

Vil koding av inndata med automatiske rutiner føre til usikkerhet?

Olav Kåre Malmin, SINTEF Teknologi og samfunn

1 Innledning

De siste ti år har innføringen av GIS lettet arbeidet med koding av inndata til en transportmodell vesentlig. Tidligere måtte transportnett kodes manuelt med å legge inn lenke for lenke i en tekstfil, men nå kan nettet tegnes opp i GIS basert på digitale kart over vegnettet. I tillegg har det blitt utviklet verktøy som automatisk kan generere inndata basert på digitale kart. Dette sparer i utgangspunktet veldig mye tid, men hva skjer med modellresultatene når personen som koder inndata mister forholdet til innholdet i dataene?

Prosjektet **NTP Regionale transportmodeller** var det første modellutviklingsprosjektet hvor inndata ble generert opp med hjelp av automatiske kodingsrutiner for å spare tid under kodingsarbeidet og på grunn av omfanget av inndata. Dette paperet beskriver hva denne måten å kode inndata på førte til merarbeid og feil i modellen.

1.1 Regionale transportmodeller

De regionale transportmodellene for persontransport ble utviklet på oppdrag fra Statens Vegvesen Vegdirektoratet/Nasjonal Transportplan mellom 2002 til 2006. Modellene består av en langdistansemodell og en kortdistansemodell for hver av de fem administrative regionene i Norge. De fem regionene er Øst, Vest, Sør, Nord og Midt. Antall soner i hver region varierer fra ca 2500 (Region Nord) til ca 7500 (Region Sør).

Langdistansemodellen er basert på etterspørselsmodellen i Nasjonal Transportmodell versjon 5 (Transportøkonomisk institutt) og beregner reiser for alle transportmiddel med reiseavstand lenger enn 100 km.

Kortdistansemodellen beregner turer med reiseavstand kortere enn 100 km. Etterspørselsmodellen er programmert og estimert av Møreforskning. Resten av modellen er satt opp av SINTEF. Inndata til modellen er hentet fra Statistisk Sentralbyrå, transportnett er basert på elektroniske vegkart, Elveg og kollektivrutebeskrivelsene er basert på en elektronisk database over kollektivtrafikk, Regtopp.

Under nettutlegging av trafikk i kortdistansemodellen henter turer fra langdistansemodellen inn for den aktuellere regionen som beregnes.

Modellsystemet ble presentert på Trafikdage på Aalborg Universitet 2004: Modellstruktur for tverretatlige regionale persontransportmodeller i Norge (Skjetne, Malmin, Alfheim).

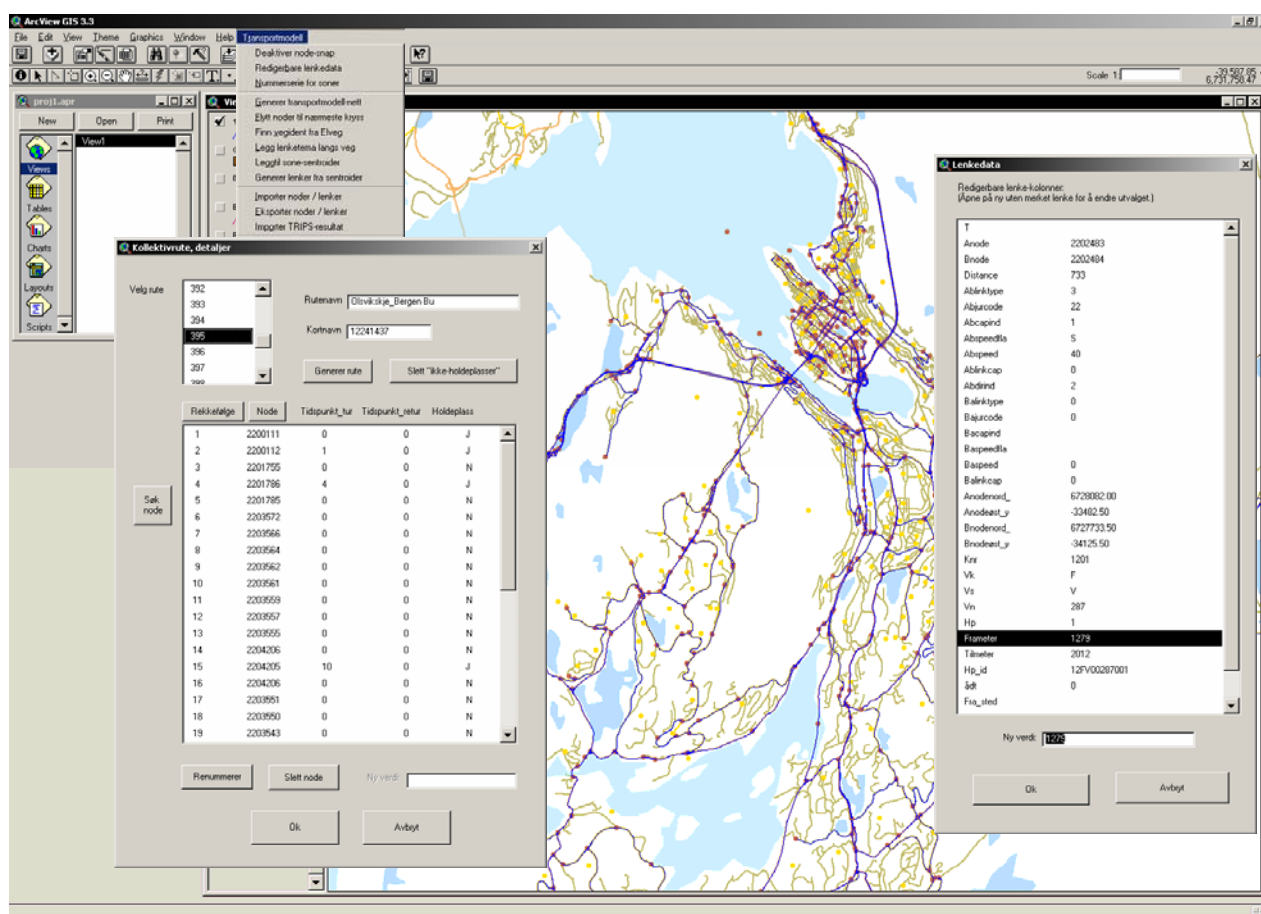
1.2 Modellprogram

De regionale transportmodellene ble startet utviklet med programpakken TRIPS i Cube til Citilabs. Under arbeidet ble Voyager lansert fra Citilabs, som fungerer sammen med TRIPS i Cube. Voyager inneholder mer detaljerte rutiner for å bygge opp et transportmodellsystem og nettutleggingsrutinene i regionalmodellene ble utviklet ved hjelp av Voyager. Etter hvert som

modellene oppdateres blir flere rutiner gjort om fra TRIPS til Voyager. På grunn av at stammen i modellen er basert på TRIPS, er også inndata basert på TRIPS. Voyager har mer solide innlesingsrutiner av inndata og kan lese inn alle typer databaser som transportnett så lenge de inneholder nodenummer for fra- og tilnode.

1.3 Koding av inndata

Inndata til de regionale transportmodellene skulle kodes i ved bruk av verktøy for bruk i ArcView (Figur 1). Dette verktøyet inneholder rutiner for å kode transportmodellnettverk og kollektivrutebeskrivelser basert på elektronisk kartgrunnlag og elektroniske data fra kollektivselskapene. Kodingen kan gjøres både manuelt og automatisk.



Figur 1: Verktøy i ArcView for koding av transportnett og rutebeskrivelser

På grunn av kodingsomfanget virket det i utgangspunktet mest hensiktsmessig å bruke automatiske rutiner for å kode opp inndata. I tillegg skulle dette gjøres på de enkelte regionkontor i Statens Vegvesen for å gi sluttbrukerne av modellen et bedre eierskap til de ferdige modellene. SINTEF skulle videre kvalitetssikre inndata og produsere Level Of Service-data (LOS-data) til videre parameterestimering. I hele prosessen ble det antatt at alle inndata som ble produsert ikke ville inneholde feil.

1.4 Kvalitetssikring av inndata

Inndata som ble oversendt skulle raskt kvalitetssikres av SINTEF og så kjøres i TRIPS for å produsere LOS-data. Allerede første dag av arbeidet viste det seg at ingen inndata lot seg kjøre i

TRIPS på grunn av systematiske feil i inndata. De automatiske rutinene for koding av inndata i ArcView inneholdt ikke noen sjekker for om inndata som ble kodet fulgte de rigide reglene til TRIPS.

Kvalitetssikringsarbeidet som skulle ta tre uker, endte da opp med å ta tre måneder for å luke ut feil i transportnett og kollektivrutebeskrivelser. Feil som gjorde at modellsystemet stoppet, feilkodinger som førte til feil resultat ble luket ut mye senere. Kvalitetssikringen endret også karakter fra å være en sjekk på om verdiene i inndata var troverdig til å bli en ren feilopprettingsprosess uten særlig tanke på datakvaliteten.

1.5 Level Of Service-data

Møreforskning skulle estimere parametre og programmere etterspørselsmodellen til de regionale transportmodellene. Det viste seg at LOS-data produsert av SINTEF på bakgrunn av inndata fra Statens Vegvesen var svært usymmetriske. Kostnadene mellom et sonepar var svært ulike i de to retningene, sannsynligvis på grunn av feilkodede retningsindikatorer i transportnettet. I stedet for å gå tilbake til inndata og se på hva som gjorde matrisene usymmetriske ble matrisene gjort symmetriske ved å legge sammen matrisen med transportatet av matrisen. Da ble kostnadsmatrisene symmetriske men kostnadene mellom sonepar ble fortsatt for store da inndata ikke ble rettet opp. Parametre ble estimert basert på disse symmetriserte matrisene og transportmodellene videreutviklet.

1.6 Videre arbeid

De første transportmodellresultatene viste store avvik fra den virkelige situasjonen. Det ble besluttet å gå gjennom inndata på nytt, da de ikke var blitt kvalitetssikret med tanke på virkelig innhold, bare på om transportmodellen godtok dataene. Et hjelpeprogram ble utviklet av SINTEF for å finne celler i kostnadsmatrisene med store avvik mellom de retningene mellom sonepar. Dette programmet ble så brukt av de som kodet vegnettet i utgangspunktet for å finne feil på retningskoding og andre feil i nettet som kunne føre til usymmetriske kostnadsmatriser. Videre ble det etter dette arbeidet estimert parametre på nytt.

Kvaliteten på inndata begynte å bli bra nok til å kunne estimere parametre til etterspørselsmodellen, men senere etter at modellene begynte å få sin endelige form viste modellresultatene at inndata fortsatt inneholdt en del feil. Dette er problem som oppsto under konsekvensvurderinger av vegprosjekt der regionalmodellene ble tatt i bruk.

Flere sideveger hadde fått mye mer trafikk enn hovedveier, og årsaken til dette var transportnettene inneholdt lite informasjon om kapasiteter. Kapasitetsindeksene beskrevet i avsnitt 3.2.1 var like for noen områder uansett hva slags type veg som var kodet. Dermed klarte ikke transportmodellen å skille på hva som var sideveger og hovedveger, og la ut trafikk på den korteste ruten uansett.

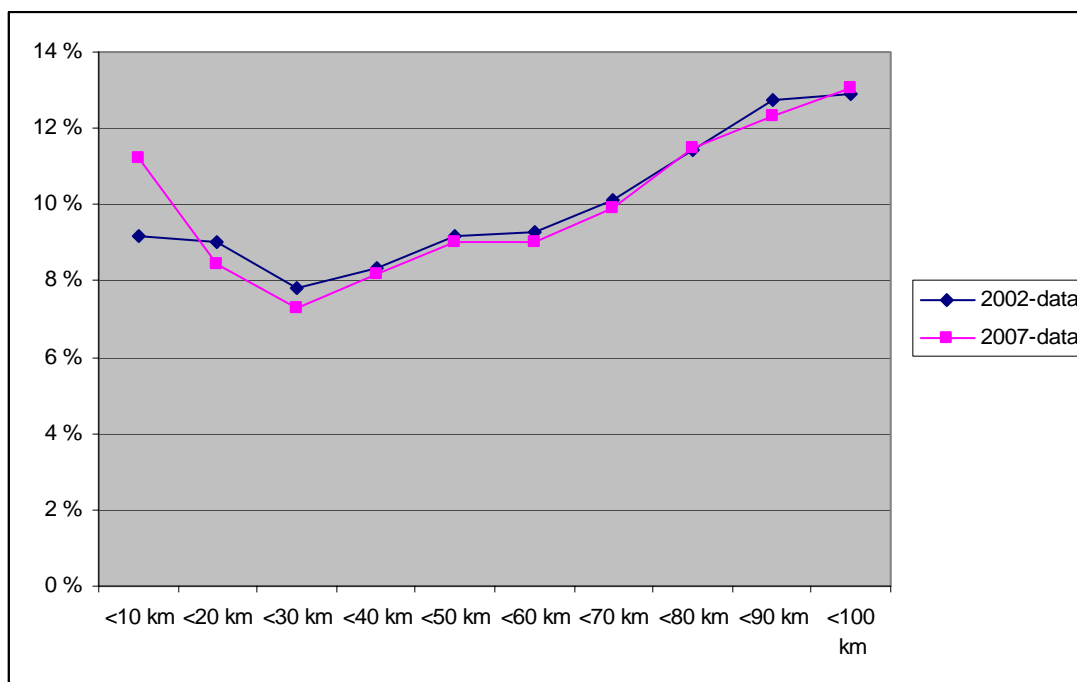
2 Usikkerhet i modellen

Feil i transportnettet blir synlig i avstandsmatrisene. Det er derfor valgt å se på hvordan avstandsmatrisene har endret seg fra første gjennomkjøring av data fra november 2002, til de gjeldende data for dagens modell. De gjeldende data for 2007 har vært gjennom en omfattende kvalitetssikringsprosess.

Avstandsmatrisene er hentet fra Region Midt og prognoseår 2001. 2002-matrisene har 3246 soner og 2007-matrisene har 2948 soner. Da dette er data for en kortdistansemodell er alle relasjoner med avstand lenger enn 100 km tatt ut av matrisene.

Avstandsmatrise	2002-data		2007-data	
Matrisesum	89788128		71892108	
Antall celler > 0	1653201		1340562	
<10 km	151898	9 %	150709	11 %
<20 km	149137	9 %	113417	8 %
<30 km	129053	8 %	97770	7 %
<40 km	138215	8 %	109904	8 %
<50 km	151900	9 %	121179	9 %
<60 km	153392	9 %	120697	9 %
<70 km	166918	10 %	132828	10 %
<80 km	188625	11 %	153642	11 %
<90 km	210566	13 %	165532	12 %
<100 km	213497	13 %	174884	13 %

Tabell 1: Avstandsfordeling



Figur 2: Avstandsfordeling

Tabell 1 viser fordelingen av avstandsverdiene i matrisene. 2002-data inneholder flere relasjoner med avstand lenger enn 100 km enn 2007-data. Den prosentvise fordelingen viser at 2007-data inneholder flere relasjoner med kort avstand, mindre enn 10 km. Dette viser at feil i nettet fører til for få korte relasjoner. For sonepar med lange avstander er fordelingen lik.

2002-data inneholdt også store skjevheter mellom fra/til et sonepar og til/fra et sonepar.

Retningsforskjell	2002-data		2007-data	
Matrisesum	89788128		71892108	
Antall celler > 0	904871		720055	
<10 km	826657	91 %	707825	98 %
<20 km	37193	4 %	7178	1 %
<30 km	19562	2 %	2305	0 %
<40 km	7244	1 %	1036	0 %
<50 km	9127	1 %	1505	0 %
<60 km	2145	0 %	120	0 %
<70 km	1583	0 %	70	0 %
<80 km	992	0 %	13	0 %
<90 km	157	0 %	0	0 %
<100 km	211	0 %	3	0 %

Tabell 2: Fordeling av usymmetri i avstandsmatrisen

Tabell 2 viser fordelingen over antall relasjoner i avstandsmatrisen hvor det er forskjell på fra/til og til/fra et sonepar. I 2007-data har 98% av relasjonene med ulik avstand en forskjell på mindre enn 10 km. 0,029 % av relasjonene er en forskjell lenger enn 50 km. For 2002-data har bare 91% av relasjonene en forskjell kortere enn 10 km, mens 0,56% av relasjonene har en forskjell lenger enn 50 km. I forhold til totalt antall relasjoner utgjør ikke dette så mye, men i forhold til hverandre inneholder 2002-data 5 ganger så mange relasjoner med retningsfeil enn 2007-data.

3 Typiske feil ved automatisk koding av transportnett

Feil kan oppstå i alle deler av inndata til transportmodellen. Dette paperet vil belyse spesielt feil knyttet til vegnettskoding.

Det finnes ulike typer feil, og alle har forskjellige konsekvenser. Feil kan deles inn i to grupper, systematiske feil og logiske feil. Systematiske feil er feil som fører til stopp under kjøring av modellen. Disse må rettes opp for å få kjørt modellen. Logiske feil vil bli akseptert av modellprogrammet, men vil føre til feil i resultatet.

3.1 Systematiske feil

3.1.1 Ulovlige verdier

TRIPS er intolerant ovenfor feil i verdiene i lenkeegenskapene. Ved automatisk koding i stor skala kan verdier for lenketype, kapasitetsklasse og områdekode bli satt til enten 0 eller en verdi større enn maksimumsverdi. Det forekommer også at hastighet/tidsflagg og hastighet/tidsbruk enten mangler eller ikke er i samsvar.

I inndatafilen til TRIPS skal lenkelengder oppgis i antall 10-meter (1342 meter blir altså 134). Ved automatisk koding blir det tatt med en del veglenker som er kortere enn 10 meter. Disse må da kodes om til å være 10 meter lange.

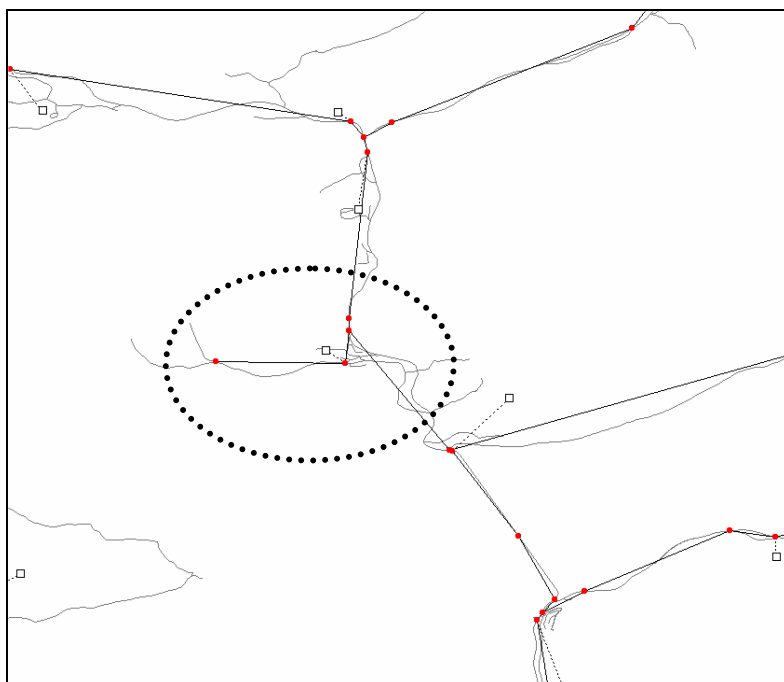
En lenke kan være kodet med lengde 0 meter, men da må hastighet/tid kodes som tidsbruk.

Sjekkliste for kontroll av nettverk:

1. Avstander mindre enn 10 meter rundes av oppover til 10 meter. Unntaket er lenker med avstand 0 meter og med tidsangivelse
2. Lenketype har en verdi mellom **1** og **32**.
3. Områdekode har en verdi mellom **1** og **32**.
4. Kapasitetsklassen har en verdi mellom **1** og **64**.
5. Indikator for hastighet/tid er kodet med **S** eller **T**.
6. Hastighet/tidsbruk for lenken er kodet og større enn **0**.
7. Retningsangivelsen er kodet med **1** eller **2**.

3.1.2 Løse lenker (dangling links)

Alle lenker skal være koblet i begge ender til en annen lenke eller sonetilknytning. En lenke kan ikke ende opp i en node. Dette vil gi avbrudd i TRIPS. Figur 3 viser en løs ende som er generert på grunn av en sideveg i vegnettet.



Figur 3: Løs ende

Det er to måter å sjekke dette problemet på:

1. Grafisk kontroll av nettverket.
2. Rapportfil fra TRIPS gir melding om løse lenker.

Det finnes en funksjon i TRIPS som lager nye lenker fra de løse endene. De nye lenkene blir knyttet sammen i nye noder. Denne funksjonaliteten anbefales ikke å bruke da det er vanskelig å få kontroll over om disse nye lenkene brukes av nettverket eller ikke. Det er også vanskelig å få kontroll over nettverket grafisk.

3.1.3 For mange lenker og sonetilknytninger knyttet til en node

I et nettverk for TRIPS kan maksimalt 8 lenker eller sonetilknytninger kobles til en node. Dette fører sjelden til noe problem i rene kryss, men hvis et stort kryss også inneholder flere sonetilknytninger blir dette et problem.

For å løse dette må det lages en eller flere hjelpelenker slik at det blir to kryss med 4-5 lenker istedenfor ett med 9-10 lenker. Hjelpelenkene kan legges inn ved å øke detaljeringsgraden for kodingen av et boligfelt eller lignende og så lage nye sonetilknytninger til disse.

3.2 Logiske feil

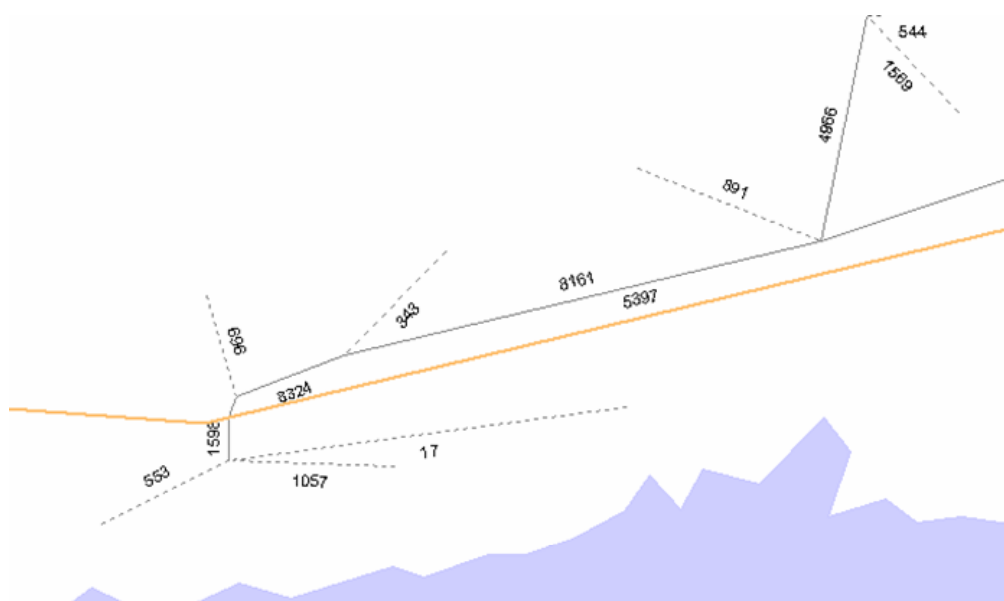
3.2.1 Feil lenkeegenskaper

Lenkelengder og hastigheter blir sjelden kodet feil da det brukes elektronisk kartgrunnlag. Men finnes det feil i kartgrunnlaget vil dette også føres videre hvis ikke det ferdig kodede vegnettet blir kvalitetssikret av personer med lokalkunnskap.

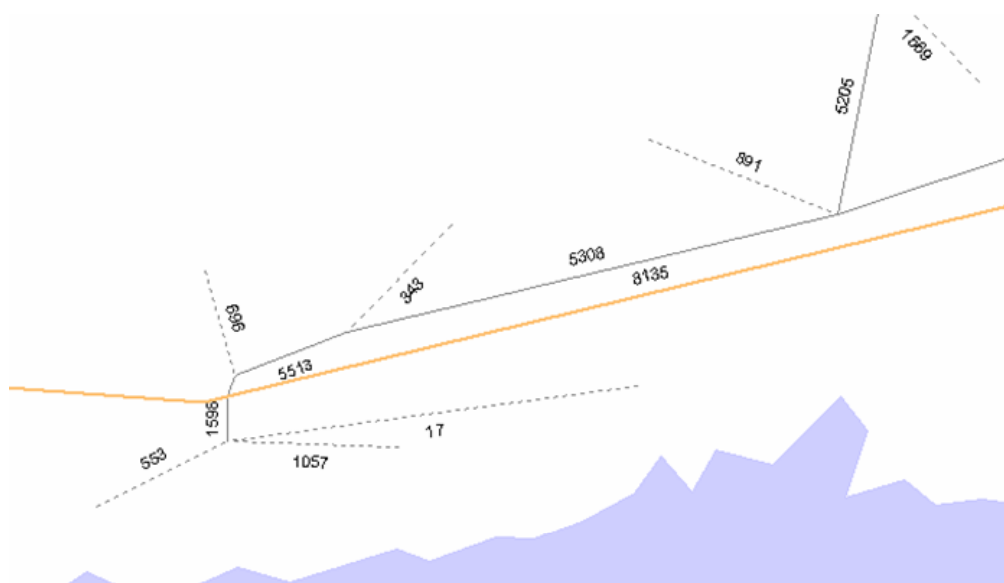
I tillegg til lengde og hastighet kodes også lenkene med en kapasitetsklasse. Dette er en tallverdi som viser hvilken kapasitetskurve som skal brukes under kapasitetsavhengig nettutlegging. Kapasitetskurvene er definert opp for de fleste kombinasjoner av hastighet og antall felt.

Feilkoding av hastigheter eller lenkelengder er vanskelige å oppdage. Slike feil vil kunne påvirke LOS-data og dermed reisemiddelvalget og/eller rutevalget mellom to soner. Hvis det ikke er flere rutevalg mellom to soner vil dette ikke påvirke rutevalget, men nivået på trafikken vil være feil.

En riktig koding av kapasitetsindeks på lenker vil fordele trafikk riktig mellom hovedveger og sideveger. Feil koding av kapasitetsindeks vil gjøre sideveger for attraktive i forhold til hovedvegene.



Figur 4: Nettutlegging med feilkodet kapasitetsklasse. Eksempel fra RV 80 øst for Bodø



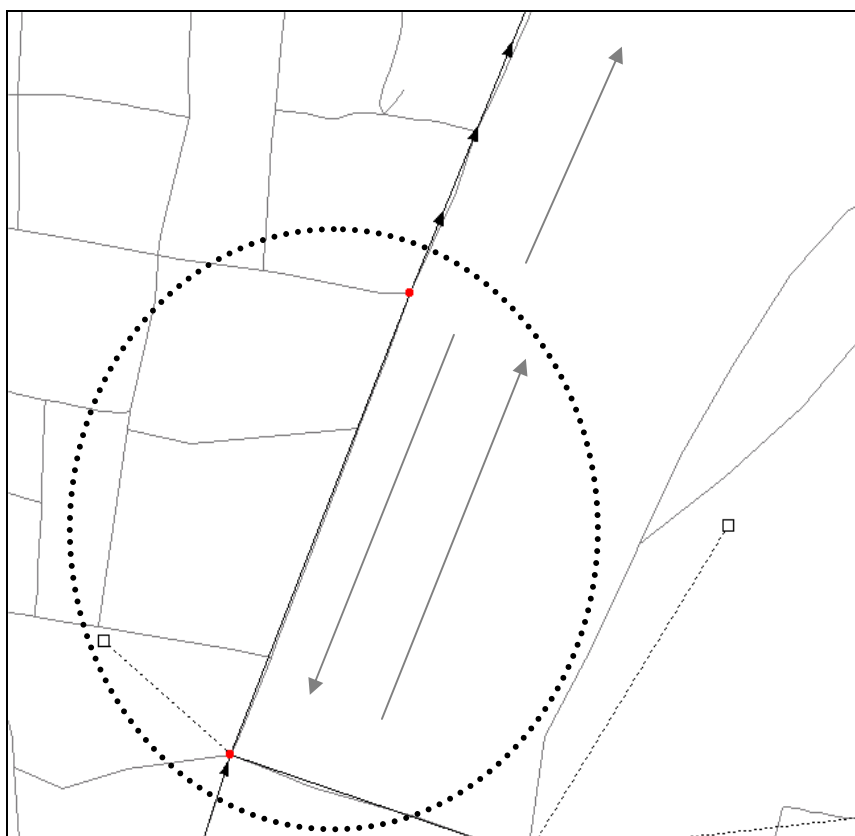
Figur 5: Nettutlegging med riktig kodet kapasitetsklasse. Eksempel fra RV 80 øst for Bodø.

Figur 4 viser en hovedveg med ÅDT 5397 og en sideveg med ÅDT 8161. Her har sidevegen blitt mer attraktiv enn hovedvegen på grunn av at begge vegene er kodet med samme kapasitetsklasse

og at sidevegen er litt kortere enn hovedvegen. Figur 5 viser riktig trafikkmengde etter at sidevegen har fått en kapasitetsklasse med dårligere hastighet og kapasitet enn hovedvegen.

3.2.2 Blindveier og uframkommelighet

En blindvei oppstår hvis en tovegslenke ender i en eller flere envegslenker slik at bare en kjøreretning på tovegslenken kan brukes, Figur 6. Denne feilen gir en advarsel i rapportfilen til kjøringen av modellen men vil ikke gi noe avbrudd.



Figur 6: Tovegslenke inn i envegslenke

Denne typen feil kan i ekstremtilfellet fungere som løse lenker hvis to envegskjørte lenker peker mot hverandre og det ikke finnes noen veg ut.

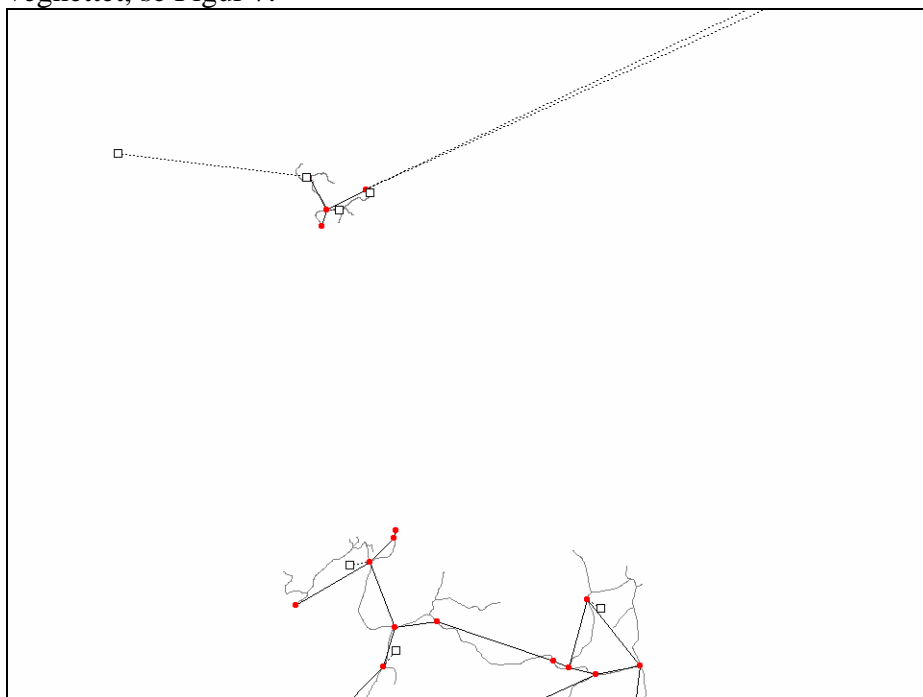
Lenker som har feil kodet retning vil føre til at rutevalget mellom to soner vil måtte velge andre ruter enn den som ville blitt kortest hadde lenken vært kodet riktig. Konsekvensene av en slik feil blir alt fra at rutevalget må gå rundt et kvartal til at rutevalget går omveger om hele modellområdet for å komme fra mellom to soner.

Feilkoding av envegskjøringen påvises ved å subtrahere avstandsmatrisen med den transponerte avstandsmatrisen. Celleverdiene skal da gå mot 0, og celler med store absoluttverdier må sjekkes manuelt. Ved å først se på den cellen som har størst absoluttverdi og finne problemet som forårsaker dette avviket, vil dette føre til at flere sonerelasjoner vil få riktige avstander mellom hverandre.

3.2.3 Usammenhengende nett

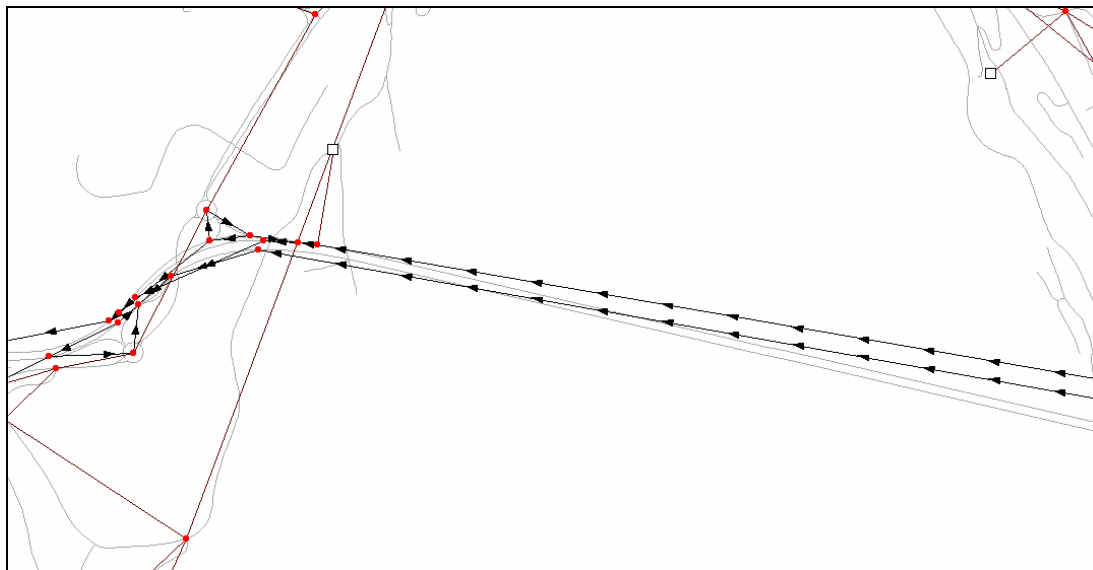
Da det skal lages avstandsmatriser fra alle soner til alle soner må hele nettverket henge sammen. Det er tre typer feil som kan oppstå i denne sammenhengen. Den ene er at nettet er fysisk delt i flere deler, den andre at feilkoda envegskjøringer gjør det umulig å komme til deler av modellområdet. En siste feilkilde er kryss som ikke er kodet riktig.

En del øyer og halvøyer har et vegnett uten at det er noen fastlandsforbindelse med veg eller ferje. Med automatisk koding blir dette vegnettet kodet uten at det har noen forbindelse med resten av vegnettet, se Figur 7.



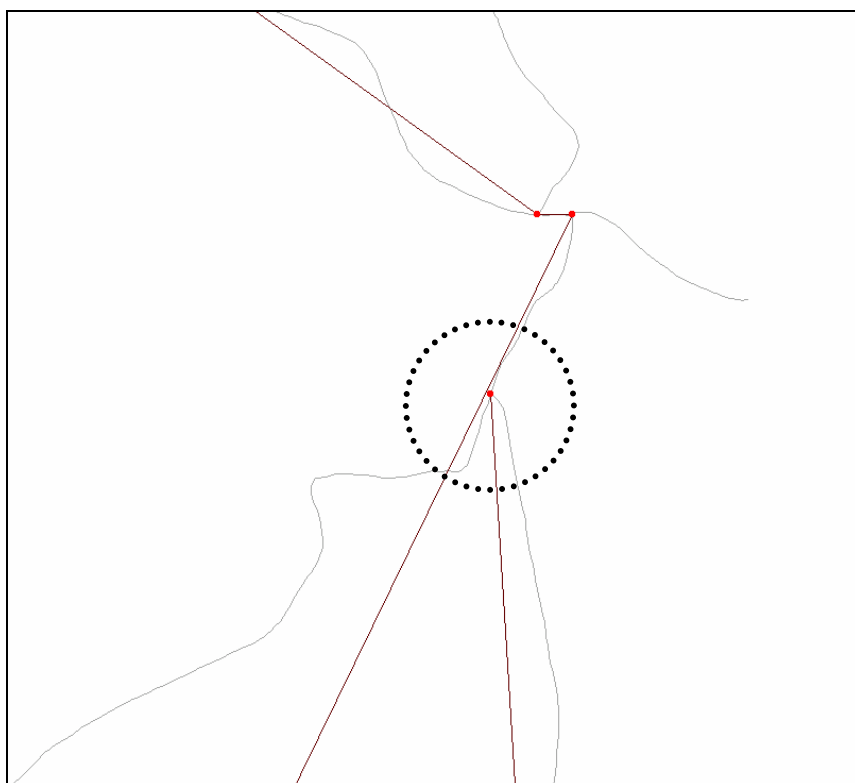
Figur 7: Usammenhengende nett

En uheldig kombinasjon av envegskjøringer kan gjøre at noen soner blir utilgjengelige for resten av modellen. Dette problemet oppstår ved automatisk koding av ramper og flerfeltsveger. Svakheter i grunnlagsdata gjør at ramper kan bli definert envegskjørte motsatt retning og dermed bli ubrukelige. En flerfeltsveg blir kodet som to envegskjørte lenker. På grunn av samme svakhet i grunnlagsdata kan disse blir envegskjørt i samme retning, det vil si at motorvegen virker bare den ene vegen, Figur 8. Da vil deler av modellområdet enten bli helt utilgjengelig, eller det blir en stor omveg å komme dit.



Figur 8: Typisk feilkoding av motorveg

Det har forekommet kryss der ikke alle lenkene går inn mot samme node. Lenken som representerer en hovedveg kan gå forbi krysset, mens kryssnoden bare ligger oppå. Sidevegen vil da bli en løs ende og ikke et kryss, Figur 9.



Figur 9: Falskt kryss

Et usammenhengende nett vil i første omgang bli godtatt av modellsystemet, men når kostnader mellom soner skal beregnes vil ikke systemet finne noen ruter mellom sonene. De gamle TRIPS-rutinene vil gi kjøringssavbrudd, mens Voyagerrutinene vil gi en maksimalverdi mellom de sonene det ikke finnes noen rute.

4 Diskusjon

Etter snart 5 år siden oppstarten av prosjektet begynner kvaliteten på inndata til de regionale transportmodellene å bli god. I utgangspunktet skulle arbeidet med å opprette inndata til regionalmodellene vare tre måneder, men arbeidet som er relatert til inndata har blitt til flere årsverk.

Inndata til en transportmodell er den viktigste delen av en transportmodell. Beregningsmetodikken kan være enkel eller kompleks, og antall parametre kan estimeres for få eller mange variable, men med dårlige inndata blir ikke resultatet riktig.

Arbeidsflyten i et modelleringsprosjekt er også viktig for å unngå at feil i inndata får for store konsekvenser. Det må kjøres grundig kvalitetskontroll av realismen i inndata før de brukes i en estimeringsprosess. Hvis det viser seg at inndata fører til urealistiske kostnadsmatriser, må inndata rettes opp, ikke kostnadsmatrisene.

Hvis avstandsmatrisene inneholder for høye verdier, som vist i avsnitt 2, og matrisene blir brukt til parameterestimering vil parametrene til etterspørselsmodellen kompensere for dette. Hvis det da etter at parametrene blir satt, introduseres et nyere transportnett, som ikke inneholder feil og der avstandsmatrisene inneholder normale verdier, vil dette i en etterspørselsmodell føre til at bilbruk blir for attraktivt ettersom parametrene forventer større avstandsverdier.

GIS-verktøy er kraftig og enkelt å bruke, men brukeren må kjenne til kvaliteten på grunnlagsdata og kodingsprinsipper for å få til bra data. Hvis kvaliteten på grunnlagsdata er dårlig og inndata kodes automatisk på grunnlagsdata som inneholder feil, vil disse feilene bli med videre i de ferdige inndata.

Bruk av automatiske kodingsrutiner er et kraftig verktøy som ved produksjon av inndata kan spare mye tid. Men hvis automatiske kodingsrutiner skal brukes må følgende tas hensyn til:

- Grunnlagsdata må sjekkes nøye for egenskaper som kan føre til at den automatiske kodingen legger inn feil verdier og retingsindikatorer.
- Kodingen må utføres av personer som har kjennskap til hvordan transportmodeller fungerer.
- Nettet må realismevurderes. Stikkprøver må foretas mellom et utvalg steder i modellområdet hvor avstander er kjent.
- De ferdig kodede inndata må sjekkes for logiske feil, slik at data blir akseptert av modellsystemet.
- Avstandsmatrisene må sjekkes om de er symmetriske.
- Data bør også kvalitetssikres av noen med lokalkunnskap, slik at særegenheter meg vegnettet blir tatt med i modellen.
- Ingen viderebehandling av inndata, som parameterestimering eller konsekvensanalyseprosjekt må settes i gang før data er friskmeldt. Hvis dette skjer, vil sannsynligheten være stor for at modellberegningresultater på nye og forbedrede nett inneholde feil.