sikres en ligevægt, risikerer man at vurdere projektet på tilfældige effekter.

Formålet med et transportpolitisk tiltag er typisk at ændre transportadfærden i en bestemt ønsket politisk retning. Det kan spænde fra tiltag, som kan implementeres nemt og hurtigt, til mere komplicerede og langsigtede tiltag (f.eks. omlægning af afgiftsstruktur). Det skal dog igen være inden for modellens detaljering og anvendelsesområde.

Det kan være interesse for at vurdere teknologiske forbedringer f.eks. effektiviseringer og større lastbiler. Det kan i princippet også omfatte mere grundlæggende ændringer af transportmønstret f.eks. førerløse lastbiler. Det er dog traditionelt meget vanskeligt at vurdere konsekvenser af teknologier, som ikke kendes i dag.

Det vurderes, at NGM primært skal anvendes til strategiske analyser med prognosehorisont på 10 – 40 år. De strategiske analyser kan omfatte konsekvensberegning af:

- > ny infrastruktur eller forbedring af eksisterende infrastruktur
- > transportpolitiske tiltag
- > teknologiske forbedringer

Det anbefales på nuværende tidspunkt at koncentrere NGM til beregning af konsekvenser på regionalt og nationalt niveau. Det betyder, at de primære konsekvenser skal strække sig ud over zoneinterne effekter.

Effekter af lokale projekter må løses ved hjælp af regionale modeller el.lign., hvor fokus er på det lokale og regionale. Eksempelvis er det ulogisk at skulle beregne trafikken i hele landet for at kunne vurdere effekterne af en mindre omfartsvej. Der er heller ingen grund til at regne på internationale varestrømme og transportkæder for at kunne beregne effekten af en omfartsvej. Det er til gengæld vigtigt at kunne beregne ændringer i rutevalg og trængsel som følge af omfartsvejen, da det vil være de primære benefits af vejen.

Det er med udgangspunkt i den formålsbeskrivelse at forbedringer til NGM vurderes i det følgende.

2.2.1 Delmodeller og deres betydning i typiske anvendelser af modellen

Godtransportmodellering omfatter typisk en række delmodeller, som mere eller mindre kobles sammen. Det er f.eks. delmodeller for:

- > Beregning af virksomhedslokalisering (land use modeller)
- > Beregning af fremtidige varestrømme (handelsmodel)
- > Beregning af lokalisering af lagre (lagerstrukturmodel)
- > Beregning af transportlogistik (logistikmodel)
- > Beregning af rutevalg (rutevalgsmode)

Formålet med handelsmodellen er at beregne en ændret efterspørgsel og geografisk fordeling af varestrømme. Logistikmodellen benyttes til beregning af transportkæder mellem producent (P) og forbruger (C). Det omfatter beregning af forsendelsesstørrelse og valg af transportmiddel for de enkelte deltransporter. Rutevalgsmodeen vælger eksempelvis hvilke rute i vejnettet, som benyttes mellem to punkter f.eks. mellem to lagre. Det kan også omfatte beregning af transporttidspunkt. Delmodeller og deres funktion er sammenfattet i nedenstående tabel.

Delmodel	Element	Infrastruktur			Poli- tik	Tekno- logi
		Ny vej	Udb. terminal	...	Afgifter	Modulvogn-tog
Land use model	Virksomhedslokalisering	+	+		(+)	-
Handelsmodel	Ændret efterspørgsel	(+)	-		(+)	-
	Geografisk fordeling af varestrømme	++	+		++	-
Lagerstruktur	Lokalisering af lagre	+	++		+	++
Logistikmodel	Forsendelsesstørrelse	+	++		+++	+++
	Valg af logistisk kæde	++	+++		+++	+++
	Transportmiddelvalg	++	+++		+++	+++
Rutevalgsmode	Valg af tidspunkt	(+)	-		++	-
	Valg af rute	+++	+		+++	++

Tabel 1 Delmodeller og beregningseksempler

Tabellen illustrerer mulige konsekvenser af eksempelvis en nye vej, udbygget terminal, lastbilafgifter og modulvogn-tog. De mulige konsekvenser er angivet på en skala fra + til +++, hvor +++ angiver, at det er afgørende for troværdigheden af modelberegning at effekten medtages. Det giver dermed et billede af, hvad det er vigtigst at prioritere af forbedringer i NGM i forhold til typiske anvendelser.

I beregning af konsekvenser af anlæg af en ny vej er det især vigtigt at kunne modellere ændringer i rutevalg og logistik. De primære effekter af en ny vej, er ændret rutevalg for person- og lastbiler. Der kan også ved større motorvejsanlæg være konsekvenser for valg af transportmiddel, hvor der eksempelvis skiftes fra bane til person- og lastbil.

Forbedring af terminaler vedrører især logistikdelen af modellen.

En lastbilafgift vil primært have konsekvenser for logistikken og rutevalget. Betydning af ændret rutevalg er dog betinget af, hvor meget der differentieres i afgift mellem forskellige veje. Lastbilafgiften kan muligvis også påvirke de fremtidige varestrømme afhængig af størrelsen af afgiftsændringen.

En introduktion af større lastbiltyper f.eks. modulvogntog vil primært påvirke de logistiske effekter. Der kan også have konsekvenser for rutevalget, hvis de store lastbiler kun tillades på bestemte strækninger.

2.3 Modellens anvendelse og 'kravspecifikation' til modellen

Baseret på de ovennævnte input og diskussioner om de primære behov som modellen skal opfylde og nogle af de udpegede svagheder, har vi formuleret behov og krav som vi i kapitel 3 går lidt dybere ind i.

Først og fremmest skal modellen:

- > se på overordnede nationale udfordringer
- > anvendes strategisk (og delvist taktisk)

Som yderligere væsentligt 'krav' til modellen, er det vigtigt, at den opnår en troværdighed. Brugere af resultaterne må ikke sætte for mange spørgsmålstejn ved de resultater, som modellen giver. Med det valgte fokus på en national strategisk model, skal vi derfor sigte mod en model, der kan ramme en basis-situation præcist på overordnede centrale forbindelser og strækninger. Modellen skal kunne afspejle de mønstre og strukturer, der er i udgangspunktet.

Et andet krav til modellen er, at de resultater, der opnås med modellen virker realistiske og ikke afviger væsentligt fra de forventede resultater. I denne sammenhæng er det igen vigtigst, at de overordnede resultater ser ud til at ramme. Det er ofte på specifikt udvalgte områder, veje, forbindelser og lignende, hvor modellen ind imellem rammer skævt, mens den på mere overordnet niveau ikke afviger væsentligt fra forventede resultater.

For også at opnå større accept af modellens resultater er det endvidere vigtigt, at modellen virker konsistent i sin måde at analysere effekterne på. Det sikres bl.a. også ved at beregningerne gennemføres konsistent, så eventuelle ændringer inddrages i alle dele af modellen. Dvs. at ændringer i f.eks. transportomkostninger inddrages i beregningerne i alle delmodellerne, at effekter der berører en del af modellen inddrages i vurderingen af effekter i andre dele af modellen (f.eks. i form af iterationer mellem delmodeller).

Det betyder, at vi i de efterfølgende afsnit har valgt et helikopterperspektiv på udviklingsmulighederne, hvor vi i udgangspunktet har valgt en afgrænsning bl.a. ud fra følgende punkter:

- > En model, der ikke fokuserer på city-logistik

- > En model, der ikke skal lave detaljeret modellering af terminaler, knudepunkter eller sektorer
- > De udvalgte løsninger skal have mest fokus på sammenhængskraft/konsistens og behovene og mindre fokus på flere detaljer og bedre delmodeller
- > Der skal være mest fokus på samspillet mellem del-modeller end på sofistikerede delmodeller, der ikke hænger sammen
- > De foreslåede løsninger skal være baseret på State-of-practise: dvs. der skal være fokus på metoder, der med succes er implementeret og anvendt i praksis andre steder

3 Udviklingsmuligheter

3.1 Indledning

Som nævnt i afsnit 2.2.1 har vi valgt at have fokus på, at modellen skal være anvendelsesorienteret. Derudover har vi som diskuteret i kapitel 2 valgt at fokusere på en model, der vil være velegnet til langsigtede prognoser og strategiske analyser som anvendes i f.eks. NTP-planlægningen.

De emner vi har valgt at gennemgå i dette kapitel, er overordnet set udvalgt ud fra:

- > Brugernes ønsker og behov for en anvendelig model
- > Svagheder ved den nuværende valgte model
- > En model, der giver troværdige resultater
- > Praktiske muligheder, der kan implementeres
- > Begrænsninger i behovet for data

Det er dog ikke for alle emnerne, hvor vi mener, der kan gennemføres forbedringer umiddelbart, men alle emnerne er noget, der kunne give et bedre modelsystem, hvis det er muligt at gennemføre forbedringer. Vi har derfor i gennemgangen af hver af emnerne dels prøvet at ridse op, hvad den nuværende tilgang er, hvilke muligheder der kan være for at modellere tingene anderledes og endeligt forsøgt at ridse op, hvad vi mener, der kan gøres.

Vi har på baggrund af de ovenstående kriterier analyseret følgende overordnede muligheder for emner og ting i modellen.

- 1 Fastlæggelsen af varestrømmene i relation til
 - 1.1 Lokaliseringen af virksomheder
 - 1.2 Destinationsvalget
- 2 Integrationen med handelsmodellen (PINGO) – ændringer i transportomkostninger skal spille ind i fastlæggelsen af PC matricen
- 3 Kapacitetsbegrænsninger i infrastrukturen – terminaler, havne, baner

- 4 Modellens præcision – varemodellen og trafikmodellen
- 5 Stokastisk logistikmodel
- 6 Modellens konsistens og sammenhæng – én model i stedet for et modelsystem

3.2 Lokalisering af virksomheder og terminaler/lagre

Lokaliseringen har betydning inden for to hovedområder i modellen. Dels som grundlag for hvor varerne produceres og forbruges (lokalisering af virksomhederne) og dels i forhold til, hvor godset omlastes mellem forskellige transportmidler eller mellem f.eks. to lastbiler. Den første del har primært betydning i relation til fastlæggelse af varestrømme (basis varestrømme og prognoser for varestrømmene), mens den anden del hovedsageligt spiller ind i logistikmodellen og fastlæggelse af transportmønstrene og transportmiddelvalgene.

3.2.1 Hvorfor kan der være et behov og hvor anvendes lokalisering i modeller

Udgangspunktet for mange transporter er der, hvor virksomhederne producerer deres varer og der, hvor køberne af varerne modtager dem. I handelsmodellen (se næste afsnit) anvendes tre forskellige af denne type kæder afhængig af, hvem der er modtager af varerne (PW: leverancer fra producent til distributør, PC: leverancer fra producent til forbruger¹ og WC: leverancer fra distributør til forbruger). Varestrømmene og efterfølgende transportstrømmene er afhængige af, hvor disse aktører er lokaliseret.

Handelsmodellerne bør ideelt set være et fuldt integreret element i godsmodellen, så ændringer i transport eller logistikmønstre og omkostninger får indflydelse på hvor den økonomiske aktivitet finder sted, og hvor store mængder, der kan forventes at blive afsendt. Udover produktionssteder og forbrugssteder for varerne er der yderligere lokaliseringen af omladning og lagre samt omkostningerne herved, der påvirker hvor transportstrømmene foregår.

Lokalisering er således et centralt element i modellerne. Særligt i lande, hvor der i nogle sektorer (nogle varegrupper) kun findes få producenter. Når en af disse producenter ændrer lokalisering eller vælger at stoppe produktionen, kan det få stor betydning for modellens evne til at forudsige ændringer. Nogle af de analyser man vil foretage med modellen (f.eks. analyser af afgifter) kan på lang sigt have indflydelse på, hvor virksomhederne fremover vælger at placere sig eller om disse store centrale aktører vælger at flytte til udlandet og stoppe produktionen i Norge. Men også for varegrupper med flere producenter, vil ændrin-

¹ En forbruger er i denne sammenhæng en virksomhed, der anvender varen enten som input til egen produktion eller til endeligt forbrug. Personers forbrug af varer er ikke med i modellen, da det betragtes som privat persontransport.

ger i omkostningerne influere på producenternes valg af produktionssted. Lokaliseringen er derfor ikke en størrelse, der er fastsat forud for en analyse af et eller andet tiltag foretaget med modellen, men kan være noget, der i sig selv påvirkes af tiltaget.

I litteraturen findes der analyser af, hvad der betyder noget, når virksomheder vælger lokalisering. Resultaterne er lidt delte. Nogle analyser peger på, at infrastruktur og transportomkostninger har forholdsvis stor betydning, mens andre ikke finder, at det har en selvstændig afgørende betydning. Men generelt anerkender litteraturen, at sammenhængen eksisterer. Man skal dog også skelne mellem kort og lang sigt. På det korte sigte, vil lokaliseringen i næsten alle tilfælde være fast, mens det på længere sigte vil være relevant for virksomhederne at overveje lokaliseringen. På det lange sigte spiller omkostningerne ved transport og logistik derfor ind ifølge litteraturen.

Den største udfordring i forhold til lokalisering er at integrere det i modellen (have endogen lokalisering med). Måden lokalisering typisk medtages i analyserne er at lægge det uden for den samlede model (dvs. en 'eksogen' vurdering eller beregning af, hvor den fremtidige lokalisering vil være). Man lægger derfor de eksogent fastsatte ændringer ind og fastholder disse når analysen med modellen gennemføres. Det gælder både i forhold til handelsmodellen, logistikmodellen og rutevalgsmodellen. Det bliver tydeligt, når man ser på nogle af de senere års bog-udgivelser om godstransportmodeller - f.eks. Meersman, de Vordt og Ben-Akiva, 2013 eller Tavasszy og de Jong, 2013 - der ser bredt på forskellige godsm modeller. Ingen af disse bøger berører lokalisering som en del af modellerne.

Det er altså begrænset, hvor mange modeller, der er lavet for virksomhedernes lokalisering og særligt i en integration med infrastruktur. En af årsagerne er, at data til at fastlægge, hvad der får virksomheder til at vælge bestemte lokaliteter er begrænset. Det er kun muligt at få data, når en virksomhed vælger at flytte eller ved at spørge ind til, hvor vigtig forskellige ting er for virksomhedens valg af lokalitet. For derfor at kunne estimere sammenhængen mellem lokaliseringen og infrastruktur eller transport, skal man kunne følge de enkelte virksomheders lokalisering gennem flere år. Sådanne data findes kun i begrænset omfang i mange lande.

Inden for persontransportmodellering har *land-use-transport-interaction* (LUTI) modeller været et område, hvor der i en periode var meget udvikling. På godsområdet har det ikke været tilsvarende i fokus. Modellerne har endvidere været relativt komplekse at implementere i praksis og ofte har det kun været på begrænsede geografiske områder (bymodeller, city-logistik og lignende). De analyser, der findes, peger hovedsageligt på enkelte branchers lokaliseringsvalg.

3.2.2 Hvilke udviklinger og ændringer foreslår vi

Som nævnt ovenfor, er det kun i enkelte tilfælde, at lokalisering har været en integreret del af modellerne på trods af, at det er et oplagt relevant element at inkludere – særligt i relation til den lange tidshorisont.

Den lange tidshorizont betyder også, at det er vigtigt, at de basismatricer, der anvendes i logistikmodellen viser de fremtidige overordnede PC strømme, inddrager ændringer i lokaliseringerne af produktionen. Det peger på, at det er i handelsmodellens opsætning, at lokaliseringen skal inddrages. Dette er en udfordring som vi ikke har en umiddelbar løsning til. Det er naturligvis muligt at ændre på strukturen i den basale I/O (eller SAM) matrice, så den inddrager forventede ændrede lokaliseringer. Men det sker ikke som en konsekvens af f.eks. ændrede transportomkostninger eller jordpriser mv., men alene ud fra eksogene tilpasninger.

En metode til at indarbejde nye lokaliseringer kan være at anvende gravitationsmodeller, hvor række eller søjletotalerne ændres eksogent pga. ændringer i produktionens eller forbrugerens lokalisering og derefter estimere den opdaterede varestrømsmatrice. Så vidt vi kan afgøre, er det også en tilgang af denne type, der anvendes i dagens modelsystem i fastlæggelsen af prognoserne ved ændrede lokaliseringer.

En fremskrivning af lokaliseringen som afhængig af ændringer i prisvariable eller lignende er derimod ikke mulig at lave.

Vores generelle anbefaling omkring lokalisering er, at dette element ikke forsøges yderligere indarbejdet eller udviklet i modellen før der findes eksempler på en succesfuld implementering i en praktisk anvendt model andre steder.

3.3 Handelsmodellen

Handelsmodeller og trafikmodeller er centrale dele for alle godsmodeller. Handelsmodellerne fastlægger de overordnede strømme af varer, der ender med at skulle transporteres. En økonomisk vækst skal indgå i fastlæggelsen af den fremtidige godsmængde, der skal transporteres. Hvilke varer vil vokse mest, hvor vil væksten opstå og dermed behovet for transport. Trafikmodellerne behandler de overordnede varestrømme og omregner det til transport med forskellige transportmidler og mængder.

I afsnittet ser vi først på den nuværende kombination af varestrømsmatricerne og PINGO SCGE modellen, hvorefter vi gennemgår de enkelte alternativer som kan findes i litteraturen samt nogle af de fordele og ulemper, der er ved de mest centrale modeltyper (IO modeller, SCGE modeller og gravitationsmodeller).

Der er en overordnet problemstilling i relation til handelsmodellen. Dels hvordan modellen skal være integreret med resten af modelsystemet og dels, hvor meget den eksisterende model skal udvikles på, givet at denne er svær at integrere med resten af modellen.

3.3.1 Den nuværende metode

I NGM er handelsmodellen eller varestrømsmodellen (PINGO) ikke en integreret del af den samlede model på samme måde som f.eks. logistikmodellen og netværksmodellen er det.

Logistikmodellen beregner transportløsninger for 39 aggregerede varegrupper. For hver varegruppe er det etableret en basismatrice som angiver hvor meget gods, der skal flyttes mellem zonerne i modellen. Dvs. at den total mængde gods, der skal flyttes er fast i forhold til de givne (PC) basismatricer.

Selve PC matricerne er fastlagt på baggrund af varestrømsanalyserne og korri-geret ved at bruge andre statistiske oplysninger om, hvor produktionen foregår og hvor forbruget af varerne sker. Varestrømsmatricerne fastlægges af TØI i samarbejde med SSB. De seneste varematriker er med basisår 2012/2013 og er dokumenteret af TØI (2015b). Der er igangsat et opdateringsarbejde af disse varestrømme med brug af den nye varestrømsundersøgelse, men disse basis-matricer foreligger ikke før første halvår 2017.

Som udgangspunkt fastlægges basismatricerne med et basisår og holdes fast i de fleste analyser med modelsystemet. Men til prognoseformål eller analyser, der skal se på implementering af et infrastrukturprojekt, vil det være nødvendigt at lave en fremskrivning af basismatricerne. Dette sker gennem SCGE modellen, der regionaliserer de vækstrater der fastsættes af den makroøkonomiske plan-lægningsmodel MSG.²

Nogle af mulighederne og svaghederne ved den eksisterende model er beskrevet i TØI (2015c):

I etableringen av matrisene fra 2003 hadde man ingen varestrømsundersøkelse tilgjengelig, slik at leveransmønster mellom produsent og konsument i hovedsak ble basert på matrisebalansering ved hjelp av gravitasjonsmodeller. Gravitasjonsmodellen ble for hver vare basert på en vektor som representerte produksjonsvolumet i hver innenrikssone, en vektor som representerte konsumvolum for hver innenrikssone og følgende bibetingelser som skulle oppfylles (Vold 2006):

- 1. Leveransestruktur mellom par av regioner fra transportstatistikk, for å sikre leveranser mellom fjerntliggende regioner*
- 2. Leveranser mellom ulike aktører i leveransekjeden*
- 3. Transportarbeid pr varegruppe*

Vektorer for produksjons- og anvendelsesstruktur (kalt inn- og utmarginaler) ble i hovedsak basert på økonomisk primærstatistikk fra SSB (for primærnæringer, industrinæringer, varehandel og andre tjenestenæringer), men med noen unn-

² De fastsættes som regel i en økonomisk vækstprognose med modellen MSG og er helt uafhængig af NGM modelsystemet.

tak, f eks for skogbruk, råolje og naturgass. Med unntak av statistikken for primærnæringer er all økonomisk statistikk oppgitt i verdi og ikke i tonn, slik at det ble etablert faktorer for omregning fra verdi til tonn. Noen varegrupper ble basert på transportspesifikk statistikk. Dette gjaldt særlig for massevarer, mens transport av tømmer var basert på tømmer næringens transportdatabase, Skog-Data.

Svakhetene ved dette systemet har i etterkant vist seg å være at omregningen fra verdi til tonn ble svært usikker, gravitasjonsmodellen tok utgangspunkt i et for aggregert grunnlag, og kalibreringen av gravitasjonsmodellen førte til svært mange og svært små leveranser mellom et stort antall sonepar i matrisene. Av den grunn har det ved etablering av varestrømsmatriser for 2008 og 2012 blitt benyttet andre metoder for den delen av datagrunnlaget der leveransemønster ikke er kjent, deriblant distanseminimering. Dessuten er datagrunnlaget blitt bedre, ikke minst gjelder dette at man nå har tilgang til en varestrømsundersøkelse (Wethal, 2012).

Vi har ikke vurdert viktigheten av disse svagheder eller begrænsninger, men i stedet set på, hvilke alternative muligheter, der er til den eksisterende modeltilgang.

En væsentlig utfordring ved modelsystemet er, at transportomkostningene også betyder noget for handels-interaksionerne og derfor bør influere på fastlæggelsen af nuværende og prognoser af varematrikerne.

3.3.2 Hvilke muligheter giver litteraturen

Der findes andre modeller og muligheder end den handelsmodel, der benyttes i NGM idag. I en kort oversigt er mulighederne:

- > Spatial accounting models:
 - > Interregionale Input/output baserede modeller
 - > SCGE modeller (som PINGO)
- > Land-use transport interaction modeller (LUTI)
 - > I denne modeltype kombineres handelsmodellerne med lokaliseringen af aktiviteterne. Modellerne kan være baseret i mikro teori således at beslutninger taget af virksomheder eller husstande baseres på profitmaksimering og nyttemaksimering i kombination med en ligevægtsbetingelse for jordpriser, så efterspørgslen efter lokaliseringer også er i ligevægt.
- > Spatial interaction models med gravitationsmodellen som mest anvendte eksempel
 - > Modellen antager, at handel mellem to zoner afhænger af mængden der produceres i den ene zone og mængden der efterspørges i den anden zone og afhænger negativt af afstanden mellem de to zoner
- > Sector based models

> Agent based models

De to sidste modeltyper adskiller sig fra de øvrige ved, at de enten alene ser på enkelte sektorer eller på enkelte aktørers valg og derfor ikke kan anvendes til den brede beskrivelse som en landsdækkende godsmodel har brug for. Agent based modeller er en tilgang, der i de seneste ti år er blevet udviklet for persontransport. Modeltypen tager udgangspunkt i de enkelte (typer af) agenter og prøver at beskrive transportens omfang med udgangspunkt i disse typer af agenter. Umiddelbart er det ikke en modeltype, hvor udviklingen er kommet ret langt når der ses på godstransport. Vi ser derfor ikke nærmere på disse to sidste modeltyper.

Spatial accounting models

Traditionelle I/O modeller var i en periode meget benyttet til at fastlægge handelen. Modellerne benytter produktionen i de forskellige sektorer med antagelsen af en sektor kun producerer en type vare og den benytter efterspørgslen efter varer i de samme sektorer. IO matricerne giver hvor meget af produktionen i en sektor, der anvendes i en anden sektor. I de interregionale IO modeller er sektorerne endvidere opdelt på regioner, så handelen nu foregår mellem en sektor i en zone (region) til en anden sektor i en anden region (dog også inklusive handel indenfor samme sektor men i forskellige regioner samt mellem sektorer i samme region). Dette datagrundlag kan både benyttes til at estimere såkaldte input-output koefficienter, hvilket er det, der efterfølgende benyttes til at fastlægge ændringer i handelen, hvis mængden i en sektor stiger eller der fastlægges anden form for vækst.

I SCGE modellerne er IO matricerne grundlag for en anden form for sammenhæng, hvor handelen fastlægges ved såkaldte CES (Constant elasticity of substitution) modeller således at basismatricerne (social accounting matricen) gendannes.

Generelt er SCGE modellerne mere fleksible end IO modellerne, idet handelskoefficienterne er faste og derfor ikke kan afspejle ændringer i f.eks. transportomkostninger. Dog er der udviklet nye modeller, hvor stokastiske nyttemodeller benyttes til at fastlægge hvor sektorerne vælger at købe deres input (enten ved nyttemaksimering eller omkostningsminimering). Et eksempel på en sådan model er lavet i Italien og af Cascetta et al (2013) foreslået som en Europæisk model.

LUTI

Land-use modellerne er kendetegnet ved at forsøge at fastlægge, hvor forskellige (økonomiske) aktiviteter skal foregå – typisk i et bymiljø. Fastlæggelsen af disse aktiviteter tager hensyn til jordpriserne og efterspørgslen efter jord, mens transportomkostningerne i nogle modeller også spiller en rolle for, hvor aktiviteterne i byen placeres. Det er netop dette forhold, der har ledt frem til at modeltypen blev udviklet. De fleste land-use-transport-interaction modeller fungerer som to selvstændige modeltyper, der kobles sammen gennem iterationer, hvor transportmodellen beregner transportomkostninger mellem forskellige zoner og land use modellen beregner efterspørgslen efter transport baseret på lokaliseringen af boliger og arbejdssteder mm. De fleste af modellerne har alene inddraget persontransport og ikke godstransporten. Men i teorien er det samme form for sammenhæng, der kan bygges op omkring denne transport.

Fordele og ulemper ved de forskjellige modeltyper

Gravitations modeller

Gravitationsmodeller har været anvendt i mange sammenhænge i trafikmodeller til at fastsætte bl.a. OD strømme i f.eks. persontrafikmodeller og varestrømme i godstrafikmodeller. Eksempelvis er handelsmodellen i den danske godsmodel og Trans-Tools modellen formuleret som en gravitationsmodel.

Fordelen med modeltypen er den meget enkle modelform med en gennemprøvet tilgang. En anden fordel er, at den er estimeret, og parametrene præcision kan testes statistisk. Endvidere kobles den type af model nemt sammen med resten af modelsystemet, således at ændringer i andre dele af trafikmodellen får direkte indflydelse på fordelingen af varestrømmene. Fordele ved anvendelse af gravitationsmodel til beregning af fremtidige varestrømme er opsummeret:

- > At det er kendt teknik
- > At modellen giver robuste og nemt forklarlige resultater
- > At modellen er nem at integrere med andre modelkomponenter

Det er en svaghed ved den type af modeller, at de ikke nødvendigvis beskriver kausale sammenhænge, da de ofte estimeres på aggregerede tværsnitsdata.

Det kan være vanskeligt at fremskaffe regionaliserede data om varestrømme, som kan benyttes i estimation af parametre. Eksempelvis er den danske handelsmodel estimeret på basis af udenrigshandelsdata. Store områdeinddelinger betyder bl.a., at der kan være en stor heterogenitet indenfor varegrupperne og transportomkostninger nemt bliver meget upræcise i forhold til estimation af parameterværdier. Omvendt kan regionaliserede og varegruppeopdelte data være en udfordring i OLS-estimationen af modellen, da der kan forekomme mange relationer uden observationer.

IO modeller

Som allerede nævnt ovenfor er rumlige IO modeller en anden tilgang, der benytter samme datagrundlag som SCGE modellerne. I modsætning til SCGE modellerne er der ikke et egentligt økonomisk teoretisk grundlag bag IO modeltilgangen. Der fastsættes i disse modeller tekniske koefficienter, der beskriver, hvor stor handelen er mellem regioner og varegrupper/sektorer, men faktorerne er som udgangspunkt alene fastsat ud fra data.

Men i de mest avancerede IO modeller har man indbygget fleksible koefficienter, der derfor bedre kan håndtere ændringer forårsaget af ændringer i transportomkostninger og dermed også har et lidt stærkere teoretisk fundament. Men på trods af dette kan modellerne ikke håndtere f.eks. varepriser og husstandsindkomster. Generelt set er IO modellerne efterspørgselsmodeller, der ikke på tilstrækkeligt niveau kan håndtere ændringer i udbuddet. Dette er en væsentlig begrænsning af modeltypen, når ønsket er at analysere f.eks. ændringer i udbuddet af transportinfrastruktur herunder virkninger af ændrede transportomkostninger.

En fordel ved IO modellerne er, at de også er kendt og afprøvet i praktiske analysemodeller. Det er dog som regel som selvstændig analysemodel, at IO modellerne har haft deres fordel. De benyttes bl.a. ofte til at vurdere, hvordan de afledte effekter af øget efterspørgsel vil være. F.eks. kan modellerne beregne, hvad en investering i infrastruktur kan give af afledte effekter for andre industrier og i andre regioner. Begrænsningen i forhold til transport projekter er, at man skal fastlægge, hvordan disse permanent ændrer på forholdet mellem sektorer og regioner, for at det kan få en effekt i modellerne.

SCGE modellerne er derfor en mere udviklet anvendelse af IO matricerne, hvor der tages hensyn til både ændringer i transportomkostninger, priser og indkomstændringer. Dermed inddrager SCGE modellerne nogle af de datamæssige fordele som IO modellerne giver, men kommer samtidig udenom nogle af begrænsningerne med modelformen.

SCGE modeller

SCGE modellen har den fordel, at den (i teorien) kan beregne konsekvenserne af f.eks. ændrede transportomkostninger. Der er dog ikke så vidt vi har kunnet gennemskue en direkte kobling mellem transportomkostningerne i netværks- og logistikmodellen og de transportomkostninger, der anvendes i PINGO. Dette kan derfor give inkonsistente beregninger. Dog er det muligt at iterere mellem de forskellige modeldele, så der kobles mellem ændringer i udbuddet og i efterspørgslen. Det er dog sjældent, at dette gennemføres i de praktiske anvendelser af modelsystemet ligesom det kun er i særlige situationer, at SCGE modellen i det hele taget anvendes (jf. f.eks. TØI, 2015a). Det er endvidere usikkert, hvorvidt det er muligt at benytte log-summer i koblingen mellem logistikmodellen og SCGE modellen og samtidig fastholde konsistensen i beregningerne. Det er et punkt, der bør være fokus på i en eventuel udvikling i denne retning.

SCGE modeltilgangen er ydermere stærk, idet den er teoretisk funderet ud fra et mikroøkonomisk fundament. Det giver den fordel, at man kan anvende det økonomiske teoretiske grundlag til fortolkning af resultater opnået med modellen. SCGE modeltilgangen og den implementering, der er i PINGO kan også anvendes til særskilte analyser, hvor udbudssiden gennem logistikmodellen ikke er nødvendig at anvende. F.eks. hvis det er de fremtidige udviklingstendenser af forskellige varegrupper, der er i fokus og ikke de faktiske transportstrømme.

En kritik, der ofte fremføres omkring SCGE modeller er, at de parametre, der anvendes i modellerne ikke er økonometrisk fastsatte. Til gengæld er de relationer, der benyttes i modellen opstillet med udgangspunkt i en teoretisk modellering, hvorfor det som udgangspunkt er muligt at fortolke de enkelte dele i modellen med hjælp i den økonomiske teori. Det er dog muligt at anvende parameterestimater i modellerne forud for den endelige kalibrering af modellerne.

Kritikken betyder også, at der er usikkerhed omkring resultaterne, når f.eks. omkostningerne eller mængderne, der produceres eller forbruges i bestemte zoner ændres. Dette hænger sammen med netop kalibreringen af modellen til en basissituation. Da parametrene alene er kalibreret, er der ikke nogen garanti for, at det er de rigtige størrelser af effekter, der opstår.

3.3.3 Hvad skal man vælge

SCGE- og gravitationsmodellerne tilbyder af alle ovennævnte metodetilgange efter vores vurdering de bedste muligheder for forbedring af NGM. Der er med det udgangspunkt tre mulige forbedringer af handelsmodellen i NGM:

- > At videre udvikle den eksisterende SCGE tilgang
- > At udvikle en ny gravitationsbaseret handelsmodel
- > At kombinere de to tilgange

SCGE tilgangen har en række fordele som beskrevet i forrige afsnit; særligt i relation til det teoretiske grundlag og mulighederne for at lave selvstændige analyser på et konsistent teoretisk grundlag. Til gengæld er der begrænsninger i den samlede modelintegration, hvor effekten af ændringer i transportomkostninger kan være meget vanskelig, måske umulig, at integrere på en automatisk måde i beregning af fremtidige varestrømme.

Gravitationsmodellen er robust og nem at integrere i det samlede modelsystem, hvilket er demonstreret i praksis i flere tilfælde. Modellen hviler ikke på et teoretisk grundlag som eksempelvis en økonomisk ligevægtsmodel. Det er en empirisk baseret model, som ikke nødvendigvis beskriver kausale sammenhænge.

En tredje mulighed er at kombinere de to typer af modeller, som en samlet handelsmodel. Dermed kan fordelene ved de to typer af modeller udnyttes. Det kan eksempelvis foretages ved at benytte SCGE-modellen til basisfremskrivninger af varestrømsmatricerne svarende til den nuværende fremgangsmåde. Gravitationsmodellen integreres med logistik-modellen og benyttes relativt i forhold til varestrømsmatricerne fra SCGE-modellen. Det gøres eksempelvis ved at pivotere omkring den fremtidige varestrømsmatrice fremfor varestrømme i basisåret. Det bliver dermed muligt automatisk i en gennemregning med NGM at afspejle ændringer i varestrømme ved udbygning af eksempelvis infrastruktur i forhold til basisscenariet.

Der er vores vurdering, at den kombinerede fremgangsmåde vil kunne imødekomme mange af de ønskede forbedringer til handelsmodellen. Ulempen er naturligvis ekstra omkostninger til udvikling og vedligeholdelse af to modeller fremfor en.

3.3.4 Udvikling af en gravitationsmodelbaseret handelsmodel

Datagrundlaget er det vigtigste i forhold til estimation af gravitationsmodellen. Varestrømsmatricerne og udenrigshandelsstatistikken udgør de vigtigste datakilder. Det kan anbefales at anvende tidsseriedata i estimationen af modellen. I estimation af handelsmodellen i den danske godsmodel blev udenrigshandelsstatistik over flere år anvendt.

Gravitationsmodellen kan formuleres enten ud fra pengestrømme eller ton. Hvis det vælges at beskrive pengestrømme, skal det omsættes til ton før anvendelse

i logistik-modellen. Det kan i praksis være ganske vanskelig at forudse udviklingen i værditætheden.

I praksis skal estimationen af gravitationsmodellen formodentlig gennemføres i to trin. I første omgang kan der estimeres en model baseret på foreløbige omkostningsdata f.eks. afstande eller tider fra netværksmodellerne. Det tillader at teste forskellige forklaringsvariabler mens logistik-modellen videreudvikles. I den endelige version skal parameterværdierne for transportomkostninger i gravitationsmodellen være baseret på logsummer fra logistik-modellen.

3.3.5 Nogle (mindre) skridt til forbedring af den eksisterende model

NGM følger en teoretisk tilgang, som i de seneste år er den, der har vundet størst udbredelse. Som nævnt ovenfor giver SCGE modellernes teoretiske fundament dem et stærkt grundlag for analyser. Ulempen omkring behovet for kalibrering og manglende mulighed for at statistisk teste parametrene i modellen skal ikke glemmes. Overordnet set, anbefaler vi, at benytte en kombineret modeltilgang til fastlæggelse af varestrømmene som beskrevet i afsnit 3.3.3 og afsnit 3.3.5. Vi kommer desuden ind på den tilsvarende problemstilling og mulighed i afsnit 3.7. Men givet at man fastholder den nuværende SCGE model, vil der være nogle muligheder for at forbedre grundlaget.

Da der er udviklet bedre metoder til at kombinere estimerede parametre med kalibreringen er en af de væsentligste kritikpunkter reduceret. Der skal opdateres med nyere data, få estimeret centrale parametre forud for den endelige kalibrering.

En anden anbefaling er (som vi også kommer ind på senere), at sikre konsistens mellem omkostninger og priser anvendt i PINGO og de omkostninger, der anvendes i logistik- og netværksmodellerne.

- > Feedback/LoS variable indarbejdes i transportomkostningerne i PINGO
 - > Det er en metode som i princippet allerede anvendes eller i hvert fald kan anvendes, men som sjældent gennemføres.
 - > Det vil derfor være centralt at undersøge om metoden kan gøres enklere og på bedre vis kan sikres at den bliver udført ved modelanvendelserne.
 - > Det skal undersøges om det alene er transportomkostningerne, der kan integreres eller der kan benyttes Level of Service mål, der tager en lidt bredere tilgang
- > Estimér de mest centrale parametre
- > Ny kalibrering af PINGO til opdaterede data

- > Derudover peges i Hansen (2010) på følgende ting:
 - > Forbedre den internationale sammenhæng (primært importrelationerne)
 - > Mobilitet af kapitalen (dvs. lokalisering gøres endogen) og af arbejdskraften
 - > Indføre flere husholdningstyper i modellen for en bedre beskrivelse af den endelige efterspørgsel efter varer. Dette element har dog ikke en direkte kobling til at fastlægge varestrømme og det er tvivlsomt om det vil give en stor effekt på denne del af modellen.
 - > Gå væk fra den fuldkomne konkurrence antagelse i modellen. Dvs. Indarbejde skalaeffekter så større produktionsenheder kan give lavere omkostninger. Dette kan gøres ved at indarbejde monopolistisk konkurrence i modellen, hvilket allerede er set i flere andre SCGE modeller

Hansen (2010) foreslår endvidere at indarbejde persontransport i modellen for at sikre en bedre beskrivelse af arbejdskraftens mobilitet. Dette element retter sig dog primært mod at kunne regne på f.eks. agglomerationseffekter, men hovedsageligt relateret til arbejdskraftens omlokalisering og ikke til virksomhedernes ændrede lokalisering.

3.4 Stokastisk logistikmodel

3.4.1 Hvorfor dette element

Tabel 1 illustrerer, at beregning af logistiktransportkæde, er central i forbindelse med mange anvendelser af godstransportmodellen. Den nuværende logistikmodel i NGM er kostminimerende ligesom i den svenske og danske godsmodel. Det har i praksis vist sig at give problemer, at modellen springer mellem forskellige tilstande. Det er således i flere tilfælde oplevet både i den norske, svenske og danske model, at selv mindre ændringer medfører ulogisk store effekter.

Modellerne er typiske ikke estimeret, hvorfor parameterverdierne (enhedsomkostninger) er eksogent fastlagte. Det kan være problematisk, hvis det er baseret på mange skøn og specielt inkonsistente skøn.

3.4.2 Mulig forbedring af logistikmodellen

I forbindelse med afsøgning af forbedringer til den svenske godsmodel (Samgods) er der gennemført foreløbige estimationer af en stokastisk logistikmodel. Det betyder, at PC-transporter fordeles over de mulige transportkæder med en beregnet sandsynlighed fremfor som i dag, hvor der kun benyttes den billigste kæde.

Version 3 af Trans-Tools modellen (TT3) er aktuelt ved at blive færdiggjort af DTU. Den indeholder en stokastisk logistikmodel, som er estimeret på basis af varestrømsundersøgelser i Sverige (VFU 2009) og Frankrig (ECHO 2004). Den er baseret på ADA-modellen, som også ligger til grund for NGM. Det betyder, at

PC-varestrømme nedbrydes til "firma-firma" varestrømme (F2), før de logistiske effekter beregnes. I det afsluttende trin beregnes tomkørsel og deltransporterne i transportkæderne aggregeres sammen, før udlægning i net.

TT3 er baseret på vareklassifikationen NSTR/1. Den stokastiske logistikmodel i er estimeret for tre varesegmenter: i) tør bulk, ii) flydende bulk og iii) forarbejdede varer og containerer.

Der er defineret 12 typer af transportkæder, som kombiner lastbil, tog, skib og indenlandske vandveje. Desuden differentieres mellem transportere som kan foretages med container. De 12 typer af kæder er:

1. Direkte lastbiltransport (inkl. færge) – container
2. Direkte lastbiltransport (inkl. færge) - ikke-container
3. Lastbil med Ro/Ro – container
4. Lastbil med Ro/Ro – ikke-container
5. Tog – container
6. Tog – ikke-container
7. Indenlandsk vandvej
8. Tog og indenlandsk vandvej i kombination
9. Skib
10. Tog og skib i kombination
11. Indenlandsk vandvej og skib i kombination
12. Tog, skib og indenlandsk vandvej i kombination

Lastbil kan indgå i alle typer af transportkæder, på nær de tilfælde hvor zonerne er koblet direkte til bane eller havn.

Der er i TT3 udviklet en multimodal netværksmodel (rutevalgsmodel), som benyttes til at beregne et valgsæt af mulige transportkæder mellem zoner. Der vælges indenfor hver af de 12 typer den "billigste" kæde mellem zoner. Den stokastiske logistikmodel beregner derefter en sandsynlighed for valg af transportkæde. Der findes ikke information til gængelig om placering af lastbilterminaler og lagre på Europæisk niveau. Der er derfor i TT3 beregnet en syntetisk placering af terminaler på basis af plandata. Det er dog som i NGM muligt at angive placering af nye terminaler som eksogent brugerinput.

Den stokastiske logistikmodel i TT3 anvender ton fremfor forsendelsesstørrelse. Det er en forskel i forhold til den stokastiske modeludvikling til Samgods. I den foreløbige estimation af modellen til Samgods er der anvendt en pre-defineret klassifikation i 16 vægtklasser.

3.4.3 Hvilken forbedring til modellen kan det give

Udvikling og implementering af en stokastisk logistikmodel til erstatning af den nuværende kost minimerede model vil medføre flere fordele. En stokastisk logistikmodel vil bl.a. medføre:

- > At transportadfærden beskrives mere realistisk. Det kan sammenlignes med at gå fra en alt-eller-intet rutevalg til en stokastisk flere utevalgs-model.
- > At elasticiteten bliver mere plausibel. Det er observeret i estimation af stokastisk model til Samgods og TT3, at modellens elasticitet er mere troværdig i forhold til den kostminimerende model.
- > At konsekvensberegning af ny infrastruktur og transport politiske tiltag bliver mindre tilfældig, da flip-flop adfærden forsvinder.
- > At modellen giver mulighed for at kunne konvergere i forhold til feedback fra andre delmodeller. Det er således en nødvendig forudsætning for at kunne anvende kapacitetsbegrænsninger i NGM.

3.4.4 Hvordan skal elementet implementeres

Der findes udviklet metoder og data, som kan benyttes til udvikling af en stokastisk logistikmodel til NGM. Det er allerede benyttet i praktisk modelarbejde i forbindelse med TT3 og Samgods. Da de er baseret på samme modelramme (ADA-model) som NGM, vil det være umiddelbart nemt at overføre erfaringer fra estimation fra de to modeller til NGM.

Der må påregnes arbejde med bl.a.:

- > At udvikle og kalibrere model til beregning af valgsæt af transportkæder
- > At udvikle metode til estimation af forsendelsesstørrelse
- > At opdatere omkostninger så det stemmer med estimationsgrundlag
- > At estimere modeller for varesegmenter i NGM
- > At håndtere singlevarestrømme, det vil sige meget store godsmængder som mere eller mindre er fastlåst til en bestemt transportform.
- > At validere og implementere modellen i NGM

3.5 Kapacitetsbegrænsninger

3.5.1 Hvorfor dette element

Brugerne har nævnt kapacitet som en faktor, der kan begrænse mulighederne for at efterkomme efterspørgslen. Det kan betyde, at den beregnede godsprog-nose eksempelvis i praksis ikke kan afvikles i det forudsatte banenet. Kapacitetsbegrænsningerne vedrører primært:

- > Vejnet
- > Banenet
- > Terminaler

Trængsel på vejnettet og banenet hænger i høj grad sammen med persontrafikken. Trængsel på vejnettet skabes primært af personbiltrafikken i myldretiderne, hvilket især i og omkring store byer kan forsinke lastbilerne. Forsinkelser kan i værste fald medføre dyre og mere uregelmæssige lastbiltransporter.

I banenettet er det ofte en prioritering mellom person- og godstog, som kan redusere mulighet for kørsel med godstog. Det kan medføre, at det er umulig å transportere den ønskede godsmængde med tog.

Der kan også være begrensninger i terminalernes mulighet for å betjene gods. Kan terminalen ikke håndtere et beregnet stort flow, kan det være en flaskehals i logistikkæden. Det kan f.eks. nødvendiggjøre andre valg av transportmidler.

NGM inneholder i dag visse muligheter for å medtage kapasitetsbegrensninger i terminaler og på bane. Det er dog ikke indarbejdet som fast bestanddel af det samlede modelsystem³, ligesom der er erfaringer med ulogiske resultater ved anvendelse af modellerne for kapasitetsbegrensninger i terminaler. I det følgende skitseres mulige forbedringer, således at NGM i fremtiden bliver bedre til at tage hensyn til kapasitetsbegrensninger i vejnettet, banenettet og terminaler.

3.5.2 Forbedret hensyn til trængsel i vejnettet

Der tages i den nuværende version af NGM ikke hensyn til mulige forsinkelser af lastbiler på grund af trængsel i vejnettet. Det svarer til fremgangsmåden i Samgods og den danske godsmode, hvor der heller ikke tages hensyn til trængsel i vejnettet. Det er en forudsætning for at kunne tage hensyn til trængsel:

- > At vejnet og zonesystem er tilstrækkelig detaljeret
- > At person-, vare- og lastbiler udlægges simultant i samme vejnet
- > At trafikmængderne på vejstrækninger beregnes tilstrækkelig præcist
- > At turene fordeles over døgnet i tidsbånd

NGM indeholder godt 1.000 zoner og mere en 135.000 vejstrækninger. Det burde umiddelbart vurderet være tilstrækkeligt til at kunne belyse trængsel på et realistisk niveau. I og omkring byer opstår forsinkelserne primært i kryds. Kryds vil også påvirke rutevalget – ikke mindst for lastbiler. Der kan derfor være behov for at supplere det eksisterende vejnet med krydsdata til modellering af krydsforsinkelser. Det kendes bl.a. fra den danske model for Hovedstadsområdet (OTM), ligesom krydsmodellering er ved at blive implementeret i den danske Landstrafikmodel (LTM).

Vejnettet skal inventeres med oplysninger om kapacitet per spor, antal kørespor og fri hastighed. Den frie hastighed er forskellig fra rejsehastigheden, som anvendes i vejnet uden kapacitetsbegrensninger og speed-flow kurver, da fri hastighed ikke skal tage hensyn til kø og krydsforsinkelser. Den frie hastighed vil derfor ofte svare til den skilte hastighed.

Person-, vare- og lastbiler skal udlægges simultant i vejnettet for at kunne beregne trængsel. Det kræver desuden en vis nøjagtighed i beregning af trafikmængderne på vejnettet for at kunne beregne realistiske forsinkelser. Da

³ I praksis køres modellen først ubegrænset og derefter i en gennemkørsel med de eksogent fastlagte kapacitetsbegrensninger

trængslen primært skyldes personbiltrafikken, kræver det især, at personbiltrafikken beregnes tilstrækkeligt præcist. Det kræver verificeringer mod tællinger og eventuelt rejsehastighedsmålinger (se afsnit 4.6).

Beregning af forsinkelse på basis af døgntrafikken kan i bedst fald kun være en tilnærmelse til den faktiske trængsel, da trafikken varierer henover døgn og retning, og der ikke er nogen lineær sammenhæng mellem trafikmængde og rejsetid. Det er derfor nødvendigt at opdele turmatricer med person-, vare- og lastbiler i tidsbånd. Eksempelvis anvendes i OTM og LTM en opdeling i 10 tidsbånd. I OTM er der også implementeret model for valg af rejsetidspunkt for personbiltrafikken for at fange myldretidsspredningen som konsekvens af stigende trængsel.

De lange ture vil krydse flere tidsbånd. Det giver et problem i en statistik rutevalgmodel, hvor turene knyttes til et bestemt tidsbånd. Da trængsel opstår bestemte steder på bestemte tidspunkter i vejnettet, vil de lange ture måske helt eller delvis kunne undgå trængsel. I LTM håndteres det ved hjælp af en "pseudo dynamisk" udlægning af lange bilture, som tillader, at turene passerer flere tidsbånd. Det betyder, at turene afsendes fra startzonen ud fra en tidsfordeling, og der holdes styr på, hvornår de enkelte kanter i vejnettet passerer.

Det er ikke muligt at beregne trængsel udenfor Norge med mindre, at den interne trafik i f.eks. Sverige indgår i modellen. Det er dog næppe et større problem. For det første er der ikke nogen større trængsel på vejnettet i områderne langs grænsen. For det andet skal NGM ikke anvendes til at evaluere projekter udenfor Norge.

Der kan opstå forsinkelser ved selve grænsepassagen på grund af toldkontrol mv. Det er imidlertid et andet problem, som kan håndteres ved at brugeren indlægger ekstra omkostninger eller tid på strækninger, som passerer grænserne.

Der er i det norske modelsystem indført en mulighed at udlægge person-, vare- og lastbiler samlet i CUBE, hvilket er en forudsætning for at kunne beregne trængsel i vejnettet.

Opdelingen i tidsbånd vil forøge beregningstiden meget. Der er i de danske trafikmodeller (LTM og OTM) ved at blive implementeret en ny type rutevalgsmodel, som er en såkaldt path-sized logit rutevalgsmodel⁴. Modellen vælger mellem ruter (paths) fremfor søgning igennem en graf med kanter. Det medfører for det første en meget stor reduktion i regnetid, som går fra flere døgn til få timer. For det andet giver det mulighed for bedre at kunne beregne forsinkelser, som skyldes flaskehalse i vejnettet, og kunne knytte særlige attributer til ruter f.eks. tvangsruiter.

⁴ Prato, C.G., Rasmussen, T.K., Nielsen, O.A. *Estimating value of congestion and value of reliability from the observation of car drivers' route choice behavior*. Transportation Research Record, 2412, 20-27.

3.5.3 Mulig bedre hensyn til banekapacitet

Det er i NGM muligt at gennemføre beregninger med kapacitetsbegrænsninger i banenettet. Kapacitetsbegrænsningerne er beskrevet i en særlig input-fil, som danner input til kørsel med logistikmodellen. Beregningen gennemføres i en iterativ proces med omkostningstilpasning ("skyggepriser") på linjer for at holde mængderne indenfor strækningernes kapacitet.

I nogle analyser har det vist sig at være et problem, at ikke alle banestrækninger tillader samme togstørrelser. På malmbanen kan der bl.a. køres med tog længere end 750 meter, som ellers er begrænsningen andre steder. Det er derfor ikke muligt at analysere scenarier, hvor banekapaciteten udvides ved at give mulighed for at køre med længere tog. Samtidig giver begrænsningen heller ikke mulighed for at give et rigtigt billede af godsstrømme, omkostningerne til banetransport kan være misvisende på udvalgte relationer mv.

Brugerne af NGM har peget på at det ofte giver udfordringer at benytte eksogent fastlagte kapacitetsgrænser. Det er særligt et problem, der opstår, når modellen leder efter optimale løsninger i det omkostningsminimerings-set op som anvendes i de fleste modeller, at problemerne opstår. Modellen risikerer let at ende i nogle underlige lokale minima. Det er derfor som nævnt i afsnit 4.4 er forudsætning for at kunne opnå stabile og plausible resultater med kapacitetsmodellen, at logistikmodellen videreudvikles til en stokastisk model.

Det er nødvendigt også at medtage kapacitetsbegrænsningen i banenettet udenfor Norge, hvis det medtages indenfor Norge. Hvis der kun indføres nationale begrænsninger i banenettet kan det medføre ulogiske resultater langs grænsen. I Samgods anvendes en lineær programmeringsmodel til håndtering af kapacitetsbegrænsninger i det svenske banenet, mens der ikke er nogen kapacitetsbegrænsninger udenfor Sverige. Det har medført beregning af ulogiske transportkæder, hvor eksempelvis gods køres med lastbil til København og omlades til tog, idet der er fri kapacitet på banenettet i Danmark.

Banekapacitetsmodellen i Samgods kører som et separat program. Det kan benyttes til udlægning af resultatet fra logistikmodellen eller benyttes i en iterativ proces med logistikmodellen.

Det kan være en fordel at håndtere kapacitetsproblemer i banenettet i en separat model ligesom for rutevalget i vejtrafikken. Det kan i praksis være meget vanskeligt at kvalitetssikre og validere komplekse modelsystemer, da ulogiske resultater kan skyldes fejl og uhensigtsmæssigheder et utal af steder i systemet eller i endogene sammenhænge i modelsystemet. Det giver derfor bedre muligheder for at kvalitetssikre og validere den enkelte modelkomponent, hvis det er udskilt som et selvstændigt program i det samlede modelsystem. Eksempelvis kan kapacitetsmodellen testes ved hjælp af faste godsmatricer. Det giver også bedre muligheder for at anvende specifikke strækningsattributer, som f.eks. at tillade større tog på bestemte strækninger.

Kapaciteten i banenettet kan ikke ses isoleret fra persontogtrafikken. En separat model vil give bedre mulighed for at kombinere tog fra persontrafikmodellen

med godstog fra NGM. Antallet af persontog kendes umiddelbart som frekvenser fra persontrafikmodellen. Det er derfor alene et spørsmål om at opstille et konsistent banenet. Hvis persontrafikken har første prioritet, kan persontog simpelt trækkes fra den samlede kapacitet. Det efterlader en restkapacitet til godstog, som benyttes i kapacitetsmodellen.



Figur 3: Jernbanenetværket opdelt på elstrækninger og ikke elektrificerede strækninger

3.5.4 Mulig bedre hensyn til kapacitet i terminaler

NGM indeholder en meget detaljeret modellering af terminaler, hvor der tages hensyn til kapacitet og forsinkelser i de enkelte terminaler. Det kræver et godt datagrundlag for at kunne opnå pålidelige resultater med en sådan detaljering. For det første skal der foreligge præcise data for de enkelte terminaler. For det andet skal modellen være i stand til at kunne beregne benyttelse af de enkelte terminaler tilstrækkeligt præcist. Hvis der er stor usikkerhed i modellens beregning af godsomsætning i de enkelte terminaler, vil det medføre tilfældige og ulogiske resultater. Eksempelvis at modellen beregner en større mængde gods

gennem en bestemt terminal end den har kapacitet til at betjene, men som i virkeligheden ikke nær har nået kapacitetsgrænsen. Det vil skævvride beregningen af transportkæderne. Det svarer til beregning af trængsel i vejnettet, hvor der blive beregnet forsinkelser de forkerte steder i vejnettet, hvis datagrundlaget ikke er tilstrækkeligt godt.

Der er derfor behov for en kende godsomsætning i de væsentligste terminaler og kalibrere modellen til at stemme overens med statistikken. (se afsnit 4.6.2 for pivotering).

Den nuværende model er integreret med logistikmodellen. Det bør overvejes at udskille kapacitetsmodel for terminaler som et selvstændigt program. Det har som tidligere nævnt den store fordel, at selvstændige modeldele er meget nemmere at tilpasse, kalibrere og kvalitetssikre. Det kan eksempelvis implementeres på basis af metodisk, som anvendes i TT3 til generering af transportkæder. Logistikmodellen beregner transportkæde mellem to zoner, som grupperes i et antal transportkædetyper f.eks. anvender TT3 12 typer af kæder. Givet zonepar, godsmængde og type af transportkæde vælges terminaler ved hjælp af multimodalnetværk. Det afvikles til ligevægt i en indre løkke, og til ligevægt med logistikmodellen i en ydre løkke.

3.5.5 Hvilken forbedring til modellen kan det give

Det vil alt-andet-lige medføre mere logiske og realistiske resultater at tage hensyn til kapacitet. Det har betydning for resultaternes validitet og modellens troværdighed.

Hvor meget resultater forbedres ved at tage hensyn til kapacitet afhænger af omfanget af kapacitetsproblemer i dag og i fremtiden. Er der f.eks. ikke større kapacitetsproblemer i vejnettet, er det unødvendigt at modellere det, da det ikke vil ændre modellens resultat i nogen væsentlig grad. Hvis der omvendt kan forventes store forsinkelser i vejnettet i fremtiden, vil det være en fejl ikke at medtage trængsel-effekter, da det vil kunne medføre en omfordeling mellem transportmidler.

Der er mange infrastrukturprojekter og transportpolitiske tiltag, som er begrundet i kapacitetsproblemer. Det er umuligt at beregne de reelle benefits af sådanne projekter og tiltag med mindre, at der kan tages hensyn til trængsel.

3.5.6 Hvordan skal elementet implementeres

Kapacitetsmodellering kræver:

- > At det betragtes samlet for hele modelsystemet
- > At metoderne er grundigt testede og validerede
- > At det samlede modelsystem kan konvergere
- > At datagrundlaget er til stede

Det er nødvendigt at betragte kapacitetsmodellering for det samlede modelsystem på tværs af transportmidler. Eksempelvis kan det skævvride resultaterne, hvis der medtages kapacitetsbegrænsninger på bane og terminaler men ikke på vej.

Det er i praktisk trafikmodellering meget vigtigt at kunne validere og teste modellen for at undgå fejl og u hensigtsmæssigheder. Det skal derfor tænkes ind i opstilling af modelsystemet. Det er erfaringsmæssigt meget mere enkelt at teste og validere modelsystemer, som er opbygget sekventielt med feedbacks fremfor simultant opbyggede modelsystemer. Eksempelvis kører bilrutevalget som et selvstændigt program, der kan testes uafhængigt af det øvrige modelsystem. Den samme opbygning bør overvejes for kapacitetsmodel for bane og terminaler.

Det skal sikres, at det samlede modelsystem kan konvergere og ikke ender i et eller andet tilfældigt lokalt minimum. Der kræver dels, at de enkelte dele f.eks. bilrutevalgsmodellen kan konvergere under hensyntagen til kapacitetsbegrænsninger (indre løkke) og dels at det kan konvergere i forhold til de andre delmodeller i systemet (ydre løkke).

En mere detaljeret modellering kræver mere detaljerede og præcise data. Hvis datagrundlaget ikke er strækkeligt godt, er det nyttesløst at modellere eksempelvis kapacitetsbegrænsninger, da det medføre utroværdige resultater. Det er derfor nødvendigt at se kapacitetsmodellering i sammenhæng med datagrundlaget.

3.6 Sikre modelpræcision

3.6.1 Hvorfor dette element

Troværdighed er et centralt tema for alle modeller. En model hvor der er stor usikkerhed om modellens evne til at repræsentere den virkelighed, som den skal være et billede på, vil meget hurtigt miste sin relevans. Troværdig og brugbarhed sikres ved:

- > At den kan ramme den faktiske observerede trafik i basisåret
- > At den har et teoretisk korrekt set up
- > At den opfylder brugerbehov
- > At den producerer troværdige resultater

Modellen skal bevise, at den kan ramme faktiske observerede trafikmængder i basisåret. Hvis det ikke er tilfældet, vil det i praksis ofte medføre en stor mistro til modellens resultater. Eksempelvis blev der udviklet en landstrafikmodel for Danmark i midten af 1990'erne. Den fik meget kort levetid, som primært skyldtes, at den var meget dårlig til at afspejle den faktiske trafik på vejene.

Der skal den have et teoretisk set up, hvor de relationer, der opbygges i modellen er fornuftige og kan forsvares ud fra state-of-practice modellering. Hvis det

ikke er tilfældet, vil resultater fra modellen nemt kunne skydes ned. Selvom en model har et meget stærkt teoretisk set up, er det ikke altid en garanti for at modellen kan beregne troværdige resultater. Det kan skyldes begrænsninger i de data, som er til rådighed for at opstille modellen. Det kan derfor være hensigtsmæssigt at gå på kompromis med detaljeringen i det teoretiske set up for at opnå bedre resultater.

Modellen skal indeholde forklaringsvariabler og sammenhænge, som brugerne mener, er relevante for brugen af modellen. Det vil dog i praksis være umuligt at opfylde alle brugernes ønsker. Det er derfor nødvendigt at prioritere ønskerne i forhold til modellens anvendelser.

Den skal sidst og ikke mindst kunne beregne troværdige og robuste ændringer i trafikmønstre som konsekvens af politiske tiltag eller forbedringer til infrastrukturen mv.

I det følgende diskuteres, hvorledes det bedst sikres, at basisårets trafik reproduceres, og modellens prognoseresultater er troværdige.

3.6.2 Beregningsnøjagtighed i basisår

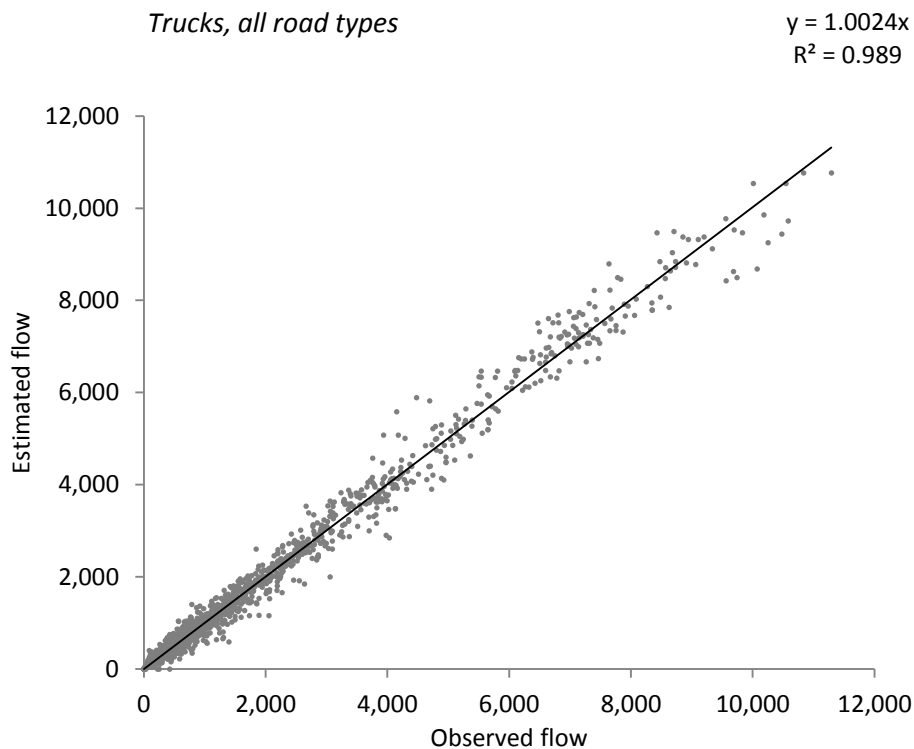
De fleste praktiske modeller har som en central udfordring, at de ikke rammer observerede data særligt godt, hvis der ikke indføres konkrete tiltag i modellen, der sikrer at modellen rammer (kalibrering). Det kan især være en udfordring for godstransport, idet datagrundlaget for godsmodeller ofte er svagere end for persontrafikmodeller og adfærdsbeskrivelsen ofte mere kompliceret for godstransport end for persontransport.

Der kan foretages kalibreringer mange steder i modellen. Det er dog typisk i forbindelse med handelsmodellen (SCGE modellen), efterspørgslen (turmatricer) og rutevalg, at modellen kalibreres til observerede data. Det er en forudsætning for gode resultater fra rutevalgsmodellen, at turmatricerne, som udlægges, er nøjagtige.

Kalibreringen af turmatricer udføres typisk ved manuelt at justere på zone- eller transportmiddel specifikke konstanter. Eksempelvis er der foretaget en kalibrering af den danske logistikmodel til overordnet statistik opdelt på områder og transportmidler. Det har imidlertid været umuligt at kalibrere modellen til at kunne beskrive lastbiltrafikken på mere detaljeret niveau. En udlægning baseret alene på modellerede ture resulterer i meget store afvigelser – typiske store underberegninger i af lastbiltrafik i Danmark.

Pivotering omkring "observerede" basismatricer er den mest systematiske form for kalibrering af turmatricer som findes. Og det er i flere lande f.eks. Danmark og England et "must" for trafikmodeller. Metoden kræver, at der kan opstilles turmatricer for basisåret ud fra statistik, analyse, tællinger mv., som er væsentlig bedre end den modelberegnete matrix. Matricerne anvendes derefter som "omdrejningspunkt" for prognoseberegninger.

Der er eksempelvis i LTM gennemført en matrixjustering af bilmatricer til tællinger, som sikrer at den udlagte trafik stemmer overens med tællinger. Nedenstående figur viser en sammenligning mellem beregnet og observeret lastbiler for et hverdagsdøgn i 2010 på vejnettet i Danmark.



Figur 4: Beregnet lastbiltrafik ved LTM sammenlignet med talt lastbiltrafik

Tabel 2-3 viser eksempler på sammenligninger i LTM mellem beregnet og talt lastbiltrafik. Det ses, at der har været 2.669 tællinger til rådighed for kalibrering og sammenligning. Spredningen S er beregnet på basis af de relative forskelle, mens %RMSE er beregnet på basis af de absolutte afvigelser. Tabellerne viser, at lastbiltrafikken på de større veje typisk modelleres indenfor 10% afvigelse fra den talte trafik. Den relative afvigelse på mindre veje og færger er meget større, men der er tale om få køretøjer. Konfidensintervallerne viser, at der ikke er nogen systematiske afvigelser.

Vejtype	Antal	Gns. lastbiltrafik		95% konfidens	Spredningsmål	
		obs	Beregnet		Interval	s _r
Motorvej	706	3450	3484	[0,919; 1,101]	13%	10%
Hovedveje	760	758	763	[0,922; 1,090]	18%	16%
Regionale veje	675	304	309	[0,914; 1,119]	24%	22%
Andre veje	417	279	268	[0,834; 1,086]	39%	45%
Ramper	60	297	300	[0,695; 1,322]	48%	46%
Færger	51	156	149	[0,404; 1,514]	67%	25%
Alle veje	2669	1258	1268	[0,940; 1,076]	26%	15%
Excl. ramper/færger	2558	1303	1313	[0,940; 1,076]	23%	15%

Tabel 2 Validering af udlagt lastbiltrafik på basis af vejtyper i LTM

Hverdagsdøgntrafik	Antal	Gns. trafik		95% konfidens	Spredningsmål	
(lastbiler)	obs	Obs.	Beregnet		Interval	s _r
0–1.000	76	82	81	[0,557; 1,410]	55%	35%
1.000 – 5.000	784	224	229	[0,935; 1,112]	27%	27%
5000 – 10.000	654	494	502	[0,925; 1,108]	30%	20%
10.000 – 25.000	689	1260	1266	[0,907; 1,101]	21%	14%
over 25.000	466	4261	4290	[0,902; 1,112]	12%	9%

Tabel 3 Validering af udlagt lastbiltrafik på basis af samlet trafik på strækning

Det kan i Norge i modsætning til Danmark forekomme meget store unimodale godstransportmængder af f.eks. malm. De kan bestemmes på basis af transport- og bergverksstatistik. Der er også store mængder af råolie og naturgas, som kan kortlægges på basis af grunddata fra havnestatistik. Den del af olie og gas, som transporteres i rør, indgår ikke i NGM.

De store single varestrømme kan nemt håndteres i pivotering af varestrømme fra handelsmodellen og OD-matricer fra logistikmodellen. Idet de indlægges i særlige segmenter, kan de fastholdes eller modelleres for fremtidige år uden at påvirke beregning af den øvrige godstransport.

3.6.3 Beregningsnøjagtighed i prognoseår

Beregningernes troværdighed i beregningsår sikres igennem en række procedurer, som typisk omfatter:

- > At fejlrette modelsystemet
- > At sikre teoretisk korrekt set up
- > At verificere og dokumentere testberegninger med modellen

Det er en forudsætning for troværdige og robuste prognoseresultater, at der ikke er fejl i modellen. Det betyder, at der skal gennemføre tjek og validering af

model og data. Eksempelvis har Trafikverket i Sverige hyret ekstern bistand til kvalitetssikring af modelkode.

Det kan f.eks. sikres igennem en granskningsgruppe af internationale eksperter, at det teoretiske grundlag for model svarer til international praksis. I forbindelse med den videre udvikling af LTM blev der etableret en granskningsgruppe, som leverer input til forbedring af modellen. Det er samtidig en dokumentation, som kan bruges til at forsvare modellen.

Vi foreslår, at verificeringen af modellen omfatter en backcast. Backcastingen foretages ved at køre modellen for et tidligere beregningsår og sammenligne med historiske trafiktal for at give et indblik i modellens evne til at beregne ændringer i trafikken. Hvis modellen er god til at regne tilbage i tiden, så er den formodentlig ligeså god til at regne frem i tiden. Det giver derfor et indtryk af usikkerheden i prognoseberegninger.

Metoden er forholdsvis ressourcekrævende til opstilling af forudsætninger og indhentning af historiske data, hvilket kan være en årsag til, at det ikke oftere gennemføres i praksis. I forbindelse med udvikling af den danske landstrafikmodel (LTM) blev der gennemført en backcast til 2002. Arbejdet med backcast omfatter:

- > Valg af et tidligere beregningsår. Det skal ske i forhold til, at der er sket en større ændring i f.eks. lokalisering af produktionen eller større ændringer i infrastrukturen, som modellen skal kunne beregne, og muligheder for at fremskaffe forudsætningsgrundlag og trafikdata.
- > Kodning af beregningsforudsætninger eksempelvis ændrede transportomkostninger. Erfaringer viser, at resultatet af backcast afspejler grundigheden i opstilling og kodning af forudsætninger. Det kan dog i praksis være nødvendigt at skønne nogle forudsætninger fremfor at kode komplet ny net el.lign.
- > Modellens evne til at forudsige vare- og transportstrømmene sammenlignes med de faktiske trafiktal i det valgte beregningsår

Resultaterne af disse sammenlignende øvelser kan bidrage til at afgøre om f.eks. lokalisering er en afgørende parameter at håndtere i modellen, ligesom den dokumenterer styrker og svagheder ved modellen.

Der bør foretages et sæt af "standardberegninger" med modellen for at teste og dokumentere dens følsomhed over for centrale variable. Følsomhederne skal gerne kunne verificeres i forhold til erfaringer eller internationale referencer. Det er velkendt fra beregninger i Danmark og Sverige, at den kostminimerende logistikmodel ofte har meget stor numeriske elasticiteter på grund af den deterministiske adfærd. Det bør kendes for at kunne forklare resultaterne.

Erfaringer fra bl.a. udvikling af LTM viser, at det er vigtigt at afstemme brugerens forventninger med modellens kunne. Det er derfor vigtig at beskrive modellens begrænsninger og typiske anvendelser overfor brugerne.

3.7 Modellsammenheng

3.7.1 Hvorfor dette element

Det er viktig at tenke sammenhenge i et kompleksmodelsystem, da det ellers kan medføre inkonsistente resultater. Det overses alligevel ofte, da modellens enkelte dele typisk utvikles af specialister indenfor deres fagområde, som alene tenker i forbedringer af deres delmodel. Det er eksempler (f.eks. Sampers), hvor der er mere eller mindre inkonsistens mellem parameterverdier i modellens dele. Det betyder f.eks., at forbedringer beregnet ved hjælp af rutevalgsmodellen kan blive oppfattet som forringelser af efterspørgselsmodellen.

Der er også generelt spill af ressourcer at anvende forskjellige detaljeringsgrader og nøjagtigheder i modelsystemet, da slutresultatet ikke er bedre end det svageste led. Den økonomisk mest fordelagtige forbedring af det samlede modelsystem opnås derfor generelt ved at løfte de svageste dele af modelsystemet set i forhold til den typiske anvendelse af modellen.

Det er i planlægning af modellen og forbedringer af modellen viktig, at de forskjellige modeldele henger konsistent sammen, at delmodellene benytter samme forudsætningsgrundlag, og at konverteringer på tværs af modellens dele er konsistente og robuste.

Der er tre primære grænseflader i NGM:

- > Sammenheng mellom handels- og logistikkmodell
- > Sammenheng mellom logistikk- og rutevalgsmoeller
- > Sammenheng mellom person- og godsmodell

3.7.2 Sammenheng mellom handels- og logistikkmodell

Handelsmodellen leverer input til logistikkmodellen og logistikkmodellens output benyttes etterfølgende til at fastlægge trafikken på vejnettet sammen med bl.a. persontrafikken. I praksis benytter man eksisterende beregninger fra handelsmodellen som grundlag for alternative beregninger med logistikkmodellen. Problemstillingen er også allerede noteret som beskrevet i TØI's brugervejledning (figur 5).

Denne ad hoc prægede tilgang til analyserne sikrer ikke konsistens på tværs i modelberegningene. Det er ikke givet, at de forudsætninger (f.eks. transportomkostninger), der oprindeligt er anvendt til at beregne varestrømme i handelsmodellen er de samme som etterfølgende benyttes til at beregne trafikken på vejnettet. Der er heller ingen feedback fra logistikkmodellen til handelsmodellen, som kan belyse konsekvenser i form af ændrede varestrømme fra forbedringer i infrastrukturen.

Da det kan være vanskelig at få en likevegtsmodell til at fungere tætt sammen med de øvrige dele af NGM, er det i afsnit 4.3 at utvikle handelsmodellen som en kombination af en SCGE-modell og en gravitationsmodell. SCGE-modellen sik-

rer et økonomisk fundament af handelsmodellen, og gravitationsmodellen sikrer den daglige sammenhæng i modelsystemet. I LTM og TT3 er handelsmodellen formuleret som en gravitationsmodel, som ved hjælp af feedbacks spiller sammen med logistikmodellen. Det er dermed muligt at beregne ændringer i varestrømme, som følge af ny infrastruktur, afgifter mv. Det samme bliver tilfældet for NGM.

Den nuværende fremgangsmåde, hvor varestrømme ikke ændres i projekter med forbedret infrastruktur, medfører meget sandsynligt en undervurdering af benefits af et nyt transportanlæg.

Den nasjonale godsmodellen skiller seg litt fra de norske persontransportmodellene ved at en stor del av de såkalte grunnlagsdataene, eller inndataene, selv er resultater av modellberegninger.

Basismatrisene som utgjør et viktig datagrunnlag for modellen, fremskrives ved kjøring av en annen modell, nemlig den GAMS-baserte godsmodellen PINGO, mens en del av kostnadsfilene med informasjon om godskostnader og kjøretøystkostnader, fremkommer fra kjøring av en Excel-basert kostnadsmodell.

*Ideelt sett burde kanskje disse to modellene også vært implementert i en programvare som fullt ut lot seg integrere i Cube Base. På denne måten kunne **disse modellenes grunnlagsdata fungere som inndata for hele den nasjonale godsmodellen**. Det er imidlertid uklart om dette er teknisk mulig, og tvilsomt om det er hensiktsmessig å bruke ressurser på en slik oppgave.*

Figur 5: Citat fra side 31 i TØI's brukerveiledning

3.7.3 Sammenhæng mellem logistik og rutevalg

Der er traditionel en kritiske grænseflade mellem efterspørgsel og rutevalg. Det er vigtigt at beslutte, hvilke elementer som medtages i logistikmodellen og hvilke som medtages i rutevalget. Det er diskuteret afsnit 4.5. Det er forfatterens anbefaling fra praktisk arbejde, at der så vidt det er muligt bør anvendes en opdeling i delmodeller, som kan testes og kvalitetssikres uafhængigt af modellens øvrige dele.

Delmodellernes spiller sammen ved hjælp af feedbacks, som skal være robuste og konvergere.

3.7.4 Sammenhæng med persontrafikmodel

Vækstforudsætninger (f.eks. BNP) kan i dag i NGM kan være fastsat uafhængigt af forudsætningerne i persontrafikmodellen.

Persontrafikmodellen – anvender resultaterne som givet, bør også inddrages i NGM

I LTM er gods- og persontrafikmodel f.eks. integreret i samme modelpakke. Det betyder primært, at der grundlæggende benyttes de samme forudsætninger (f.eks. økonomisk vækst og arbejdspladser) for person- og godsmodellen, samt person-, vare- og lastbiler kan udlægges simultant i vejnettet. Integreringen kan udvides til at omfatte endnu flere elementer end det er tilfældet i dag i LTM

f.eks. ens banenet for person- og godstog, som kan udnyttes i forbindelse med kapacitetsberegninger.

Muligheden for integrationen mellem person- og godstrafikmodellen afhænger primært af fleksibiliteten i det anvendte software. LTM anvender ArcGIS som platform, hvilket tillader en meget fleksibel programmering af modelsystemet. Den fremgangsmåde kan omvendt have ulemper som f.eks. forøget behov for kvalitetssikring af modelsystemet og mulige større omkostninger.

- > Regionale modeller – anvender resultaterne som givet
- > Sikre samme forudsætninger i de forskellige delmodeller (person- og godsmodeller). Det er ikke godt nok at bruge en fast godsmatrice (eller preloaded antal lastbiler)
- > Sikre at man får alle effekter med når der laves et projekt. I dag laves tingene ad hoc og det er ikke altid, der laves beregninger med begge modeller. – Bruger uafhængige beregninger fra gods- hhv. RTM-modellerne (og fjerner her godstransporten) til nytte-kostnadanalyser
- > Modelsystemet RTM/NTM er primært udformet for at analysere virkninger af tiltag for persontransport. Der benyttes faste lastbilmatrixer (køretøjer længere end 5,5 meter). Modelresultaterne kan inkludere virkninger for lastbiltrafik. Det sker som følge af at lastbilernes tids- og distanceafhængige omkostninger påvirkes af vejtiltaget man analyserer. Tiltaget kan føre til ændringer i rutevalg for tunge køretøjer i modellen, og følgelig ændret nytte for den berørte godstrafik. Men der ligger ingen godsstrømsanalyse bag, og der kommer ingen ændring i transportmiddelvalg.

NGM benyttes i analyser, hvor formålet er at undersøge virkninger for godstransport.

Modelsystemerne for godstransport og persontransport har i praksis eksisteret side om side, uden nogen kobling mellem dem. RTM/NTM har i lang tid været opbygget i CUBE. Når NGM nu også er blevet implementeret i CUBE, åbner det for bedre muligheder for samspil. Vi kender ikke til analyser, hvor dette er anvendt i praksis. På tilsvarende måde som man hidtil har importeret lange rejser fra NTM ind i RTM ved regionale analyser, kan man nå importere godsmatrixer fra NGM ind i RTM, nærmere bestemt turmatrixer for tunge biler. De lægges ud på et godsmodelnetværk (som ikke er identisk med netværket i RTM). Ture fra godsmodelzoner fordeles på grunnkretser (zoner) i RTM-området.

3.7.5 Vores forslag til at sikre konsistens

TØI konstaterer (jf. boksen ovenfor), er det usikkert om det er muligt at lave dette konsistente og integrerede modelsystem og der stilles spørgsmål ved relevansen af det.

Der findes i dag modeller f.eks. LTM og TT3, hvor handels-, logistik- og persontrafikmodel er integreret i samme system. Vi er dog enige i, at det næppe er hensigtsmæssigt at integrere ligevægtsmodellen i sin nuværende form i Cube systemet. Hvis denne delmodel helt eller delvis erstattes af f.eks. en gravitationsmodel, vil det være simpelt at integrere de to modeller.

Forfatterne vurderer, at der kan være mange fordele ved et mere integreret model system:

- > At det bedre sikres det samme forudsætningsgrundlag på tværs af modelsystem og transportmidler.
- > At flere effekter kan medtages i vurdering af nye projekter.
- > At brugen af modellen forenkles idet brugeren ikke behøver at køre forskellige modelkomplekser for at opnå et samlet billede af effekterne.
- > At brugen af NGM forøges hvis det afvikles automatisk sammen med persontrafikmodellen.

4 anbefalinger og konklusjon

Vi har i denne rapport haft et overordnet fokus på godsmodelsystemet. Vi har taget utgangspunkt i de behov som brukerne har uttrykt i forhold til modellen og vurderet en række mulige utviklinger ut fra denne tilgang. Vi har derfor haft mindre fokus på bl.a. hvordan basis-varestrømmene fastlægges eller spesifikke detaljer omkring modellen. I vores vurderinger af utviklingspotentialer har vi set på hvilke utviklingsmuligheter, der har været anvendt i andre praktiske modeller. Selvom der i litteraturen findes mange teoretiske muligheder for modellering af udvalgte elementer, så er det de færreste af disse, der umiddelbart kan integreres eller implementeres i en national model.

4.1 Hovedanbefalinger

Sammenhængende modelsystem

Helt overordnet peger vi i rapporten på, at et mere sammenhængende og integreret modelsystem kan øge tilliden og konsistensen i modelresultaterne. Når modellen anvender input på en systematisk og konsistent måde på tværs af alle delmodeller.

Modellen skal derfor være opbygget med elementer, der alle har samme detaljeniveau og er koblet sammen på en forståelig måde. Vi peger på, at den eksisterende model er ubalanceret i dette forhold.

Tre uafhængige og komplekse delmodeller

Hver af de tre hoved-delmodeller er komplekse modeller, der håndterer mange detaljer og delvist benytter egne datakilder og supplerende input data.

Der er nogle meget stærke uafhængige delmodeller, der er koblet sammen i modellen nu. Logistiktilgangen er state of practise i de fleste nyere modelsystemer og også i NGM modelsystemet. Den er kernen i modellen og integrationen med netværksdelmodellen er veletableret foregår principielt ved iterationer mellem de to dele. Til gengæld er grænsefladen til handelsmodellen ikke fast etableret, men kan også gennemføres med iterationer.

Det er muligt inden for hver delmodel at indføre ændringer og gennemføre beregninger med delmodellen uden de samme ændringer får indvirkning for de

resterende delmodeller. Det kan medvirke til usikkerhet omkring modellens anvendelse og resultater.

Der er med de uafhængige modeller med mulige forskellige grundlag, hvor ikke alle ændringer får betydning for alle dele af modellen, en risiko for at de resultater modellen når frem til rammer skævt. Når modellens resultater efterfølgende skal tolkes og benyttes i analyser, vil der være fokus på forskellige detaljer i modellen. Hvis resultaterne ikke umiddelbart giver mening, vil det kunne underminere troværdigheden, hvis der er viden om uens forudsætninger eller manglende sikring af et konsistent grundlag.

Model præcision og troværdighed

Det peger også på et andet punkt i relation til troværdighed. Modellen skal som udgangspunkt være i stand til at ramme en basissituation. Dette sikres ved dels estimation af modellen og efterfølgende forskellige former for kalibreringer af modellen.

Den nuværende version af modellen giver kun i en vis grad modelbrugerens kontrol over, hvilke løsninger der findes. I en række praktiske anvendelser af modellen er der fundet resultater, hvor dele af disse har været uforklarlige. F.eks. store modelreaktioner på selv relativt små ændringer i f.eks. kapacitetsgrænser i modellen. Ved at anvende pivotering, får brugeren en større kontrol over, hvilke løsninger modellen kan finde. Pivoteringen sikrer, at strukturen i modellens løsning ikke afviger for meget fra en forudbestemt struktur.

Øget anvendelse af pivotering er derfor en af vores anbefalinger til en ændring af modellen.

Feed-back undersøgelser

Som led i modelvalideringen, både af de enkelte delmodeller og af modelsystemet som helhed, anbefaler vi endvidere, at lave systematiske back-casting øvelser. Gennem back-casting kan det testes om modellens relationer og de parametre mv., der anvendes i modellen, er korrekte. Modellen skal være i stand til at kunne 'forudsige' fortiden.

Integration mellem handels- og transportmodellen

Integrationen med handelsmodellen kan øges ved at benytte en enklere handelsmodel til at forudsige de fremtidige handelsmønstre. Konkret anbefaler at der udvikles en kombination af den nuværende SCGE-model og en gravitationsmodel.

Det kan være meget vanskeligt at koble mellem en ligevægtsmodel og logistikmodellen på konsistent måde i den samlede modelsystem. Gravitationsmodellen integreres derimod nemt med resten af modelsystemet, så f.eks. ændringer i kørselsomkostninger (kørselsafgifter mv.) også påvirker de overordnede varestømme

Det kræver estimation af en gravitationsmodel på basis af varestrømsdata og udenrigshandelsstatistik. Det anbefales også at opdatere PINGO bl.a.:

- > At re-estimere de mest centrale parametre. De mest centrale parametre i modellen bør være estimerede, så troværdigheden til disse dele kan øges.
- > Ny kalibrering af PINGO til opdaterede data. Modellens nuværende grundlag er flere år gamle. Der er med de nye varestrømsmatricer og udviklingen generelt behov for at holde modellen ajour. Der har flere gange været lavet tilpasninger og justeringer i modellen, så dette skal blot fortsættes.

Logistikmodellen gøres stokastisk

Kernen i modellen er logistikmodellen. Det er derfor særligt centralt, at denne delmodel giver troværdige resultater. Et problem med modellen i dag er, at den vælger logistikkæder ud fra en alt eller intet fordeling. Så en forsendelsestype kan kun gennemføres med en bestemt kæde. I virkeligheden vil der blive anvendt mange forskellige logistikkæder. Derfor bør modellen udvikles til en stokastisk valgmodel. En barriere for at lave denne udvikling er datagrundlaget, der ikke umiddelbart giver denne mulighed. Vi peger derfor på at benytte de svenske data (ikke kun for de kæder, der krydser den norsk-svenske grænse, men også de interne svenske kæder).

Kapacitetsbegrænsninger

Det har været et særligt ønske, at modellen i højere grad kan håndtere kapacitetsbegrænsninger. Der er i hovedsagen tre typer af kapacitetsbegrænsninger som kan overvejes at medtage:

- > kapacitetsbegrænsninger på vejene
- > kapacitetsbegrænsninger i terminaler og havne
- > kapacitetsbegrænsninger i baneadgangen

Den mulighed, der benyttes i dag er at indlægge eksogene begrænsninger i konkrete dele af infrastruktur mv. Dette kan nogle gange give udfordringer, når der indføres ændringer i kapaciteten, så modellen springer mellem forskellige løsninger.

Kapacitet på veje

For at kunne inddrage kapacitetsbegrænsninger på veje, skal modellen have et relativt stort detaljeringsniveau for vejnettet. Derudover skal person- og godstrafikken kobles sammen. Dette er gjort meget enklere rent praktisk med implementeringen af modellen i CUBE, hvor også RTM er implementeret. Det anbefales, at person- og godsmodellerne fuldt integreres ligesom i LTM, da det vil øge anvendelsesmulighederne til f.eks. at belyse effekter af trængsel og trængselsafgifter.

Det foreslås at beregning af trængsel i vejnettet udvikles over to faser. I den første fase ses bort fra krydsmodellering. Beregning af forsinkelser på vejstrækninger kræver en opdeling af turmatricer i tidsbånd og håndtering af de lange ture, som passerer på tværs af tidsbånd. Beregningstiden forøges ved opdeling i tidsbånd. Det er derfor vigtigt at kunne minimere beregningstiden mest muligt.

Det kan nævnes, at der i LTM skiftes til en ny type rutevalgsmode i forbindelse med implementering af tidsbånd for at reducere beregningstiden.

I byområder opstår meget af trængslen i forbindelse med vejkryds og findes eksempelvis i OTM. Da det er arbejdskrævende at kode og verificere krydsforudsætninger, foreslås det først implementeret en anden fase.

Kapacitet på bane-
nett

For kapacitetsbegrænsninger på banenettet er der to overordnede behov. Den ene er at det bliver muligt at lægge forskellige toglængder ind for forskellige dele af netmodellen. Det kræver, at hver linje i banenettet lægges ind med dette som en konkret parameter.

Den anden udfordring er begrænsningen i antallet af tog, der kan køres på banenettet. For at implementere dette skal man koble beregningerne sammen med passagertog. Dette peger igen i retning af et mere integreret modelsystem.

Da den nuværende metode, som foregår i en iterativ proces med logistikmodellen ved anvendelse af skyggepriser, ikke kan håndtere ovenstående problemstillinger, foreslås det at udvikle en rutevalgsmode for togtrafik med kapacitetsbegrænsninger (se afsnit 4.5.3).

Kapacitet i termina-
ler

Kapacitetsbegrænsninger i terminalerne vil være ret datakrævende at inkludere i modellen. For at være sikker på, at begrænsningerne i de enkelte terminaler repræsenteres korrekt så konkurrencefladen mellem de enkelte terminaler og mellem terminalerne og andre transportmidler, skal man have præcise og omfattende data, der er konsistente.

Som i dag skal der være fokus på kalibreringen af (især) de store terminaler, så godsmængderne, der håndteres i disse fastlægges korrekt i udgangssituationen. Kalibreringen foreslår vi gennemføres som pivotering omkring eksisterende turkæder.

Det bør overvejes at udskille kapacitetsmodellen for terminaler fra logistikmodellen for at få en mere overskuelig og forklarlig model (se afsnit 4.5.4).

Lokalisering skal ikke implementeres i modellen

Vi har også et par områder, der ikke på kort sigt kan gennemføres og som vi ikke anbefaler, der skal tages fat på nu. Den vigtigste af disse er at gøre lokaliseringen af virksomheder, terminaler mv. en del af modellen. Lokalisering er en vigtig faktor, men det har vist sig at være meget komplekst at fastlægge præcist, hvad der styrer virksomhedernes valg om lokalisering. Transport og logistikomkostninger er blot en af mange elementer.

I vores gennemgang af litteraturen, har vi ikke fundet eksempler på praktisk implementering af lokalisering i godstransportmodeller. Der har primært været enkelte forsøg på persontransport i byområder og der har været enkelte teoretiske overvejelser omkring city-logistik. Ingen af disse tilgange er på stader, hvor det er muligt at indarbejde dem i en strategisk national model.

Et skridt ad gangen

Praktisk erfaring viser, at det kan være vanskelig å håndtere og vurdere effektene av mange samtidige forbedringer av en modell. Det anbefales derfor at implementere og teste forbedringene successivt.

4.2 Dokumentation og flere brukere av modellen

Modellsystemet er bygget opp over en årrække med trinvisse forbedringer og endringer, der løbende har håndtert forskjellige problemer eller ønsker til modellen. De mange endringer og løbende oppdateringer er blevet dokumenteret hver for sig. Der er endvidere lavet beskrivelser af modellsystemet set som en samlet pakke og med de enkelte delmodeller.

Der mangler dog en samlet dokumentation af modellen i den nuværende form. Hvad ligger til grund for de enkelte modeldele, data og hvordan data er anvendt.

På grund af den delvist fragmenterede dokumentation er det en barriere for nye brugere af modellen. Det synes derfor at være en god ide, at få lavet en samlet dokumentation, der samler de mest opdaterede justeringer op. Dokumentationen kan f.eks. bestå af:

- > En oversigt over de seneste rapporter, der er lavet; hvad finder man i de enkelte rapporter og hvilke bidrag giver de til modellen
- > En gennemgang af modellen, der beskriver de enkelte delmodeller
 - > hvad er deres datagrundlag
 - > en gennemgang af delmodellen inklusive den oprindelige opbygning af modellen og de justeringer, der er lavet
 - > de væsentligste begrænsninger i delmodellen
- > En ekstern gennemgang af brugervejledningen fra 2015 for at udpege, hvor der kan være behov for yderligere vejledning
- > En gennemgang af modellens anvendelsesområde, hvor er den stærk og, til hvad skal modellen ikke benyttes. Dette skal tage udgangspunkt i TØI (2014) og suppleres med inputs fra de andre rapporter, der er udarbejdet i de sidste år

En yderligere aktivitet, der kan understøtte en større anvendelse og flere brugere af modellen er at der skal gennemføres ekstern kvalitetssikring af anvendelser af modellen og modelresultater. Dette kan give grundlag for at der er flere som kan opbygge erfaring i anvendelse af modellen.

For at støtte nye brugere anbefaler vi også at fortsætte med at lave introduktionskurser i modelanvendelsen, som det med succes har været gjort mindst en gang allerede. Man kan endda overveje at man skal have gennemført et af disse kurser for at få brugeradgang til modellen. Det er en tilgang man har lavet i Danmark for at opnå ret til at benytte Landstrafikmodellen.

Gennem kurserne sikrer man sig også at fremtidige brugere gives et grundlag for at kende modellens begrænsninger.

5 Litteratur

Bodenman (2011) *Location choice of firms with specialempphasis on spatial accessibility*. Ph.d dissertation ETH no. 19797, ETH Switzerland.

Ennio Cascetta , Vittorio Marzano , Andrea Papola , Roberta Vitillo (2013) A Multimodal Elastic Trade Coefficients MRIO Model for Freight Demand in Europe. I Meersman, H., E van de Vorde and Ben-Akiva, (2013). *Freight transport modeling*. Emerald.

De Jong, G., L. Tavasszy, J. Bates, S.e. Grønland, S. Huber, O. Kleven, P. Lange, O. Ottomøller and N. Schmorak (2016) The issues in modelling freight transport at the national level. *Case Studies on Transport Policy*, Vol 4

DTU (2015) *LTM Ver 1.1 – Dokumentation af godsmodel*.

DTU et al (2011) *Draft report on the freight and logistics model*. Transtools 3 Deliverable 7.1.

Hansen, W. (2010) *Developing a new spatial computable general equilibrium model for Norway*. European Transport Conference 2010, Glasgow Scotland

Meersman, H., E van de Vorde and Ben-Akiva, (2013). *Freight transport modeling*. Emerald.

Meersman, H.et al (2016) Challenges and future research needs towards international freight transport modelling. *Case Studies on Transport Policy*, Vol. 4

Oslo Economics (2015) *Konkurransanalyse av godstransportmarkedet*. OE rapport 2015-9

Prato, C.G., Rasmussen, T.K., Nielsen, O.A. Estimating value of congestion and value of reliability from the observation of car drivers' route choice behavior. *Transportation Research Record*, 2412, 20-27.

Significance (2013). *Method Report – Logistics Model in the Norwegian National Freight Model System (Version 3)*. Gerard de Jong, Moshe Ben-Akiva and Jaap Baak (Significance), Stein Erik Grønland (SITMA).

Statens Vegvesen (2012). Godstransport i Sør-Rogaland.

Tavasszy, L. and G. de Jong, (2013). *Modelling Freight Transport*. Elsevier

TØI (2014) *Transportmodeller på randen. - En utforskning av NTM5-modellens anvendelsesområde*. TØI rapport 1309/2014

TØI (2015a) *Grunnprognoser for godstransport til NTP 2018-2027*. TØI-rapport 1393/2015

TØI (2015b) *Varestrømsmatricer med basisår 2012/2013*. TØI rapport 1399/2015

TØI (2015c) *Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen*. TØI rapport 1429/2015

TØI (2015d) *Kostnadsmodeller for transport og logistikk – basisår 2012*. TØI rapport 1435/2015

TØI (2016) *Gods- og persontransportprognoser 2006-2014. - Sammenlikning av prognose og prognoseforutsetninger med faktisk utvikling*. TØI rapport 1468/2016

Vista Analyse (2015) *Samfundsøkonomisk analyse av tiltak innenfor godstransport*. Vista analyse rapport nr. 2015/37

Bilag A Kort om datakilder

I dette appendiks gennemgår vi helt kort og overordnet et par af de centrale datakilder. Vi giver ikke en gennemgang af alle de kilder, der benyttes, men har udvalgt et par af de kilder, der er afgørende for nogle af de modeludviklinger som vi har set nærmere på i rapporten. Målet med appendikset er at give et overordnet grundlag for at forstå eventuelle begrænsninger i valgene af modeltyper og potentielle udbedringsmuligheder. De mere detaljerede beskrivelser af de datakilder, som indgår i NGM findes i bl.a. TØI's forskellige dokumentationsrapporter.

Vi sigter med andre ord ikke efter et komplet overblik og søger heller ikke at belyse på hvilket niveau de enkelte datakilder kan eller bør udvikles.

En af de mest grundlæggende datakilder til at udarbejde godsmodellen, er varestrømsundersøgelsen. Statistisk sentralbyrå (SSB) indhenter data fra transportørerne og gennemfører en undersøgelse blandt et udvalg af virksomheder om den del af deres transport, som ikke går via en logistikoperatør eller transportør. Virksomhederne udvælges efter geografi og branche.

- > I varestrømsundersøgelsen estimeres total mængde gods med stor præcision. Man kalibrerer mod virksomhedsstatistik, men kalibreringen kan forbedres yderligere.
- > Distributionsmønstrene kræver nogen flere antagelser. Man imputerer ved partielt frafald, en metode som bliver brugt på et antal forsendelser, men som også kan tænkes anvendt som repræsentative udvalg for vægt og vareværdi.
- > Systemerne som der indhentes data fra i varestrømsundersøgelsen indeholder ikke transportmiddel. Transportmiddelfordelt statistik på den anden side kan have samme forsendelse med flere gange fordi samme forsendelse transporteres med flere transportmidler i transportkæden.
- > Hvis man havde brugt den samlede virksomhed i stedet for virksomhedens lokale afdeling som enhed, ville det have åbnet for kobling mellem de forskellige datakilder fordi virksomhedsnummeret registreres pga. at det er et krav ved beregning af moms.
- > For den næste varestrømsundersøgelse bør det afklares, hvilke databehov som bør prioriteres til NGM, herunder hvilket geografisk niveau som er hensigtsmæssig.
- > En anden forbedringsmulighed er at indhente data fra flere virksomheder.

En anden vigtig datakilde til at fastlægge en stor del af forsendelserne og de samlede godsmængder i netværket, er trafiktællinger på vejene. Statens vegvesen har flere tusinde registreringspunkter i vejnettet, hvoraf 742 var kontinuerlige pr. marts 2011. Tunge biler skilles fra øvrige data, således at antallet af lastbiler i hovedtræk kan fastlægges. En oversigt over registreringspunkter på

regionsniveau, fordelt på niveau 1, 2 og 3 (Statens vegvesen, 2012) er vist i Tabel 4. Niveau 1 er kontinuerlige tællinger. I niveau 2-punkter foretages der tællinger i 4-5 uger hvert fjerde år, mens niveau 3-punkter har tællinger i én uge hvert fjerde til sjette år.

Region	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Sør	140	578	769
Øst	195	730	2249
Vest	211	282	784
Midt	86	298	586
Nord	110	327	413
Hele landet	742	2215	4801

Tabel 4 Registreringspunkter marts 2011 (Kilde: Statens vegvesen, 2012)

Det kan evt. være interessant at se på nogle yderligere muligheder for dataindsamling. Nogle af disse er:

- > hvad kan man med de franske data (ECHO) – er der noget at lade sig inspirere af
- > Elektroniske fragtbreve
- > GPS/flådestyring

I Danmark pågår netop nu et arbejde med at undersøge, hvad man kan få ud af andre (elektroniske) datakilder for på den måde at få et bedre grundlag for bl.a. at udvikle modeller og gennemføre analyser. Projektet er endnu ikke afsluttet og indtil videre er der ikke offentliggjort resultater fra projektet. Det anbefales dog at indhente disse oplysninger, når projektet afsluttes inden for de næste måneder (2016/2017).