

Kvalitetssikring av prosjektet "Bybanen i Bergen"

Kjell Werner Johansen
Odd Ingolf Larsen

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

Tittel: Kvalitetssikring av prosjektet " Bybanen i Bergen"

Forfatter(e): Kjell Werner Johansen; Odd Ingolf Larsen

TØI rapport 755/2004
Oslo, 2004-12
37 sider
ISBN 82-480-0468-6
ISSN 0802-0175

Finansieringskilde:

Samferdselsdepartementet

Prosjekt: 3024 Kvalitetssikring av prosjektet "Bybanen i Bergen"

Prosjektleder: Kjell Werner Johansen

Kvalitetsansvarlig: Harald Minken

Emneord:

Kollektivtransport; bybane; infrastruktur; samfunnsøkonomi, transportmodell

Sammendrag:

Bergen kommune har søkt om "alternativ bruk av riksvegmidler" til bygging av bybane i Bergen. Slik bruk forutsetter at midlene gir bedre transporttilbud enn om de benyttes til vegbygging. Staten vegvesen har hevdet at dette ikke er tilfelle. TØI har kvalitetssikret utredningsarbeidet og kommet til at prosjektet ikke reduserer behovet for vegbygging, at prosjektet bidrar til å øke behovet for årlige driftstilskudd til kollektivtrafikken og at netto nytte av prosjektet er langt mer negativ enn man tidligere har forutsatt.

Title: The Bergen light rail project - quality control

Author(s): Kjell Werner Johansen; Odd Ingolf Larsen

TØI report 755/2004
Oslo: 2004-12
37 pages
ISBN 82-480-0468-6
ISSN 0802-0175

Financed by:

The Ministry of Transport and Communication

Project: 3024 The Bergen light rail project - quality control

Project manager: Kjell Werner Johansen

Quality manager: Harald Minken

Key words:

Public transport; light rail; infrastructure; cost-benefit analysis; transport modelling

Summary:

The municipality of the city of Bergen has bid for state road funds to finance the investment in a new light rail line. Such financing may be granted if the alternative public transport investment will improve the transport system and reduce the needs for road investment. The Norwegian Public Roads Administration argue that this condition is not satisfactory proven. We have assessed the traffic estimates, operational cost, and cost-benefit analysis prepared by the municipality and the Road Administration's appraisal of this work. Our conclusions are; the project will not reduce the need for road investment, it will probably increase the need for operational subsidies to public transport, and the net benefit of the project is far more negative than estimated earlier.

Language of report: Norwegian

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

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

Forord

Transportøkonomisk institutt har på oppdrag fra Samferdselsdepartementet kvalitetssikret planmateriale for Bybanen i Bergen.

Formålet med prosjektet var å vurdere hvorvidt prosjektet oppfyller kravene til alternativ bruk av riksvegmidler. Sentralt er spørsmålet om prosjektet vil avlaste vegnettet i området for trafikk og dermed bidra til at kapasitetsutvidelser i vegnettet ikke blir nødvendige eller kan utsettes. Dette er spørsmål det har vært sterk uenighet om mellom Statens vegvesen og Bergen kommune.

Denne gjennomgangen er basert på skriftlig materiale om bybanen fra Bergen kommune, Statens vegvesen og konsulenter, skriftlig materiale fra forsknings- og utredningsarbeid på liknende problemstillinger og forfatterens faglige skjønn.

Underveis i arbeidet har vi hatt et møte med Lars Stendal og Rune Herdlevær fra Bergen kommune der vi fikk oppklart enkelte forhold. Videre har SINTEF v/Eirik Skjetne og Trude Tørset bidratt med oppklaring av ting vi lurte på. Samferdselsdepartementets kontaktperson har vært Anne-Marie Nyeng.

Samfunnsøkonom Kjell Werner Johansen har vært prosjektleder og har skrevet rapporten sammen med professor Odd Ingolf Larsen. Forskningsleder Harald Minken har kvalitetssikret prosjektet og avsluttende tekstbehandling er utført av avdelingssekretær Laila Aastorp Andersen.

Oslo, desember 2004
Transportøkonomisk institutt

Sønneve Ølnes
konst. instituttsjef

Harald Minken
forskningsleder

Innhold

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag | I |
| 1 Bakgrunn | 1 |
| 2 Problemstillinger som er vurdert | 3 |
| 3 Hvor mange kollektivreiser er det egentlig i Bergensområdet? | 4 |
| 4 Modellberegnete effekter og samfunnsøkonomisk lønnsomhet | 6 |
| 4.1 Beregning av effekter knyttet til etterspørselen..... | 6 |
| 4.2 Alle beregninger må gjøres i forhold til et klart definert 0-alternativ eller referansealternativ..... | 9 |
| 4.3 Beregninger av trafikantnytte | 10 |
| 4.4 Miljøeffekter | 11 |
| 4.5 Modellberegningene..... | 12 |
| 4.5.1 Dokumentasjon | 12 |
| 4.5.2 Kort beskrivelse av – og kommentarer - til modellen..... | 12 |
| 4.5.3 Forutsetninger benyttet ved modellkjøringer | 18 |
| 4.6 Kostnadsanslag for bybanen..... | 23 |
| 4.6.1 Anleggskostnader | 23 |
| 4.6.2 Driftskostnader bane..... | 24 |
| 4.6.3 Driftskostnader buss | 25 |
| 4.7 Nytte/kostnad-analysen..... | 26 |
| 5 Oppsummering | 29 |
| Referanser | 30 |
| Vedlegg 1 | 35 |
| Potensielle feil når modeller ikke beregner "korrekte" likevekter | 35 |
| Vedlegg 2 | 37 |
| Elastisiteter i logitmodellen | 37 |

*Kvalitetssikring av prosjektet
"Bybanen i Bergen"*

Sammendrag:

Kvalitetssikring av prosjektet "Bybanen i Bergen"

Utredningene av bybane i Bergen har når det gjelder trafikk – og i noen grad økonomi – basert seg på modellberegninger som er utført av SINTEF. Konklusjonen fra disse beregningene er at bybanen vil gi helt marginale effekter på biltrafikken. Så langt vi kan se er dette relativt robuste konklusjoner som samsvarer godt med andre modellberegninger som er gjort av forbedret kollektivtilbud.

Vår gjennomgang av modellen viser at den har en del svakheter. I forhold til spørsmålet om overføring av reiser fra bil til kollektivtrafikk, ser det imidlertid ut til at svakhetene trekker i begge retninger. Vi har derfor ikke grunnlag for å si at modellen systematisk over- eller undervurderer etterspørselseffekten av bybanen, til tross for at man ved modellkjøringer har lagt inn en del forutsetninger som etter vår oppfatning favoriserer bybanen. *Konklusjonen – som det for så vidt ikke har vært særlig uenighet om blant berørte parter – om at bybanen i seg selv ikke vil redusere behovet for fremtidige veginvesteringer, anser vi derfor som korrekt.*

Dersom bybanen har marginal effekt på antall kollektivreiser, vil den også ha en marginal, men positiv, effekt på kollektivsystemets driftsinntekter. Nettoresultatet i form av endret tilskuddsbehov vil derfor i hovedsak være bestemt av hvordan kollektivsystemets driftskostnader påvirkes av bybanen.

Lite trafikkoverføring betyr ikke i seg selv at bybanen ikke kan være et godt samfunnsøkonomisk prosjekt. Samfunnsøkonomisk lønnsomhet bør vurderes etter de samme prinsipper som legges til grunn for vurdering av vegprosjekter.

De tunge komponenter i beregning av samfunnsøkonomisk lønnsomhet er:

1. Endringer i trafikantnytte
2. Endringer i driftskostnader for kollektivsystemet
3. Investeringer (anleggskostnader for banen)

Punkt 1 dreier seg om å beregne forbedringene for kollektivtrafikantene ved innføring av bybane og å foreta en økonomisk evaluering av disse forbedringer. Totalt antall kollektivreiser i modellen blir da et viktig punkt, og dette har vært omdiskutert. Hvis nivået på kollektivreiser er over- eller undervurdert, vil dette slå direkte ut i nytteberegningene.

Modellen opererer med 139 000 kollektivreiser pr virkedøgn for "Basis 2000". Ved nytteberegninger forutsettes det at et gjennomsnittsdøgn utgjør 80 % av et virkedøgn. Man får da $0,8 * 0,139 * 365 = 40,6$ mill kollektivreiser per år. Oppgaver fra trafikkselskaper med trafikk i modellområder gir imidlertid 30-33 mill reiser per år. *Det ser altså ut til at modellen overvurderer antall kollektivreiser med ca 30 %. Hvis dette er noenlunde jevnt fordelt i modellområdet, vil trafikantnyttene i utgangspunktet også overvurderes med ca 30 %.*

Vi har ikke hatt anledning til å foreta en sjekk på modellen mht eventuelle geografiske skjevheter når det gjelder kollektivreiser. Det kan jo tenkes at modellen treffer bedre i

banens influensområde enn generelt. I mangel av informasjon om dette regner vi med 30 % overestimering, som i modellområdet som helhet.

Etter at SINTEF-rapporten forelå, er det arbeidet videre med anslag på driftskostnader og anleggskostnader. I den forbindelse er anleggskostnadene blitt noe oppjustert og driftskostnadene for banen noe nedjustert. Vi finner, etter en vurdering av det som senere er gjort, at det bør gjøres følgende justeringer i de opprinnelige kalkyler for bane til Nesttun:

Tabell S 1: Bane til Nesttun - korreksjoner i forhold til tidligere anslag – Neddiskontert med 3 % rente over 25 år

| Poster i opprinnelig kalkyle: | Korreksjoner Mill kr | Kommentar: |
|---|-------------------------|--|
| Trafikantnytte ¹⁾ | -535 | For gunstig vektning av ulempen ved overgang mellom bane og buss og for høyt nivå på kollektivreiser. "Skinnefaktor" beholdes på 0,8. 30% for mange kollektivreiser. |
| Driftskostnader for kollektivsystemet | +407 | Lavere driftskostnader for bane og høyere for buss enn før antatt. |
| Anleggskostnader for bybanen | - 298 | Det nye kostnadsanslag på 1471 mill kr er redusert med 100 mill (mva) og multiplisert med skattefaktor 1,2 for å få korrekt grunnlag for beregning av differanse ²⁾ |
| I alt - poster tidligere spesifisert | -426 | Dvs nettoytten for bybane til Nesttun som tidligere var beregnet til ca -57 mill kr reduseres ytterligere til -483 mill kr |

1) Strengt tatt burde trafikantnyten beregnes fra banens åpningsår og øke svakt over tid. I "SINTEF-rapporten" er trafikantnyten holdt konstant på 2015-nivå. Vi må anta at effekten av å starte på et høyt nivå mer eller mindre oppveier at ikke man ikke starter lavere og øker over tid. 2) Forskjellen er regnet i forhold til det opprinnelige anslaget i SINTEF-rapporten.

TØI-rapport 755/2004

De korreksjoner vi gjør for de tunge postene i den opprinnelige kalkylen gir en vesentlig reduksjon i prosjektets samfunnsøkonomiske lønnsomhet og innebærer at bybanen fremstår som et relativt dårlig prosjekt.

Kalkylen som er presentert i SINTEF-rapporten er imidlertid ikke fullstendig. Et grovt anslag på utelatte poster som kommer i tillegg er:

Tabell S 2: Bane til Nesttun – utelatte poster i forhold til tidligere anslag – Neddiskontert med 3 % rente over 25 år.

| Poster | Korreksjoner Mill kr | Kommentar: |
|-------------------------------------|-------------------------|---|
| Renter i byggetiden | -35 | Grovt minimumsanslag |
| Tapte avgiftsinntekter-staten | -125 | Anslått som 50 % av sparte miljø og ulykkeskostnader – minimumsanslag |
| Skattefaktor på økte tilskudd | -32 | Økte tilskudd må dekkes over offentlige budsjetter. |
| Trafikkforstyrrelser i anleggstiden | ? | |
| Utelatte poster i alt | -192+ | |

TØI-rapport 755/2004

Renter i byggetiden og trafikkforstyrrelser "glemmes" også ofte i forbindelse med vegprosjekter, mens "tapte avgiftsinntekter" og "skattefaktor på tilskudd" vanligvis ikke er relevante poster slik som man beregner nytten for vegprosjekter.

Så langt vi er i stand til å bedømme det materialet som foreligger, vil derfor bybane til Nesttun innebære en samfunnsmessig netto nytte av størrelsesorden -600 mill kr til -700 mill kr og netto nytte/kostnad under -0,4.

Lokale myndigheter må dekke kollektivsystemets driftsmessige underskudd. Hvordan en bybanen vil påvirke dette underskuddet har derfor stor interesse. Dette er en av de størrelser hvor den relative usikkerhet er størst. I Bergensområdet står man foran en gjennomgang av ruteopplegget og anbudsutsettelse. Dette kan påvirke resultatet. Man har heller ikke laget en detaljert plan for det bussopplegg man vil ha med en bybane. Vårt "beste anslag" med den informasjon som nå foreligger, er at driftskostnadene vil øke med 18-21 mill kr pr år med bybane til Nesttun i forhold til buss. Med en liten økning i kollektivtrafikken vil man også få litt høyere trafikkinntekter, slik at økning i årlig tilskuddsbehov vil kunne være av størrelsesorden 17-19 mill kr. Dette anslaget må imidlertid betraktes som ganske usikkert.

Vi har lagt liten vekt på de beregninger som er gjort for antall reiser som vil gå på banen, siden disse er meget sterkt påvirket av de vekter som benyttes for ulike reisetidskomponenter. Antall som velger å bytte mellom buss og bybane er således svært følsomt, uten at dette bør påvirke trafikkinntektene totalt. Slik modellsystemet virker når det gjelder fordeling av kollektivreiser på kollektivruter, kan helt marginale endringer i koding og forutsetninger ofte gi relativt store utslag.

1 Bakgrunn

Bergen kommune har søkt Samferdselsdepartementet om å få riksvegmidler til bygging av bybane som ny hovedstamme for kollektivtransporten i sørkorridoren fra Kaigaten i Bergen sentrum til Nesttun og videre til Flesland via Rådal. Første byggetrinn er den vel 10 km lange strekningen fra Kaigaten til Nesttun.

Med dagens ansvarsdeling mellom forvaltningsnivåer er lokal kollektivtransport i utgangspunktet et lokalt ansvar. Dette gjelder også investeringer i og drift av eventuelle bybaner. Etter gjeldende regelverk kan likevel ordinære riksvegmidler og bompenger brukes til kollektivinvesteringer når dette vil gi et bedre transporttilbud enn om bevilgningene brukes til vegutbygging. Kollektivtiltaket skal bidra til å redusere behovet for investeringer i ny vegkapasitet. Bybanen er tenkt finansiert ved alternativ bruk av riksvegmidler. Bergen kommune må følgelig dokumentere at bybanen gir et bedre transporttilbud enn vegbygging.

Det er gjort et omfattende arbeid for å vurdere om bybanen kvalifiserer for alternativ bruk av riksvegmidler eller ikke. Bergen kommune har utarbeidet dokumentasjon som de mener viser at bybanen kvalifiserer for alternativ bruk av riksvegmidler. Statens vegvesen har deretter vurdert denne dokumentasjonen, og deres oppfatning er at dokumentasjonen fra Bergen inneholder flere feil og at bybanen ikke kvalifiserer for alternativ bruk. For at departementet skal ha et best mulig grunnlag for å vurdere om bybanen kvalifiserer for delfinansiering med riksvegmidler, ble det besluttet at dokumentasjonen som foreligger fra Bergen kommune og Statens vegvesen skulle kvalitetssikres av en ekstern konsulent. Transportøkonomisk institutt ble valgt til oppdraget, som dokumenteres i denne rapporten.

Vi har i hovedsak basert oss på gjennomgang av ulike dokumenter i forbindelse med utredningene knyttet til bybane i Bergen. De viktigste er rapportene fra SINTEF (1999 og 2002) som beskriver oppbygging av transportmodellen og de forutsetninger og resultater fra de beregningene som er utført med modellen.

Bergen kommune har utarbeidet en *Hovedrapport Alternativ bruk av riksvegmidler for finansiering av bybane i Bergen*. Denne bygger på hele 12 delutredninger som gir en utfyllende framstilling av metoder og grunnlag innenfor ulike tema som har med bybaneprojektet å gjøre. I forhold til vårt oppdrag inneholder disse dokumentene i stor grad bare utdypende og forklarende dokumentasjon i forhold til det som er dokumentert i SINTEF-rapportene.

Terramar AS har i samarbeid med SWECO-Grøner AS på oppdrag fra Bergen kommune kvalitetssikret kostnadsoverslaget for bybanen mellom Bergen sentrum og Nesttun etter retningslinjer gitt av Finansdepartementet for kvalitetssikring av store statlige investeringer (Terramar AS og SWECO Grøner AS, 2004).

På oppdrag fra Bergen kommune er det også gjennomført en kvalitetssikring av driftskostnadene til drift mellom sentrum og Nesttun (Terramar AS, 2004).

Vi har gått igjennom korrespondansen mellom Bergen kommune, Statens vegvesen og Samferdselsdepartementet. Her avdekkes det en betydelig uenighet mellom Statens vegvesen og kommunen om sentrale forhold rundt bybaneprojektet og spesielt faktiske forhold knyttet til trafikk og transportberegninger.

Flere av disse uenighetene er avklart i løpet av prosessen fram til høsten 2004. Dette gjelder blant annet spørsmål knyttet til investeringskostnader og driftskostnader for selve banen, som vi må si i stor grad er avklart gjennom arbeidet til Terramar AS.

2 Problemstillinger som er vurdert

Utfra den uenighet som er kommet fram mellom Statens vegvesen og Bergen kommune i korrespondanse i saken, kom vi fram til at følgende forhold måtte vurderes:

1. Hvordan prosjektet er avgrenset i de forskjellige analysene. Avgrensningene må være like for alternativene som sammenliknes.
2. Trafikktallene for veg og bane, med og uten bybane, og en vurdering av forutsetningene bak trafikktallene. Sentrale spørsmål er grad av overgang fra bil og buss til bane i banealternativet, "skinnfaktoren" eller hvor mye en baneløsning betyr i forhold til bussløsninger utover forskjeller i reisetid og bytter mv, ulempen ved å bytte transportmiddel, nyskapt trafikk etc.
3. Behov for vegutbygging. Med bakgrunn i blant annet trafikktallene bes det om en vurdering av om bygging av bybane vil føre til økt eller redusert "behov" for vegutbygging i området. En forutsetning for alternativ bruk av riksvegmidler til kollektivtransport er at kollektivtiltaket skal bidra til å avlaste vegnettet, og dermed redusere behovet for fremtidige veinvesteringer.
4. Øvrige faktorer som påvirker nytten i prosjektene og hvordan nytteparametrene er vedsatt.
5. Driftskostnadene ved hhv buss og banealternativet, inklusive kjøp av materiell.
6. Tilskuddsbehov. På bakgrunn av trafikkgrunnlaget, driftskostnader og -inntekter, vedlikeholdskostnader mv, bes konsulenten vurdere tilskuddsbehov for hhv buss- og banealternativet. Her er det sterk uenighet mellom ulike miljøer (SINTEF, Bergen kommune, Statens vegvesen), og foreliggende anslag varierer med flere hundre millioner kroner.
7. Usikkerheten i analysen. Er parametrene som inngår i analysene de mest relevante? For hvilke parametre er usikkerheten særlig stor? Hva har dette å si for konklusjonene?

Gjennomgangen av disse forholdene vil i stor grad dreie seg om transportmodellen som er benyttet til analysene, hvordan denne er bygget opp og hvordan den er brukt.

3 Hvor mange kollektivreiser er det egentlig i Bergensområdet?

Spørsmål om avgrensning og konsistens mht passasjertall i ulike rapporter reises i brev fra vegdirektøren til Samferdselsdepartementet og er underbygget i notat fra Statens vegvesen (Jensen 2004), hvor det vises til Tørset (2002) (SINTEF-rapporten) og delrapport nr 6 fra Bergen kommune. Her er det i de ulike rapporter benyttet passasjertall fra ulike kilder og med ulike definisjoner. SINTEF opererer med to definisjoner i sin rapport:

- Antall kollektivreiser per YDT (yrkesdøgn) der en reise fra opprinnelig startsted til endelig mål telles en gang.
- Antall påstigende passasjerer der en kollektivreise med f eks ett bytte mellom to bussruter telles to ganger.

For begge typer tall oppgis tall for hele modellområdet som omfatter Bergen og omegnskommunene. For år 2000 oppgis ca 139 000 kollektivreiser og ca 165 000 påstigninger per yrkesdøgn. Dette betyr at i gjennomsnitt er det overgang mellom kollektivruter på knapt hver 5. reise.

For alternativet med bybane til Nesttun i 2015 oppgis ca 152 000 kollektivreiser og 205 000 påstigende passasjerer. Antall overganger har altså økt relativt sett langt mer enn antall reiser. Med samme andel overganger i 2015 som i 2000, ville en bare ha ca 181 000 påstigninger.

I alternativet med bybane er det i modellen (og i virkeligheten) slik at mange flere må bytte transportmiddel på en reise, slik at antall påstigende passasjerer vil øke langt mer enn antall kollektivreiser. F eks vil en del reiser i alternativet uten bybane bli foretatt med buss uten omstigning mellom et sted i sydkorridoren "utenfor" gangavstand til bybanen og sentrum. Med bybane vil mange slike reiser medføre bytte til bybane og dermed to påstigninger. Det framgår at en stor del av de som er beregnet å reise med bybanen, vil bytte mellom buss og bane og dermed få to påstigninger istedenfor én i alternativet uten bybane.

I omregning av kollektivreiser og påstigninger per yrkesdøgn (YDT) til antall per år har SINTEF (2002) benyttet følgende formel:

$$\text{Reiser per år} = 0,8 * \text{ydt} * 365$$

Det gir ca 40,6 mill kollektivreiser i basisåret.

Tilsvarende tall fra SINTEF (1999) går ut fra en kollektivandel på 14% (del II, side 8) av ca 1,1 mill reiser per yrkesdøgn (del II side 6), hvilket også gir rundt 45 mill kollektivreiser per år. Dette oppgis å stemme noenlunde overens med reisevaneundersøkelsen fra Bergen fra 1992. Dette virker urimelig høyt på oss, og vi har sett nærmere på tallene.

Statens vegvesen (Gjøs 2004) hevder på at det er 21,5 mill reiser per år i området. Samtidig trekkes det her feilaktige konklusjoner mht hvor mange reiser per år modellens resultater impliserer. Her gjøres det to feil som trekker i hver sin retning:

1. Modellens tall for påstigende passasjerer per yrkesdøgn benyttes til å beregne antall reiser, dette gir 20% for høyt tall.
2. Dette multipliseres med 225 virkedøgn, uten at det tas hensyn til at det reises også på årets øvrige 140 døgn.

Her kommer en således fram til at modellen gir 37 mill reiser per år.

Statens vegvesen (Jensen, 2004) har også oversett forskjellen mellom kollektivreiser og påstigende passasjerer i sitt regnestykke. Han kommer fram til at bybaneutredningens passasjertall på 26 000 per YDT (av 205 000 totalt med bybane i 2015) med utbygging til Nesttun, impliserer 59 mill kollektivreisende i året i Bergen i 2015. Det virker som en her overser at differansen fra basisframskrivningen på 188 000 passasjerer til 205 000 påstigende stort sett må bestå i økte omstigninger og altså ikke økt antall reiser.

I brev fra Bergen kommune av 14.04.04 vises det til en overslagsberegning som hevdes verifisert gjennom en totaltelling av kollektivreisende i byen 10. mars 1998. Den viste 142 000 reisende. Dette samsvarer godt med modellens tall for kollektivreiser (YDT).

Til sammenligning oppgir Gaia trafikk as omlag 23 mill reiser i 2002. Legger vi til omlag 6,5 mill for Vestrafikk, 2,2 BNR og ca 2 mill med NSB (trafikk tall for 1999, Carlquist m fl), får vi ca 33,5 mill passasjerer per år. Vi ser da bort fra HSDs ca 4 mill passasjerer som i hovedsak er trafikk ut av/utenfor modellområdet.

Vi har gjort egne beregninger på RVU fra 2001 for å verifisere sammenhenger mellom YDT og antall reiser per år. Basert på denne gjennomgangen kommer vi fram til at modellens YDT tilsvarer ca 42,3 mill kollektivreiser per år (for basisåret 2000). Dette er åpenbart for høyt i forhold til selskapenes statistikk, som altså gir vel 33 mill kollektivreiser for det området som modellen dekker. *Dette betyr at nivået på antall kollektivreiser i modellen kan ligge 30% over de faktiske tallene.* Dette betyr ikke nødvendigvis noe vesentlig for beregning av endring i antall passasjerer i sydkorridoren, men kan ha mye å si for beregning av brukernytte mv.

I forhold til problemstilling 1 er vår konklusjon at antall kollektivreiser og påstigende passasjerer er behandlet på en konsistent måte i SINTEFs analyser. Det kan imidlertid noen ganger bli litt forvirrende når det i flere av rapportene vi har sett på ikke alltid skilles klart mellom passasjerer, kollektivreiser, påstigende passasjerer mv. Dette er jo spesielt viktig når bybanen nettopp bidrar til å øke antall overganger og forskjellen mellom tall for påstigende passasjerer og kollektivreiser dermed blir spesielt stor.

Det er også vårt inntrykk at mye av diskusjonen rundt bybanen hadde stått seg på om man tidlig i arbeidet hadde fått fram data for antall kollektivreiser, deres geografiske reisemønster med fordeling i tid over dag, uke og år. Da ville det vært klarere hvilke transportbehov banen er tenkt å løse og mye av den uenigheten vi har sett mellom partene om trafikk tall kunne vært unngått.

4 Modellberegnete effekter og samfunnsøkonomisk lønnsomhet

Innledningsvis kan det være grunn til å ta en kort gjennomgang av fremgangsmåten ved effektberegninger av tiltak i transportsystemer og tilhørende nyttekostnad analyser. Vi kan løst referere dette *til et tiltak i kollektivsystemet* slik forholdet er med bybanen i Bergen.

4.1 Beregning av effekter knyttet til etterspørselen

Et tiltak av noe omfang må forventes å ha en rekke ulike effekter på etterspørselen:

Rutevalg/vegvalg: Dette dreier seg om hvordan folk som skal reise kollektivt mellom to punkter (A og B) i et byområde, fordeler seg på mulige reiseruter. Hvis det finnes flere "gode" alternativer må vi forvente at trafikantene fordeler seg mellom disse. Et tiltak kan øke attraktiviteten til ett eller flere alternativer, men kan også innebære endring i settet av mulige alternativer slik man vil få med en bybane i Bergen, hvor bybanen vil erstatte en del av de eksisterende bussruter. Skal man anslå effekten på rutevalget, trenger man en "god" rutevalgmodell for kollektivtransport og en fra-til (OD)-matrise for kollektivreiser som beskriver den geografiske fordelingen av kollektivreisene på ulike reiserelasjoner. En kollektivreise er sammensatt av ulike tidskomponenter som vi vet at trafikantene vektlegger ulikt. Disse tidskomponenter omfatter:

- Gangtid/gangavstand til/fra holdeplasser/stasjoner
- Ventetid ved påstigning og eventuelle bytter
- Ulempe ved bytte (kommer i tillegg til eventuell gangtid og ventetid)
- Ombordtid

En "god" rutevalgmodell vil også gi informasjon om gjennomsnittsverdier (beregnet som et veid gjennomsnitt over de ulike rutevalg som modellen plukker ut som "attraktive") for ulike tidskomponenter på ulike reiserelasjoner. *En første sjekk av et tiltaks effekter vil ofte kunne være å benytte "dagens" situasjon i form av kollektivreiser og rutetilbud og sammenlikne med situasjonen etter tiltaket.* Dagens situasjon kjenner man ofte ganske godt og den må derfor kunne betraktes som relativt "sikker". Siden man benytter "dagens situasjon" vil effektene utelukkende være knyttet til rutevalg og størrelsen på ulike reisetidskomponenter. Det vil imidlertid være slik at dersom tiltaket gir "små" utslag på ulike reisetidskomponenter og en veid sum av disse, så må man også forvente at tiltaket gir "små" effekter på etterspørselen etter kollektivreiser generelt, både "i dag" og i framtiden. Liten effekt på etterspørselen innebærer ikke nødvendigvis at tiltaket ikke er samfunnsmessig lønnsomt. Den største nytteeffekten av et kollektivtiltak

vil nesten alltid, på samme måte som for vegprosjekter, være knyttet til forbedringer for eksisterende trafikanter.

Reisemiddelvalg: Kvaliteten på kollektivtilbudet er et av de forholdene som påvirker folks valg av reisemåte for ulike reiserelasjoner. En veid sum av ulike reisetidskomponenter er et mål på kvaliteten, om ikke et perfekt mål. Mange andre aspekter ved et kollektivtilbud (f eks markedsføring, informasjon, utforming av holdeplasser og stasjoner, transportmiddeltype med mer) trekkes ofte fram som viktige når det gjelder folks oppfatning av kvaliteten på et kollektivtilbud. Bortsett fra at det er klare indikasjoner på at trengsel og mangel på sitteplass vurderes klart negativt, er det allikevel liten tvil om at en veid sum av ulike reisetidskomponenter er den "tunge" komponenten når det gjelder kvalitet. For å beregne effekter på reisemiddelvalg benyttes vanligvis en modell for reisemiddelvalg, og her inngår som regel en veid sum av reisetidskomponenter som en viktig variabel. I praksis har det vist seg vanskelig å få målt og kvantifisert effekten av andre kvalitetsaspekter enn dem som kan fanges opp gjennom en rutevalgsmo- dell. Et tiltak som gir utslag på en veid sum av reisetidskomponenter for ulike reiserelasjoner, vil også påvirke reisemiddelvalget. Størrelsen på denne effekten vil i en modellberegning avhenge av størrelsen på endringen i ulike reisetidskomponenter og av parametere i modellen for reisemiddelvalg.

Valg av reise mål: Hvis et kollektivtiltak medfører at transportkvaliteten på en reiserelasjon A-C relativt sett blir forbedret i forhold til relasjonen A-B, er det grunn til å regne med at noen kollektivreiser også overføres fra reiserelasjonen A-B til A-C. Dette er en effekt som også normalt vil måtte beregnes med en modell. Skal en modell fange opp denne type effekter, må den også inneholde sammenhenger som gjøre at kvaliteten på kollektivtilbudet får betydning for fordeling av reiser mellom reiserelasjoner.

Totalt antall turer: Både transportmodeller og statistikk fra reisevaneundersøkelser tyder her på at kvaliteten på transporttilbudet har liten betydning for totalt antall (daglige) reiser. Effektene på etterspørselen er derfor i det alt vesentlige gitt ved effekter på rutevalg, reisemiddelvalg og destinasjonsvalg. På lang sikt kan man også ha noen effekter som går via lokalisering av utbygging.

Et spesielt problem knyttet til beregning av effekter (og evaluering av tiltak) dukker opp når man har situasjoner hvor vegsystemet er købelastet. Reisetider og reisekostnader for bilister påvirker også trafikantenes valg av reisemåte og reise mål. Gjennomføres det en forbedring av kollektivtilbudet, vil noen reiser overføres fra bil til kollektivtrafikk. Da reduseres imidlertid kø-forsinkelser og kostnader forbundet med køkjøring, og kvaliteten på bil som reisemåte forbedres også. En korrekt beregning av etterspørselseffekter og evaluering av disse krever da at man har en modell som på en "korrekt" måte beregner en ny likevekt. Gjøres ikke dette riktig, kan man få misvisende resultater. En "realistisk" modellering av ulike situasjoner krever også at man gjør modellkjøringer for ulike tidsperioder. I rushtider er det køer og relativt godt kollektivtilbud med høy frekvens, mens i lavtrafikkperioder er køproblemene ubetydelige og kollektivtilbudet som regel også dårlig.

En evaluering av tiltaket må da også ta hensyn til at i den "nye situasjon" kan også bilistene som fortsetter å kjøre bil, ha fått en bedre transportkvalitet. Dette kan være et høyst relevant argument for å benytte riksvegmidler til finansiering av kollektivtiltak, i tillegg til at mindre biltrafikk og mindre kødannelser normalt vil

gi en miljømessig gevinst. Denne type effekter oppstår primært i rushtider. Når det i utgangspunktet ikke er køer, vil ikke forholdene bli bedre for den gjenværende trafikk selv om noen bilister går over til kollektivtrafikk.

Denne korte gjennomgang indikerer en del forhold som er svært sentrale for effektberegninger og evaluering:

- 1. Rute-/vegvalgmodell for kollektivreiser.** Denne bør gi en god beskrivelse av hvordan kollektivtrafikanter faktisk reiser når det foreligger flere alternativer og beregne gjennomsnittsverdien for ulike tidskomponenter for ulike reiserelasjoner på en "korrekt" måte (beregning algoritmen). Den bør også tillate at et faktisk kollektivtilbud kan kodes slik at alle viktige aspekter blir ivaretatt, inklusive det forhold at enkelte ruter kan ha av- eller påstigningsforbud på visse strekninger. Koding av kollektivruter må også gjøres slik at alle viktige detaljer blir ivaretatt og alle relevante ruter kommer med. *Det er kjent at modulen for kollektivtrafikk i TRIPS som er benyttet ved modellkjøringer i Bergen har en del svakheter.* Et aspekt ved rutevalgsmodeller som man skal være oppmerksom på er at resultatene i form av fordeling av kollektivtrafikanter på ruter noen ganger kan være ekstremt følsomme. Man kan da gjøre små endringer i kollektivtilbudet i modellen som slår kraftig ut i passasjertall på de enkelte ruter, mens dette i de øvrige trinn i en modell praktisk talt ikke påvirker etterspørselen etter kollektivreiser fordi forskjellen i reisetidskomponenter er små. Slik vil tendensen trolig også være i virkeligheten, men modellene kan nok gi for kraftige effekter på rutevalget fordi både nettverk og start-/målpoint (sonesentroider) nødvendigvis må være skjematisk kodet i forhold til virkeligheten.
- 2. Vekting av reisetidskomponenter.** Dette er et *meget* viktig forhold som bestemmes av modelloperatøren. Sett at en endring av et kollektivtilbud innebærer at man får én eller flere nye ruter som går raskere, men som innebærer lenger gangavstander eller eventuelt mating til en del holdeplasser/stasjoner, og at tidligere ruter på samme strekninger legges ned. Resultatet i form av rutevalg og veid reisetid kan være helt avhengig av hvordan ulike reisetidskomponenter veies sammen. Det kan endog være avgjørende for om tiltaket fremstår som en forbedring eller en forverring i modellen. *De vektorer som er benyttet ved modellkjøringer og evaluering av trafikantnytte i forbindelse med bybaneutredningen i Bergen, er derfor et forhold som kan ha stor betydning.*
- 3. Parametere i modellen for reisemiddelvalg.** Hvordan et tiltak slår ut når det gjelder endringer i ulike reisetidskomponenter bestemmes ved en kombinasjon av 1. og 2. Hvordan en beregnet endring i ulike reisetidskomponenter slår ut på reisemiddelvalget bestemmes imidlertid av parameterverdier i reisemiddelvalgmodellen, men også av hvorvidt man har beregnet nye (og korrekte) "likevektsituasjoner" for køperioder. I en reisemiddelvalgmodell vil ikke nødvendigvis reisetidskomponentene beregnes og vektet på samme måte som i en rutevalgmodell som skal fordele faktiske kollektivreiser. Ved en faktisk kollektivreise vil folk vanligvis benytte tidstabeller når frekvensen er dårlig, og det er bare ved bytter at man vil kunne observere ekstra lange ventetider. Derfor settes ofte en maksimumsverdi

på ventetid når vegvalg beregnes for at dette skal bli mest mulig realistisk. Dårlig frekvens på kollektivtilbudet er imidlertid viktig når folk skal velge reisemåte, og da bør modellen ta hensyn til hele ventetiden eller tiden mellom avganger, men ikke nødvendigvis slik at et "marginalt" minutt har lik vekt uavhengig av ventetidens lengde.

4. **Valg av reisemål.** *Den modellen som er benyttet, tar ikke hensyn til at endringer i kvaliteten på kollektivtilbudet kan påvirke **hvor** folk reiser. I modellen bestemmes destinasjonsvalget utelukkende av tid og kostnader ved bruk av bil. Isolert sett vil fraværet av en mekanisme som inkluderer kvaliteten på kollektivtilbudet, bidra til at effektene på etterspørselen av endringer i kollektivtilbudet undervurderes.*
5. **Totalt antall turer.** *I den modell som benyttes, påvirkes ikke totalt antall turer av kvaliteten på kollektivtilbudet. Dette må anses som lite problematisk både for effektberegninger og evaluering. I modeller som inkluderer denne effekt, finner man som regel at effekten av endringer i transporttilbud på totalt antall daglige reiser er helt marginal. Dette stemmer også godt overens med studier av reiseaktivitetens utvikling over tid; når transporttilbud, bilhold, inntekt mv bedres, reiser folk lengre på hver reise, mens antallet reiser har økt lite.*

Betydningen av 1-5 varierer avhengig av problemstillingen man skal analysere med modellen. Siden det meste av samfunnsøkonomisk nytte av kollektivtiltak består i at de eksisterende kollektivtrafikanter får endret kvalitet på kollektivtilbudet, er 1. og 2. helt avgjørende for resultatet. Når det gjelder overføring av biltrafikk kommer 3. og 4. inn i bildet, men 1. og 2. er fremdeles meget viktige siden rutevalgmodellen leverer "input" som beskriver transportkvalitet til 3. (og 4. hvis modellen er slik at valg av reisemål også påvirkes). I tillegg kommer her likevektsproblematikken inn i bildet.

I den videre vurdering av de utredninger som er gjort i forbindelse med bybane i Bergen, vil vi konsentrere oss om 1-3 og bare konstatere at fravær av en mekanisme knyttet til 4. vil tendere til å undervurdere etterspørselseffekter og at 5. er helt marginal betydning i forhold til 1-4.

4.2 Alle beregninger må gjøres i forhold til et klart definert 0-alternativ eller referansealternativ

Alle effektberegninger og nytte/kostnadsberegninger må gjøres i forhold til et veldefinert alternativ. Valg av referansealternativ har relativt stor betydning. Det enkleste er selvsagt at man som referansealternativ har dagens situasjon, men dette er ikke mulig når man skal vurdere et tiltak/prosjekt som vil være gjennomført om noen år og hvor vi skal beregne neddiskontert verdi over en årrekke. Det er ingen patentløsning på problemet med valg av referansealternativ. Generelt bør man velge et referansealternativ som er "mest mulig" realistisk i forhold til det tiltak man vi analysere. Hva dette alternativ er, kan det selvsagt være delte meninger om, og det er også et åpent spørsmål i forbindelse med utredningene av bybane i Bergen.

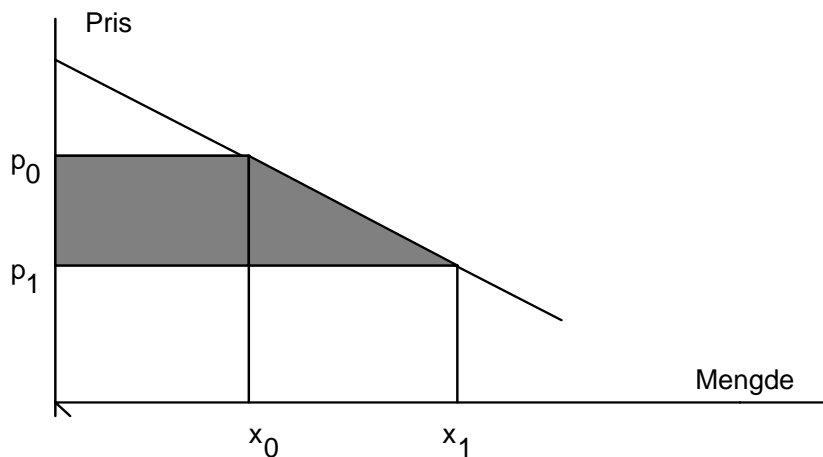
Et annet spørsmål oppstår i forbindelse med tiltak/prosjekter som skal bedre infrastrukturen for kollektivtrafikk. Nyttene av infrastrukturen kan først beregnes når man har et rutetilbud som benytter denne infrastrukturen. Dette bør også spesifiseres så realistisk som mulig. For et rutetilbud som krever tilskudd fra knappe offentlige budsjetter, kan man vanskelig regne med å kunne tilby høy avgangsfrekvens og stor kapasitet per avgang med lavt belegg. Det er derfor viktig å ha en realistisk oppfatning av hva man kan forvente av frekvens i ulike perioder. Én ting er frekvenser i rushtid og på dagtid ellers på virkedager, noe annet er kvelder og helger.

4.3 Beregninger av trafikantnytte

Her har det opp gjennom årene vært gjort mye rart. Det vi bare vil understreke her er at dersom etterspørselen endres mellom alternativer – enten dette skyldes overføring av reiser mellom reisemåter eller reiserelasjoner – så bør beregning av endring i trafikantnytte ta utgangspunkt i fra/til-matriser for etterspørselen, kostnadsmatriser for reisetid, kostnader mv, og bruk av trapesregelen for hver reiserelasjon.

Trapesregelen kan enkelt framstilles i en figur som viser sammenhengen mellom prisen på en vare eller tjeneste og mengden som omsettes av den. I figuren under har vi illustrert dette med en lineær sammenheng.

Figur 1. Trapesregelen



TØI-rapport 755/2004

Hvis prisen er P_0 , blir omsatt mengde X_0 . Reduseres prisen til P_1 , øker etterspurt mengde til X_1 . Arealet mellom denne etterspørselskurven og prisen beskriver da konsumentoverskuddet av varen eller tjenesten. Følgelig beskriver det markerte trapeset i figuren forskjellen mellom konsumentoverskudd før og etter en prisreduksjon. Konsumentoverskudd er nytten forbrukerne av varen eller tjenesten minus det de betaler for den. I kollektivtransport yter brukerne en hel del egeninnsats utover det de betaler for billetten. Dette består i reisetid, gangtid, ulemper ved å bytte transportmiddel, ulemper ved å tilpasse seg en rutetabell osv.

Derfor bruker en begrepet "generalisert kostnad" som er en sammenveid sum av det en betaler for billetten og denne egeninnsatsen (ikke bare pris) når en beregner konsumentoverskudd av kollektivtiltak.

Når man har en sonebasert transportmodell, som den som er benyttet i Bergen, skal endring i konsumentoverskudd beregnes med "trapesregelen", eller "rule of the half" etter formelen:

$$UB = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (G_{ij}^0 - G_{ij}^1) (X_{ij}^0 + X_{ij}^1)$$

der G_0 og X_0 er hhv generalisert kostnad og etterspørsel i 0-alternativet, G_1 og X_1 er hhv generalisert kostnad og etterspørsel etter tiltaket, fotskrift i og j hhv fra- og tilsoner. Dette er beskrevet nærmere i f eks Minken et al (2001).

4.4 Miljøeffekter

Dette er også et område hvor det syndes en del. Hvis man har etterspørsel som endres, og til dels også kollektivtilbud som endres, får man endringer i de miljøulempene som trafikken medfører. Størrelsen på disse endringer kan anslås ved beregninger, til dels med input fra transportmodeller. Når man skal *evaluere* slike effekter i en samfunnsøkonomisk kalkyle, må man imidlertid også ta hensyn til konsekvensene når det gjelder statens avgiftsproveny fra "miljømotiverte" særavgifter. Hvis det er slik at avgiftene, f eks på drivstoff, noenlunde motsvarer eksterne kostnader, vil miljøgevinster stort sett balansere mot reduksjon i skatteproveny for staten og følgelig blir det en relativt ubetydelig post i kalkylene. I kalkylene vil det altså ha betydning hvorvidt eksterne kostnader er internalisert gjennom avgiftssystemet eller ikke.

Hvordan forholdet mellom miljø- og ulykkeskostnader og avgifter kommer inn i beregningene, vil avhenge litt av situasjonen. Hvis vi f eks ser på *et vegprosjekt som korter ned kjøredistansen på en reiserelasjon* f eks ved at det bygges en ny veg og vi har samme trafikk før og etter prosjektet er gjennomført, vil vi ha følgende:

- Trafikantene får økt nytte i form av en besparelse i kjørekostnader (inkl avgifter til staten) og kjøretid.
- Staten taper avgiftsinntekter fordi antall bilkm reduseres.
- "Omgivelsene" får en besparelse pga bedre miljø og redusert antall trafikkulykker.

Sparte avgifter for trafikantene og tapte avgiftsinntekter er like stor og nulles ut hvis vi summerer disse tre komponentene. Netto-resultatet blir miljø/ulykkesgevinsten og andre gevinster for trafikantene. Dette er den type beregninger som gjøres i EFFEKT¹ (Statens vegvesen 1996) i forbindelse med vegprosjekter. Det er *under disse forutsetningene* en korrekt beregning, dvs vi kan se bort fra avgiftsproblematikken fordi det dreier seg om en ren overføring når trafikantene får en nyttegevinst som inkluderer en avgiftsbesparelse som tilsvarer statens avgiftstap. I

¹ EFFEKT er det verktøy Statens vegvesen bruker til nyttekostnadsanalyser av vegprosjekter.

en slik situasjon kan det nye veganlegg, og eventuell stengning av hele eller deler av det "gamle" veganlegg, ha miljømessige konsekvenser som er knyttet til selve anlegget, og som må beregnes separat uavhengig av hva som skjer med trafikken.

Sett at man i stedet bare bedrer kollektivtilbudet på den reiserelasjon vi betrakter, og at biltrafikken reduseres av den grunn. Biltrafikanteres nytte påvirkes nå ikke (forutsatt at man ikke har kø i utgangspunktet). Endring i trafikantnytt for dette tiltak beregnes ved "rule of the half" for kollektivtrafikanter og her inngår ikke besparelser i bilkostnader for dem som skifter fra bil til kollektivtrafikk. Det vil imidlertid være slik at statens avgiftsinntekter for drivstoff reduseres og vi får en forbedring i miljø/ulykker. Dvs bare to av postene ovenfor er nå med og ved kostnadsriktige avgifter vil disse kansellere ut ved summering.

I den utstrekning en bybane fører til redusert biltrafikk vil man altså få en miljø- og ulykkesgevinst som er reell nok, men i en samfunnsøkonomisk kalkyle vil man ha en motpost som i større eller mindre grad oppveier dette. I praksis har behandlingen av dette i denne utredningen bare marginal betydning, fordi endringen i biltrafikk uansett ser ut til å være svært liten.

I resonnementet ovenfor har vi sett bort fra den såkalte skattefaktoren, som gjør inntekter og utgifter for staten mere verdt. Det har ingen større betydning når miljøeffektene er så små.

4.5 Modellberegningene

4.5.1 Dokumentasjon

Det dokument som det primært refereres til når det gjelder trafikkberegninger og samfunnsøkonomiske kalkyler er Tørset (2002) "Kompletterende beregninger for analyse av Bybane i Bergen", også betegnet SINTEF-rapporten. Denne rapporten inneholder et sett med modellberegninger for etterspørselseffekter. Resultatene er benyttet videre i de nytte-kostnadsanalyser som presenteres for ulike alternativer. Rapporten inneholder også en del følsomhetsberegninger som illustrerer følsomheten for en del av de forutsetninger som er gjort.

4.5.2 Kort beskrivelse av – og kommentarer - til modellen

Modellen som benyttes kalles TASS 3. Den er bygget opp som en sonebasert 4-trinnsmodell med turgenerering, turfordeling, reisemiddelvalg og rutevalg for hhv biltrafikk og kollektivreiser. "Modellområdet" er Bergensregionen. I alt inneholder modellen 213 soner. Modellen er utviklet av SINTEF og er nærmere dokumentert i Skjetne et al (1999). TASS 3 benytter TRIPS som programvare for valg/rutevalg og beregning av reisetider mm.

Modellen skiller mellom 4 "reiseformål" :

- Bolig – Annet
- Bolig – Arbeid
- Bolig - Skole
- Annet – Annet

For skolereiser skiller det mellom grunnskole og videregående.

Antall turer pr person innenfor ulike reiseformål er i hovedsak bestemt av alder og bilhold.

Modellen skiller også mellom to rushperioder (morgen og ettermiddag) og lavtrafikk. Fordeling av reiser mellom de ulike perioder og timesintervall innenfor rush-periodene skjer ved faste andeler og er upåvirket av endringer i transportstandard. For rushtider henter man reisetider med bil fra et "belastet" vegnett, men modellen inneholder ikke noe som sikrer at denne belastningen tilsvarer en likevektssituasjon når det gjelder reisemiddelvalg. Mulige konsekvenser av denne framgangsmåten er illustrert i vedlegg 1. Det som i utgangspunktet modelleres, er et gjennomsnittlig virkedøgn. Når det gjelder etterspørsel og andre effekter regner man om til årsbasis ved å multiplisere de ulike tidsperioder opp og i tillegg legge på en andel reiser som skal motsvare lørdager og helligdager. I utgangspunktet må denne oppregning til årsbasis betraktes som en akseptabel praksis.

Turfordeling skjer med avstand langs vegnettet og reisetid med bil mellom hvert par av de 213 sonenes som "reisemotstand". Bompenger er bare representert ved ekstra distanse på spesielle veglenker. Denne "ekstra" kostnad benyttes ikke for dem som ikke har tilgang til bil. Ulempen i forhold til mer "moderne" modeller er at kollektivtilbudet ikke vil påvirke destinasjonsvalget. Dette påpekes også i SINTEF-rapporten.

Delmodellene for reisemiddelfordeling har alle de samme forklaringsvariable, og alle modellene har 6 "markedssegmenter" gitt ved en kryssgruppering av befolkningen på kjønn og 3 bilholdskategorier. De implisitte tidsverdier i logit-modellene for reisemiddelvalg virker rimelige (± 60 kr per time). Modellene benytter såkalte generiske parametere for både kostnad og reisetid, dvs et minutt spart reisetid teller likt enten dette gjelder en bil-, bilpassasjer- eller kollektivreise. De aller fleste modeller hvor man i forbindelse med estimeringen tillater bil og kollektivtrafikk å ha ulike parametere for reisetid, gir som resultat at kollektivreiser får en lavere tidsparameter (og lavere implisitt tidsverdi) enn bil. Hva årsaken til denne forskjell er, kan man alltid diskutere. Fra et mer teoretisk synspunkt vil en slik forskjell være rimelig dersom folk – i gjennomsnitt – oppfatter det å sitte et ekstra minutt på et kollektivt transportmiddel som "bedre" enn å sitte ett ekstra minutt i en bil. Grunnen til dette kan f eks være at det krever mindre årvåkenhet og at man kan gjøre andre ting samtidig.

Uansett årsak vil konsekvensen være at TASS 3 – relativt sett – gir større virkning på reisemiddelvalget av en endring i generalisert reisetid for kollektivtrafikk enn en del andre modeller vil gi. På den annen side vil den undervurdere effekter som normalt vil komme via destinasjonsvalget siden dette ikke påvirkes av kollektivtilbudet.

Siden mye av formålet med bybanen har vært å redusere biltrafikken, vil modellene som benyttes for reisemiddelvalg ha stor betydning. En måte å sjekke slike modeller på – i tillegg til å se på selve parameterverdiene – er å undersøke de implisitte elastisiteter mhp reisetider og reisekostnader. Siden vi ikke har tilgang til selve modellen, har vi gjort noen beregninger for stiliserte reiserelasjoner og sett på implisitt verdsetting av en del faktorer.

Vi har fått oppgitt følgende parameterverdier for modellen:

Tabell 1: Parameterverdier i logitmodeller for reisemiddelvalg (Skjetne 1999).

| | Bo – arbeid | Bo - annet | Bo - skole | Annet – annet |
|-----------------------|-------------|------------|------------|---------------|
| Konstant bilfører | 0.295 | 1.801 | -0.743 | 2.755 |
| Konstant bilpassasjer | -0.644 | 0.348 | 0.48 | 1.153 |
| Konstant kollektiv | -0.115 | 0.263 | 2.425 | 0.212 |
| Konstant gang/sykkel | 0.505 | 1.855 | 4.118 | 2.375 |
| Bilhold | 1.02 | 0.486 | 1.152 | 0.583 |
| Kjønn | 0.515 | 0.581 | -0.229 | 0.485 |
| Km | -0.289 | -0.26 | -0.484 | -0.384 |
| Tid (minutt) | -0.022 | -0.021 | -0.011 | -0.012 |
| Kostnad | -0.023 | -0.022 | -0.012 | -0.01 |
| Sentrum (dummy) | -1.649 | -1.23 | -0.344 | -1.366 |

Kilde: Skjetne et al 1999.

Ut fra opplysninger i rapportene og svar fra SINTEF på forespørsler har vi kommet til at følgende parametre gjelder per reisemåte:

Tabell 2: Parametre per reisemåte

| | Bilfører | Bilpassasjer | Kollektiv | Gang sykkel |
|-----------------------|----------|--------------|-----------|-------------|
| Konstant bilfører | X | | | |
| Konstant bilpassasjer | | X | | |
| Konstant kollektiv | | | X | |
| Konstant gang/sykkel | | | | X |
| Bilhold | X | X | | |
| Kjønn | | | X | |
| Km | | | | X |
| Tid (minutt) | X | X | X | |
| Kostnad | X | | X | |
| Sentrum (dummy) | X | X | | |

TØI-rapport 755/2004

I modellen er befolkningen segmentert etter kjønn og biltilgang i bilholdsgruppene B0, dvs ikke bil i hushold, B1 én bil i hushold og B2+ som er hushold med flere enn én bil. Reisemåte "Bilfører" og "Bilpassasjer" kan bare velges dersom en har minst en bil i husholdningen. Sannsynligheten for å velge bil øker med økende bilhold.

Ved å normere parametrene i tabell 1 over til en av parametrene, får vi et inntrykk av hvor mye de ulike variable betyr i forhold til hverandre. I tabellen under er alle parametre verdsatt i kroner og vi får et uttrykk for hvor mange kroner endret reisekostnad en endring i de øvrige variable verdsettes til i modellen. Siden modellen har et konstantledd for hvert transportmiddel, har vi normert disse i forhold til bilføreralternativet i tabellen under.

Tabell 3: Implisitt verdsetting av faktorer som påvirker reisemiddelsvalget

| | Bo - arbeid | Bo - annet | Bo - skole | Annet - annet |
|-----------------------|-------------|------------|------------|---------------|
| Konstant bil | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Konstant bilpassasjer | 40.8 | 66.0 | -101.9 | 160.2 |
| Konstant kollektiv | 17.8 | 69.9 | -264.0 | 254.3 |
| Konstant gang/sykkel | -9.1 | -2.5 | -405.1 | 38.0 |
| Bilhold | -44.3 | -22.1 | -96.0 | -58.3 |
| Kjønn | -22.4 | -26.4 | 19.1 | -48.5 |
| Km | 12.6 | 11.8 | 40.3 | 38.4 |
| Tid (time) | 57.4 | 57.3 | 55.0 | 72.0 |
| Kostnad | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Sentrum (dummy) | 71.7 | 55.9 | 28.7 | 136.6 |

TØI-rapport 755/2004

Vi ser at for alle de tre bostedsbaserte reisehensiktene verdsettes en times reisetid til knapt 60 kr, mens for annet-annet er verdien vel 70 kr.

Konstantleddenes størrelse i forhold til øvrige variable sier oss noe om hvor mye av nytten til trafikantene som ikke er forklart ved de variablene som er knyttet til hvert transportmiddel. Alt annet likt er modellen mindre elastisk for endringer i de variable jo større konstantleddet er i tallverdi. Det er spesielt for skole- og annet-annet-reiser konstantleddene er store. For skolereisene teller konstantleddet for gang sykkel mer enn 7 timers reisetid med bil eller kollektiv og like mye som 405 kr i kostnader per reise med et annet transportmiddel.

Vi kan også merke oss at Kjønn som inngår i nyttefunksjonen for kollektiv (hvis kvinne=1, ellers = 0), teller like mye som drøyt 20 kr i billettpris på arbeidsreisene og knapt 50 kr for annet-annet reiser. Eller uttrykt på en annen måte; alt annet likt må menn ha 22 kr i rabatt på arbeidsreisene for å oppnå samme kollektivandel som kvinnene. Dette betyr ikke nødvendigvis at modellen reflekter en grunnleggende forskjell i menns og kvinners preferanser for reise måte. Til en viss grad vil en slik parameter også reflektere husholdningers interne prioriteringer mht til disponering av husholdningens bil(er). Tilsvarende ser vi at variabelen Sentrum som inngår i nyttefunksjonen for bilfører, er verdt en kostnadsbesparelse på vel 70 kr på arbeidsreisene osv. Siden parkeringskostnader ikke inngår i modellen vil en slik dummy for sentrum til dels kunne reflektere at det her er ekstra dyrt eller vanskelig å få parkert og at det derfor er mindre attraktivt å kjøre bil dit.

I praksis vil flere variable i stor grad ligge fast når en benytter modellen til å framskrive transport og å analysere virkningene av endret transporttilbud. Bilholdet øker noe, men påvirkes neppe i særlig grad av mindre endringer i transportsystemet. Kjønnfordelingen ligger nok også fast over tid uavhengig av transporttilbud. Avstander i km mellom soner kan nok påvirkes av infrastrukturtilbudet, men neppe i en slik grad at det har særlig betydning her. Sentrum er en variabel som kan ha en viss betydning over tid i modellen ettersom den bidrar sterkt til å holde andel bilførere som har turene i sentrum nede. Om andelen av reiser totalt som har en ende i sentrum endres vesentlig over tid, vil denne ha betydning for reisemiddelvalget generelt og for sentrumsrettede baneløsninger spesielt.

For å vurdere følsomheten til modellene for transportmiddelvalg, har vi satt opp en enkel modell der vi regner ut elastisitetene for kollektivandel mht pris- og

reisetidsendringer for hver reisehensikt. Vi har konstruert fire reiser som er beskrevet i tabellen under.

Tabell 4: Data for noen konstruerte reiser

| Variabel\Reisenr | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------|-----|------|------|-------|
| Billhold | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Kjønn | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Sentrum | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kjøretid (min) | | | | |
| -Bilfører | 4 | 7.5 | 12 | 18 |
| -Passasjer | 4 | 7.5 | 12 | 18 |
| -Kollektiv | 5 | 12 | 24 | 36 |
| *Gang sykkel | 15 | 37.5 | 75 | 112.5 |
| Kostnad (kr) | | | | |
| -Bilfører | 4.0 | 10.0 | 20.0 | 30.0 |
| -Passasjer | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| -Kollektivt | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Gangtid | | | | |
| -Bilfører | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -Kollektiv | 6 | 6 | 6 | 10 |
| Gang/sykkel Avstand (km) | 2 | 5 | 10 | 15 |
| Kollektiv Frekvens (min) | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Kollektiv Overganger | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Reisetid i alt kollektiv | 16 | 23 | 35 | 51 |

TØI-rapport 755/2004

Parametrene fra tabell 1 og variablene fra tabell 4 gir oss nok informasjon til at vi kan regne ut etterspørselselastisiteter for reiser som ligner på de i tabell 4. Se vedlegg 2 for utregning av elastisiteter. I tabell 5 har vi regnet ut elastisiteter for hver reisehensikt rundt reisene i tabell 4. Først oppgis elastisiteten av kollektiv reisetid (dør til dør) og pris, deretter tilsvarende for bilfører. Så oppgir vi krysselastisitetene, dvs virkning av reisetid og kostnad med kollektivtransport på andel bilførere.

Tabell 5: Elastisiteter beregnet for reisene i tabell 3.

| Elastisitet/reise | Reise 1 | Reise 2 | Reise 3 | Reise 4 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Bo – arbeid | | | | |
| Kollektiv - tid | -0.37 | -0.51 | -0.79 | -0.99 |
| Kollektiv – pris | -0.40 | -0.40 | -0.39 | -0.39 |
| Bilfører –tid | -0.03 | -0.06 | -0.09 | -0.14 |
| Bilfører kostnad | -0.03 | -0.08 | -0.15 | -0.24 |
| Bilfører - Kollektiv tid - | 0.015 | 0.037 | 0.077 | 0.125 |
| Bilfører kostnad kollektiv | 0.06 | 0.15 | 0.31 | 0.45 |
| Bo – annet | | | | |
| Kollektiv - tid | -0.38 | -0.51 | -0.80 | -1.01 |
| Kollektiv – pris | -0.41 | -0.40 | -0.40 | -0.40 |
| Bilfører –tid | -0.04 | -0.06 | -0.08 | -0.12 |
| Bilfører kostnad | -0.04 | -0.08 | -0.14 | -0.21 |
| Bilfører - Kollektiv tid - | 0.007 | 0.021 | 0.046 | 0.076 |
| Bilfører kostnad kollektiv | 0.05 | 0.14 | 0.30 | 0.45 |
| Bo – skole | | | | |
| Kollektiv - tid | -0.18 | -0.19 | -0.19 | -0.22 |
| Kollektiv – pris | -0.20 | -0.15 | -0.09 | -0.09 |
| Bilfører –tid | -0.04 | -0.07 | -0.11 | -0.17 |
| Bilfører kostnad | -0.05 | -0.11 | -0.21 | -0.31 |
| Bilfører - Kollektiv tid - | 0.010 | 0.052 | 0.160 | 0.255 |
| Bilfører kostnad kollektiv | 0.002 | 0.011 | 0.033 | 0.050 |
| Annet – annet | | | | |
| Kollektiv - tid | -0.18 | -0.24 | -0.38 | -0.49 |
| Kollektiv – pris | -0.19 | -0.19 | -0.19 | -0.19 |
| Bilfører –tid | -0.01 | -0.02 | -0.02 | -0.04 |
| Bilfører kostnad | -0.01 | -0.02 | -0.03 | -0.05 |
| Bilfører - Kollektiv tid - | 0.002 | 0.006 | 0.012 | 0.019 |
| Bilfører kostnad kollektiv | 0.03 | 0.08 | 0.17 | 0.25 |

TØI-rapport 755/2004

Vektet ut fra andeler for de ulike reisemål fra Skjetne (1999), finner vi idet vi benytter gjennomsnittet for de 4 typiske reiser følgende elastisiteter:

Tabell 6: Sammenvektede elastisiteter

| Elastisitet | Vektet gj.snitt |
|----------------------------|-----------------|
| Kollektiv - tid | -0.54 |
| Kollektiv – pris | -0.32 |
| Bilfører –tid | -0.07 |
| Bilfører kostnad | -0.10 |
| Bilfører - Kollektiv tid - | 0.05 |
| Bilfører kostnad kollektiv | 0.19 |

TØI-rapport 755/2004

Vurdert ut fra annet materiale virker etterspørselastisitetene etter kollektivreiser (eg valgsannsynligheter) å være av en rimelig størrelsesorden. Johansen (2001) anslo en gjennomsnittlig priselastisitet for lokal kollektivtransport i Norge til $-0,38 \pm 0,2$, tilbudselastisitet på $0,42 \pm 0,26$ og elastisitet av bilkostnader på kollektivreiser på $0,2 \pm 0,12$. Balcombe m fl (2004) rapporterer elastisiteter fra

en lang rekke studier i Storbritannia og internasjonalt, mer differensiert, men likevel av sammenlignbar størrelsesorden. "Krysselastisitetene" Reisetid Kollektiv – Bil, er svært lave, noe som betyr at det skal svært store reisetidsbesparelser til for at en skal få overgang fra bil til kollektivtrafikk. Dette gjenspeiles jo også klart i de beregningene som er gjort med transportmodellen og er noe vi kan slutte oss til.

Konklusjon

Etter vår oppfatning representerer ikke bruken av TASS3 i seg selv noe stort problem i de analyser som er gjort for bybanen i Bergen. Modellen er selvsagt ikke perfekt, men det vil gjelde for enhver modell. Selv om modellen etter vår oppfatning har noen svakheter, bør den – anvendt på en fornuftig måte – i rimelig grad kunne fange opp de viktigste effektene av større tiltak i kollektivsystemet på en brukbar måte. Modellen er det verktøy man pr i dag disponerer for å gjøre denne form for analyser i Bergen. *Det er trolig mer kritisk hvordan man bruker modellen og ikke minst hvilke forutsetninger som legges inn.*

4.5.3 Forutsetninger benyttet ved modellkjøringer

Som 0-alternativ har man valgt "Basis 2015". Dette er "likt" 2000, men man har fremskrevet bilhold og befolkning til 2015. Forutsatt vekst i bilholdet er muligens litt høyt (ca 2 % pr år), men dette er neppe av stor betydning. Man har også fjernet bompengestasjonene på Osterøybrua, Askøybrua og Nordhordalandsbrua, og lagt inn i vegnettskodingen de vegprosjekter som vil være gjennomført innen 2015.

Hvorvidt 2015 er realistisk som åpningsår for en eventuell bane er uklart. Hvis f eks banen kan åpnes til Nesttun i 2010 eller tidligere, ville det være naturlig å ta utgangspunkt i dette år (noe som vil gi mindre kollektivreiser i basis) og se på alternativer hvor banen stoppes her eller videreføres til Rådal og eventuelt Flesland med utbygging i perioden 2010-2015 og en eventuell ferdigstilling til Flesland i 2015. Dette ville også innebære en mer realistisk vurdering av banen som investeringsprosjekt og fordelingen av investeringene over tid.

I tillegg til "Basis2015" er også modellen kjørt for "Basis 2001". Forskjellen her viser effekten av de endringer som er nevnt ovenfor. Totalt antall turer i modellområdet beregnes da å øke med 10,7 %. Utviklingen er imidlertid forskjellig for ulike reisemåter. "Bilførerturer" øker med 29 % og kollektivturer med 8 %, mens antall gang/sykkelturer og bilpassasjerturer reduseres.

Den ulike utviklingen skyldes trolig primært økt bilhold, men man vil også ha en effekt av endret geografisk fordeling av befolkningen, av bomstasjoner som fjernes og de nye vegprosjektene som bygges ut. Av tabell 6 i SINTEF-rapporten kan man beregne at gjennomsnittshastigheten på vegnettet i rushtiden reduseres fra 55 til 53 km/time, noe som tilsvarer en endring i kjøretid pr km på ca 4 %. Dette virker lite når kjørte km i rushtiden øker med 35,6 % og det bare har skjedd marginale forbedringer i vegsystemets kapasitet. I et købelastet vegsystem vil man normalt ha en elastisitet av kjøretid pr km mht trafikkvolum som er av størrelsesorden 2 til 4, mens elastisiteten her er ca 0,13. Mye av trafikkøkningen kommer selvsagt på veger hvor man ikke har kapasitetsproblemer, men det er også mulig at noe av den svake effekt av økningen i biltrafikken på

avviklingsstandarden totalt, skyldes at modellene ikke kjøres til "korrekte" likevekter.

Dette burde vært undersøkt nærmere, spesielt fordi situasjonen i vegsystemet kan ha relativt stor betydning hvis man skal studere effekter av bedret kollektivtilbud. Situasjonen i vegsystemet i framtida står også sentralt i kommunens argumentasjonen for bybanen i Bergen.

Mens antall kollektivreiser totalt på årsbasis beregnes å øke med 8 %, så beregnes passasjerkm i rushtiden å øke med 20,4 %. I rushtiden vil normalt de fleste kollektivruter ligge på kapasitetsgrensen på de mest belastede strekninger. Dette tilsier i og for seg at "Basis2015" burde hatt noe høyere kapasitet på kollektivtilbudet enn "Basis2000". 20 % kapasitetsøkning kan man i og for seg oppnå ved å sette inn leddbusser på en del bussavganger i rushtiden. Dette vil gi uendret tilbud sett fra passasjerenes synspunkt, men medføre en kostnadsøkning for operatørene. Dette spørsmål behandles ikke i rapporten.

Vekting av reisetidskomponenter

Sentrale forutsetninger for en modellkjøring når man skal analysere et kollektivtiltak vil som drøftet foran være hvordan man vekter ulike komponenter i en kollektivreise. I TASS3 ligger et sett med standardverdier som etter det vi har fått opplyst fra SINTEF, er de samme som ble benyttet ved uttak av data for estimering av parametere i logit-modellene for reisemiddelvalg.

I forbindelse med modellkjøringer for bybanen har man avveket en del fra disse standard forutsetninger:

- Det er benyttet en skinnfaktor for bybanen på 0,8. Denne skal simulere bedre komfort eller andre forhold som gjør at ett minutt reisetid på bybanen – for trafikantene – oppleves å tilsvare 1,25 minutt på buss.
- Ved bytter mellom bane og buss har man redusert overgangstid eller "transfer time" fra standard 5 minutter til 0. Dvs ulempen ved bytte tilsvare bare de 2 minutter reisetid som representerer påstigningstid. Argumentet null overgangstid mellom buss og bane er at man skal ha god koordinasjon mellom bane og matbusser slik at man får minimal ventetid ved overganger.

For å vurdere dette kan vi se nærmere på hvordan TRIPS håndterer ventetid og ulemper ved bytte og hva som er realistisk:

- Ventetid er sammensatt av ventetid før første påstigning + ventetid ved eventuelle bytter. Den siste beregnes ut fra frekvensen på den/de linje(r) man bytter til. Ved modellberegningen er ventetid vektet med 1,5 – noe som skulle være OK.
- I tillegg til ventetiden påløper det ved bytte en såkalt ombordtigningsulempe eller "boarding penalty" som ved modellkjøringen er satt til 2 min ved påstigning buss og bane og noe som betegnes overgangstid "transfer time" og hvor standardverdien altså er 5 minutter.

Som standard har man altså en ulempe ved bytte mellom kollektivlinjer som er ekvivalent med 7 minutter reisetid på transportmidlet (som her er normert til buss). En bytteulempe av denne størrelsesorden er realistisk ut fra mange undersø-

kelser hvor man har forsøkt å verdsette denne ulempen. Man bør derfor ha gode grunner for å avvike fra dette, slik som man har gjort her, for bytte mellom buss og bane.

All *reell* tid fra man går av en linje til den linje man reiser videre med starter, vil i prinsippet være inkludert i ventetiden. TRIPS regner ventetid ved overganger som om det ikke skjer noen form for koordinering mellom ruter. Hvis man skal bytte til en rute med 15 minutt mellom avgangene (4 avganger pr time), forutsettes det at man ankommer "tilfeldig" innen dette 15 minutters intervall og får en gjennomsnittlig ventetid på 7,5 minutter.

Bytte fra matebuss til bane

Ved bytte fra buss til bane *i rushtiden* vil man således med en frekvens på 12 avganger per time (5 minutter mellom hver avgang) for banen, få beregnet en ventetid på 2,5 minutt i TRIPS. Selv ved god koordinering mellom bussankomst og baneavgang vil det imidlertid være vanskelig å komme særlig lavere når man også skal ha litt sikkerhetsmarginer og tid til omstigning. Den ventetid modellen beregner, må derfor betraktes som ganske realistisk for et slikt bytte i rushtiden.

Utenom rushtid, hvor banen har 10 minutter mellom avgangene, vil 5 minutters ventetid som modellen beregner, trolig være i overkant hvis man har god koordinasjon. Også i dette tilfellet kan man tenke seg at ventetiden er 2,5 minutt, mens TRIPS vil beregne en ventetid på 5 minutter. Når modellen derfor regner som om man ikke har noen form for koordinasjon, vil den altså overvurdere ventetiden med 2,5 minutter. Siden ventetid veies med 1,5 vil dette innebære 3,75 minutter overvurdering av generalisert reisetid.

Bytte fra bane til matebuss

Slik alternativene nå er definert i modellen, får man når en reiser den motsatte veien, et bytte fra en høyfrekvent bane til et lavfrekvent matebussopplegg. Anta at man i rushtiden bytter til to matebussruter med hhv 15 og 30 minutter mellom avganger. Vi kan i tilfellet med koordinering regne med at bussene da står og venter på banen og ventetiden ved byttet kan f.eks. settes til 1,5 minutter. Dette vil være tiden fra banen stopper til bussen starter.

Hvis det dreier seg om rushtid vil TRIPS beregne total ventetid til 2,5 minutter for banen + hhv 7,5 og 15 minutter for overgang til de to bussruter, altså totalt hhv 10 og 17,5 minutter.

Det vil imidlertid være slik at den ene bussen bare korresponderer med hver 3. baneavgang og den andre med hver 6. baneavgang. Trafikantene har da to muligheter:

1. De kan vente på den baneavgang som korresponderer med bussen de skal ta. Dette gir hhv 7,5 og 15 minutter i gjennomsnittlig ventetid på bane + 1,5 minutter i ventetid ved byttet, dvs hhv 9 minutter og 16,5 minutter.
2. De kan ta den første baneavgang som kommer. Dette gir gjennomsnittlig 2,5 minutter ventetid for banen. For dem som skal over på den ene bussen vil da 1/3 vente 11,5 minutt, 1/3 vil vente 6,5 minutt og 1/3 vil vente 1,5 minutt. Gjennomsnittlig ventetid blir da 6,5 minutter for bussen og totalt 9 minutter. For bussen med dårligst frekvens får man et tilsvarende regnestykke som også gir totalt 16,5 minutter.

For begge alternativer finner vi altså at TRIPS vil overvurdere ventetiden med 1 minutt, og på grunn av vekting med 1,5 vil generalisert reisetid overvurderes med 1,5 minutter når ventetiden beregnes som om det ikke er noen koordinering mellom bane og buss.

Sett at vi utenom rush har baneavgang hvert 10 minutt som forutsatt, og hver 3. baneavgang korresponderer med en matebuss (30 min mellom avganger). TRIPS vil her beregne en ventetid på 5 minutter for banen og 15 minutter for bussen, dvs totalt 20 minutter.

Ved korrespondanse får vi imidlertid $15 + 1,5 = 16,5$ minutter med samme regnestykke som ovenfor. På grunnen av veiingen vil TRIPS nå overvurdere generalisert reisetid med 5,25 minutter.

Med et matebussopplegg som korresponderer med banen, så vil altså TRIPS beregningsmetode overvurdere den reelle ventetid. På grunn av veiingen vil dette kunne variere fra 0 til vel 5 minutter for generalisert reisetid, men gjennomsnittlig overestimering av generalisert reisetid vil trolig ligge under 2,5 minutter for alle reiser med bytter mellom bane og matebuss.

Det vil også forekomme en annen form for bytte mellom buss og bane, nemlig i sentrum hvor det ikke er rimelig å regne med noen form for koordinering og hvor TRIPS vil beregne "korrekte" ventetider. Omfanget av slike bytter framgår ikke av beregningene. Konklusjonen på denne gjennomgang av vektingsprinsippet blir da:

Fordi TRIPS benytter et prinsipp for beregning av ventetid som vil overvurdere den faktiske generaliserte reisetid når man har god korrespondanse mellom matebusser og bane, så kan det være legitimt å kompensere for dette ved å redusere overgangstiden for slike bytter i forhold til normalverdiene. Det er imidlertid helt urealistisk på dette grunnlag å sette transfer-time til null for bytter mellom buss og bane generelt. Som et brukbart gjennomsnitt vil kanskje en reduksjon av "transfer-time" fra 5 minutt til 3,5 - 4 minutt gi en realistisk kompensasjon for overvurdert ventetid.

De følsomhetsberegninger som er gjort, viser at forutsetningen om 0 "transfer-time" har helt marginal betydning for totalt antall kollektivreiser. Utslagene er imidlertid relativt store i beregningen av trafikantnytte som vist i nedenstående tabell. Hvis vi som et grovt anslag antar at vi med en realistisk reduksjon i "transfer-time" får en reduksjon i trafikantnyttens som er 75 % av den reduksjon som er beregnet nedenfor, så innebærer dette at trafikantnyttens er overvurdert med hhv ca 260 mill kr, 455 mill kr og 550 mill kr for de tre banealternativer.

Tabell 7: Beregnet trafikantnytte, neddiskontert over 40 år, 4 % rente, Mill kr¹⁾

| | Bane til Nesttun | Bane til Rådal | Bane til Flesland |
|-----------------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Uten overgangstid buss-bane | 1455,8 | 1749,7 | 2038,3 |
| Med 5 min overgangstid | 1106,9 | 1143,2 | 1303,5 |
| Diff | -348,9 | -606,5 | -734,8 |
| % | -24,0 | -35,7 | -36,0 |

¹⁾ Perioden 2015-2039 diskontert til 2015. Tidsverdier antatt konstant.

På samme måte som "transfertime" har skinnefaktoren liten betydning for totalt antall kollektivreiser, men stor betydning for beregnet trafikantnytte. En direkte beregning av total trafikantnytte når man ikke benytter skinnefaktor, finnes ikke i SINTEF-rapporten, men for bane til Flesland reduseres trafikantnyttene for kollektivtrafikanter med 21,5 % for et virkedøgn (tabell 40).

Størrelsen på en eventuell "skinnefaktor" er en relativt kontroversiell sak. Den siste norske analyse som eksplisitt tar opp dette, er Nossum (2003)². Denne analysen er basert på en "stated preference"-undersøkelse hvor respondentene velger mellom hypotetiske reisealternativer.

Resultatene er her litt motstridende. På den ene siden ser det *ikke* ut til at folk har lavere verdsetting av spart reisetid for skinnegående transport enn for buss, snarere tvert imot (Nossum, tabell 7.2, s 21). På den annen side ser det ut til at folk isolert sett har en viss betalingsvillighet for skinnegående transport (Nossum, tabell 7.3, s 22). Estimert for denne betalingsvilligheten er imidlertid relativt upresist. I forhold til reistiden på transportmidlet er imidlertid ikke den beregnede betalingsvillighet inkonsistent med en skinnefaktor på 0,8 hensyn tatt til usikkerheten i estimatet. Siden man ikke finner denne effekt i verdsetting av reisetider, kan man egentlig lure på hva den skyldes.

Gitt at en skinnefaktor finnes, ville det etter vår oppfatning være naturlig å benytte et mer "konservativt" anslag enn 0,8 med den usikkerhet som tross alt er knyttet til størrelsen på denne faktoren. Nedenfor er det imidlertid ikke gjort noen korreksjoner for dette.

Når det gjelder modellberegninger av etterspørselseffekter slik disse fremkommer i rapporten, vil vi derfor konkludere med følgende:

1. Modellen for reisemiddelvalg benytter samme tidsparameter og tidsverdi for bil og kollektivtrafikk. Dette er en forutsetning som ble gjort allerede ved modellestimering. Vanligvis får man lavere tidsverdi for kollektivtrafikk enn for bil nå man tillater denne parameter å variere mellom reisemåter. Isolert sett bidrar dette til at TASS blir *mer følsom* for endringer i reisetid for kollektivtrafikk enn modeller uten denne forutsetning.
2. Kollektivtilbudet har ingen virkning på *hvor* folk reiser og dette gjør modellen *mindre følsom* for endringer i kollektivtilbudet.
3. Modellen beregner ikke en likevektsløsning, noe som er viktig når man behandler købelastede vegsystemer. Nettoeffekten av dette er det umulig å vurdere på utfra de opplysningene vi har, men den er mest sannsynlig ugunstig for banealternativene.
4. I bane-alternativene har man vektet kollektiv reisetid i særdeles gunstig retning for banealternativene. Etter vår mening vil en realistisk vektning kunne redusere trafikantnyttene med 20-25 % i forhold til det som er beregnet, noe avhengig av banealternativ.

Når det gjelder valg av alternativer for bane i modellberegningene, vil vi i tillegg påpeke følgende:

² Nossum Åse: Kollektivtilbudet i Osloregionen - Trafikantenes verdsetting av tid. TØI rapport 633/2003/PROSAM-rapport 104

- Vi tviler på realismen i å kjøre banen med frekvens på hhv 12 og 6 avganger pr time i og utenom rushtid. For grenbaner på T-banen i Oslo, som har vesentlig større trafikkgrunnlag, har man f eks aldri hatt høyere frekvens enn 8 avganger pr time i rushtiden og ligger nå på 4. Heller ikke tungt trafikkerte trikkeruter i Oslo har på langt nær så høy frekvens som forutsatt for bybanen. Med de antydede frekvenser vil bybanen trolig kjøre med meget dårlig belegg det meste av driftstiden, og vil derfor være utsatt dersom man må redusere driftskostnader og tilskudd til kollektivtrafikken i fremtiden. Lavere frekvens vil redusere både trafikant-nytten og driftskostnadene og sannsynligvis også driftsunderskuddet, mens anleggskostnadene vil være upåvirket. Den samfunnsøkonomiske lønnsomheten blir neppe forbedret om man forutsetter lavere frekvens.
- Ekspressavganger på banen fra Flesland virker ikke fornuftig. På grunn av forskjellene i kjøretid vil ekspressavgangen måtte starte 1 minutt før neste avgang med ordinær kjøretid og ankomme sentrum praktisk talt samtidig med foregående baneavgang. På det meste av banestrekningen gir dette relativt lange ventetider. I tillegg vil ikke ekspressavgangene betjene alle stopp. Denne ulempen fanges ikke opp av transportmodellen. Fordelen dette opplegget gir mht sparte driftskostnader er derimot ivaretatt i beregningene.

4.6 Kostnadsanslag for bybanen

4.6.1 Anleggskostnader

I "SINTEF-rapporten" oppgis følgende anleggskostnader (tabell 34, s 93):

Tabell 8: Anleggskostnader gitt i 2001-kroner

| | Bane til Nesttun | Bane til Rådal | Bane til Flesland |
|-------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Eksl. Mva | 1086 | 1345 | 2033 |
| Inkl. mva (8,2 %) | 1175 | 1455 | 2200 |

Kilde: Tørset t, 2002.

I notat fra Bergen kommune/Byutvikling datert 03.05.04 påpekes det at SINTEF har gjort en systematisk feil i forbindelse med beregning av anleggskostnader slik at tallene oppgitt inkl mva egentlig er ekskl mva.

Det er senere gjort nye kostnadsanslag for "Bane til Nesttun" og disse er kvalitetssikret av Terramar AS og SWECO Grøner AS. Kostnadene er i 2003-prisnivå og er noe justert i forbindelse med kvalitetssikringen.

Kvalitetsikringsrapporten anbefaler en styringsramme for Bergen kommune på 1470 mill kr (inkl MVA) og dette må betraktes som forventet anleggskostnad. I forhold til kostnad fra SINTEF-rapporten når vi har korrigert for feil beregning av MVA for å få sammenliknbare tall med kvalitetsikringsrapporten fra Terramar, innebærer dette en kostnadsøkning på ca 16 %. Av dette er det neppe mer enn ca 5 % som vil kunne tilskrives generell prisstigning.

Kostnadsanslagene inneholder tiltak for å opprettholde trafikkavvikling i anleggsperioden, men ingen anslag over kostnaden ved de ulemper som trafikken eventuelt påføres. Det siste er heller ikke vanlig for vegprosjekter hvor slike trafikk-

forstyrrelser forekommer. Kostnadsanslagene er også eksklusive renter i byggetiden. Dette er det heller ikke vanlig å inkludere i nytte/kostnadanalyser for vegprosjekter, men det hører strengt tatt med i en slik kalkyle selv om kostnadene dekkes ved bevilgninger over offentlige budsjetter.

Anleggskostnadene inneholder heller ikke bygging av verkstedhall og eventuelle kostnader i vegsystemet utover dem som direkte er knyttet til framføring av banen. Kostnader for verkstedhall er forutsatt inkludert som en husleikomponent i vedlikeholdskostnadene.

Gitt at kostnadene er kvalitetssikret etter gjeldende regler, regner vi med at summen på 1470 mill kr er et "beste" anslag på de anleggskostnader som anslaget inkluderer.

4.6.2 Driftskostnader bane

I "SINTEF-rapporten" benyttes et anslag på årlige driftskostnader for bane til Nesttun på 50 mill 2001-kroner. Disse kostnader inkluderte ikke avskrivning på vognmateriell.

Driftskostnadene ble vurdert på ny i juni 2004 og resultatene kvalitetssikret av Terramar AS.

Det nye anslagene omfatter bare bane til Nesttun, men gis for to frekvensalternativer på hhv 12/6 og 8/4 avganger pr time i og utenom rush.

Et viktig utgangspunkt for beregning av driftskostnader er det forutsatte driftsopplegg. Dette er basert på 288 driftsdager med et driftsopplegg som tilsvarer et "normalt" virkedøgn (dvs mandag-fredag). Forutsetningene som er benyttet for et slikt virkedøgn, synes realistiske mht vognkm og vogntimer og driftstid (19 timer pr døgn). Imidlertid synes dette etter vår vurdering å gi for lavt anslag på vogntimer og vognkm over året.

En mer realistisk antagelse vil kanskje være at man kjører 240 dager (48 uker á 5 dager) per år med det driftsopplegg som skisseres, og at man for årets gjenværende dager (125) (lørdager, søndager, sommerferie med mer) kjører et driftsopplegg som innbærer 60 % av fullt opplegg når det gjelder vogntimer og vognkm. Dette vil gi en økning på 8,6 % i vogntimer og vognkm i forhold til det som er forutsatt og gi en tilsvarende økning i alle kostnader som beregnes på grunnlag av disse størrelser. Dette øker de årlige kostnadene med ca 2 mill kr per år med de enhetskostnader som benyttes.

Vedlikeholdskostnadene for vognmateriell oppgis som en kostnad pr vognkm og skal blant annet inkludere husleie for verkstedhall. Verkstedhall krever imidlertid en investering og burde vært tatt ut og spesifisert under investeringer. Det opplyses også at dette verkstedet bare skal ta rutinemessige reparasjoner og vedlikehold og at større reparasjoner må foretas ved verksted annet sted (Oslo, Gøteborg, NSB-Bergen?). Kostnadene ved denne type reparasjoner er ikke beregnet og tatt med i kalkylen.

Renter (3 % realrente) og avskrivning på vognmateriellet er i kalkylen inkludert i de årlige driftskostnader. Med avgang hvert 5 minutt i rushtiden er det estimert et behov for 10 vogner i drift + 1-3 vogner i reserve. Dette virker lavt når man

oppgir en turnustid for vogner på $2 \times 2 \times 8 \text{ min} = 56 \text{ min}$. Dette krever 12 vogner i drift. "Kniper" man på reguleringstiden slik at turnustiden blir 55 minutter, vil det klare seg med 11 vogner i drift, mens et vognbehov på 10 i drift krever en turnustid på 50 minutter, hvorav forventet kjøretid for en rundtur utgjør 42 minutter. Dette er ikke umulig, men det gir et meget stramt driftsopplegg med de oppgitte kjøretider.

Anslagene på driftskostnader er nå redusert noe i forhold til tidligere anslag, og er nå 51 mill kr pr år ved regulær drift, men dette inkluderer også avskrivning på vognmateriell som utgjør 12-13 mill kr pr år. Investering i vognmateriell var som tidligere nevnt, trukket ut som en egen post i den opprinnelige kalkylen.

På den annen side har den nye kalkylen tatt med "innkjøringskostnader" som påløper før banen settes i drift og de første 2-3 årene av driftsperioden. Før oppstart av drift regner man med en kostnad på 34 mill kr og deretter hhv 6, 3 og 1 mill i ekstra driftskostnader for år 1, 2 og 3 av driftsperioden. Diskonterer man disse ekstrakostnader til banens oppstartstidspunkt, kan de betraktes som en investering på ca 44 mill kr, som med renter og avskrivning gir en årlig kostnad på ca 2 mill kr.

Så langt vi kan bedømme er anslagene for banens driftskostnader relativt realistiske med unntak av de forholdene vi ovenfor har pekt på vedrørende driftsdager, vedlikehold og vognbehov. Disse forholdene kan gi en merkostnad av størrelsesorden 2 – 3 mill kr pr år i forhold til de kostnader som er beregnet. Hvis vi i tillegg benytter annuitet på de 44 mill kr vil anslaget på årlige driftskostnader bli 51 mill kr + 4-5 mill kr = 55-56 mill kr.

4.6.3 Driftskostnader buss

Både for vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet og for vurdering av tilskuddsbehov vil sparte kostnader for bussdrift være en viktig post. I "SINTEF-rapporten" ble besparelser i vognkm beregnet ved at man så på differansen i kjørte km når de bussruter som skulle mate til banen ble stoppet ved bybanestasjonene i stedet for å kjøre til sentrum.

For bane til Nesttun ble reduksjonen i kjørte km beregnet til 1,03 mill vognkm, Til dette ble det lagt 15 % tomkjøring slik at total besparelse ble 1,18 mill vognkm. Som km-kostnad benyttet man kr 25 pr vognkm og fikk sparte kostnader på 29,56 mill kr pr år (inkl mva) og 26,87 mill ekskl 10 % mva. I det nevnte notat av 03.05.04 sies det også at det er gjort en feil i SINTEF-rapporten når sparte km med buss er beregnet for banealternativene og at besparelsen er noe større.

I det nye kostnadsoverslaget for bane til Nesttun gis det også et nytt anslag på sparte kostnader ved redusert bussdrift. Dette er gjort vesentlig mer skjematisk enn for banen. Man regner med å spare hhv 1,6 mill vognkm i 2004 og 1,8 mill vognkm med buss i 2015 til en kostnad på 30 kr pr busskm. Den årlige besparelse blir hhv 48 og 54 mill kr. Dette innebærer en kraftig økning både i sparte km og enhetskostnader i forhold til "SINTEF-rapporten".

Den økning som har skjedd i enhetskostnadene mellom de to beregninger, er kanskje akseptabel. Strekningen mellom Nesttun og Bergen sentrum representerer tross alt "dyre" km fordi bussene her kjører med lav hastighet pga tett biltrafikk

og mange stopp. På denne strekningen må man derfor regne med at bussene har en km-kostnad som ligger over gjennomsnittet. Det er imidlertid vanskeligere å akseptere tallene for vognkm og den økningen (40-50 %) som har skjedd her mellom de to beregningene.

For banen opererer man med 0,83 mill vognkm pr år i 2007 (som vi riktignok mener er noe lavt på grunn av for få dager i beregningen). Interpolerer vi for buss mellom 2004 og 2015 finner vi at sparte vognkm med buss nokså nøyaktig vil tilsvare det dobbelte av antall km kjørt med bane! Dette virker ikke helt realistisk. Mht kapasitet vil riktignok en baneavgang tilsvare 2 busser eller mer, men banen vil store deler av driftsdøgnet ha betydelig overkapasitet og man trenger langt fra 2 busser for å erstatte en baneavgang i disse periodene. Regner man med dobbelt så mange busskm som banekm, innebærer det også at busstilbudet mellom Nesttun og sentrum har ca dobbelt så høy frekvens som banen.

Det er heller ikke tatt hensyn til at man eventuelt vil forbedre matebussopplegget til banen for å utnytte banens høye frekvens.

Selv om anslagene for banens driftskostnader nå virker bedre underbygget enn tidligere og er redusert i forhold til tidligere anslag, synes nå grunnlaget for anslag på sparte busskostnader å være dårligere underbygget enn tidligere, og differensen mellom driftskostnader for banen og sparte busskostnader er etter vår oppfatning ganske usikker. Et moderat anslag på hva vi mener er realistisk mht sparte busskostnader med bane til Nesttun er 35-37 mill kr per år.

Med de korreksjoner vi ovenfor har antydnet i driftskostnader for banen (+4-5 mill kr/år), og en moderat nedjustering av det siste anslaget på sparte vognkm med buss (-14 17 mill kr/år), vil vårt beste anslag med de data som er tilgjengelige, være en forskjell i årlige driftskostnader på 18-21 mill kr til fordel for buss i alternativet med bane til Nesttun.

Med bare marginal økning i antall kollektivreiser i banealternativet antyder dette også et anslag på endringer i årlig tilskuddsbehov i denne størrelsesorden.

Statens vegvesen har konkludert med at bybanen gir behov for økte årlige driftstilskudd på 200-250 mill kr, Jensen (2004). Dette består i at årlige driftskostnader påstås å være undervurdert med 190 mill kr/år og at årlige billettinntekter med bybane kan være overvurdert med 60-70 mill kr /år. Etter vår vurdering er det altså ikke grunnlag for å trekke en slik konklusjon.

Hva slags mateopplegg det *i praksis* vil bli til banen er fremdeles uklart og dette vil ha konsekvenser for så vel trafikantnytte som driftskostnader.

4.7 Nytte/kostnad-analysen

Som det skulle framgå av det som er sagt ovenfor om etterspørsel, kostnader og manglende hensyntagen til avgiftsmessig konsekvenser for staten, bør alle poster som inngår i kalkylen som presenteres i "SINTEF-rapporten" revideres mer eller mindre. Her vil vi oppsummere de endringene som er kommet til siden SINTEF-rapporten forelå, bl a gjennom ekstern kvalitetssikring av anleggs- og driftskostnader og beskrive hvordan disse påvirker netto nytte i prosjektet.

I "SINTEF-rapporten" opererer man med -566,6 mill høyere driftskostnader for bane til Nesttun (neddiskontert) enn for buss. Her er avskrivning på vognmateriell inkludert som en investering. Hvis vi i stedet regner med 9 mill kr i forskjell og neddiskonterer over 25 år med 3 % rente får vi i ca 160 mill kr som merkostnad for banen. Dvs forskjellen i driftskostnader forbedres med ca 407 mill kr til fordel for banen.

I en samfunnsøkonomisk kalkyle for bane til Nesttun får man etter gjennomgangen ovenfor, korreksjoner av følgende størrelsesorden i forhold til den kalkylen som ble presentert i "SINTEF-rapporten":

Tabell 9: Bane til Nesttun – korreksjoner i forhold til SINTEF rapporten – Neddiskontert med 3 % rente over 25 år.

| | Korreksjoner Mill kr | Kommentar: |
|---|-------------------------|--|
| Poster i opprinnelig kalkyle: | | |
| Trafikantnytte 1) | -535 | For gunstig vektning av ulempen ved overgang mellom bane og buss. "Skinnefaktor" beholdes på 0.8 |
| Driftskostnader | +407 | Lavere driftskostnader for bane og høyere for buss enn før antatt. |
| Anleggskostnader 2) | - 298 | Det nye kostnadsanslag på 1471 mill kr er redusert med 100 mill (mva) og multiplisert med skattefaktor 1,2 for å få korrekt grunnlag for beregning av differanse. |
| I alt - poster tidligere spesifisert | -426 | Dvs nettoytten for bybane til Nesttun som tidligere var ca -57 mill kr reduseres ytterligere til -483 mill kr |
| "Glemte poster": | | |
| Renter i byggetiden | - 35 | Grovt minimumsanslag |
| Tapte avgiftsinntekter-staten | - 125 | Anslått som 50 % av sparte miljø og ulykkeskostnader – minimumsanslag |
| Skattefaktor på økte tilskudd | -32 | Økte tilskudd må dekkes over offentlige budsjetter på samme måte som investeringen og skal belastes med samme skattefaktor. |
| Trafikkforstyrrelser i anleggstiden | ? | |
| Totalt "Glemte poster " | -192 | I en fullstendig N/K analyse skal også disse poster med, men kan holdes utenfor her fordi dette er poster som gjerne "glemmes" også når det er tale om vegprosjekter. |
| Sum alle poster | -618 | Med alle relevante poster inkludert blir altså neddiskontert netto nytte av banen til Nesttun av størrelsesorden -675 mill kr . |

1) Strengt tatt burde trafikantnyttene beregnes fra banens åpningsår og øke svakt over tid. I "SINTEF-rapporten" er trafikantnyttene holdt konstant på 2015-nivå. Vi må anta at effekten av å starte på et høyt nivå mer eller mindre oppveier at ikke man ikke starter lavere og øker over tid. 2) Forskjellen er regnet i forhold til det opprinnelige anslaget i SINTEF-rapporten.

TØI-rapport 755/2005

Hvis banen i tillegg fører til framskynding av ett eller flere tiltak/prosjekter i vegsystemet på grunn av omlegging av kjøremønsteret, skal rentebelastningen ved dette også inn som en merkostnad. På den annen side vil banen – etter beregningene – gi en liten økning i antall kollektivreiser og dermed også i trafikkinntektene. Dette bør med på inntektssiden for banen.

På den annen side er kjøvirkningene av biltrafikkveksten fram mot 2015 undervurdert med et beløp som det ikke er mulig å anslå.

5 Oppsummering

I forhold til problemstillingene i vårt oppdrag kan vi nå oppsummere med følgende konklusjoner.

1. Ut fra den foreliggende dokumentasjonen fra Bergen og SINTEF-rapporten er prosjektet avgrenset på en konsistent måte i de ulike alternativene. Det kan nok noen ganger bli forvirrende når det i en stor del av dokumentene ikke skilles mellom passasjerer, kollektivreiser påstigende passasjerer mv. Dette er jo spesielt viktig når bybanen nettopp bidrar til å øke antall overganger og forskjellen mellom tall for påstigende passasjerer og kollektivreiser dermed blir spesielt stor. Arbeidet ville samlet sett vært lettere tilgjengelig og etterprøvbart om en på en tydeligere måte kunne fått fram antall kollektivreiser, beskrivelse av kollektivtilbudet mv akkurat i sørkorridoren slik det er i "dagens" situasjon. Når tall framskrives og presenteres for hele modellområdet, tilsløres lett sentrale forhold rundt akkurat det prosjektet som studeres.
2. Trafikktallene er, som vi så foran, generelt antakelig ca 30% for høye regnet i antall reiser kollektivt. Forskjeller mellom alternativene er antakelig på et rimelig nivå ettersom det er forhold med modellen som både bidrar til å overvurdere og undervurdere hvilke endringer i transporttilbud banen gir og dermed antall kollektivreiser.
3. Behovet for vegbygging blir ikke påvirket av om banen bygges eller ikke.
4. Nyttens av prosjektet er vesentlig overvurdert fordi en har lagt inn urealistiske forutsetninger knyttet til ulempene ved omstigning mellom banen og buss og fordi en opererer med ca 30% for mange kollektivreiser i alle alternativ.
5. Forskjellen i samlede driftskostnader mellom bane og buss er undervurdert med 7-8 mill kr per år. Et realistisk anslag på merkostnader med bane til Nesttun er ca 20 mill kr per år.
6. Det er stor usikkerhet knyttet til årlig tilskuddsbehov siden dette framkommer som differansen mellom to relativt store og usikre størrelser som driftskostnader og billettinntekter. Ut fra at banen ikke ser ut til gi særlig flere passasjerer enn buss, bør en regne med at banen krever ca 20 mill kr mer per år.
7. Usikkerheten som betyr mest i analysen er knyttet til trafikanntnyttens i den samfunnsøkonomiske analysen, dernest tilskuddsbehovet mens anleggs-kostnadene nå må regnes som rimelig sikre.

Referanser

- Balcombe R. m fl., 2004. *The demand for public transport: a practical guide*.
TRL Report TRL593, Wokingham, United Kingdom 2004.
- Bergen kommune 2004a. *Alternativ bruk av riksvegmidler til bybane i Bergen*.
Brev fra Bergen kommune til Samferdselsdepartementet av 28 mai 2004.
- Bergen kommune 2004b. *Hovedrapport*. Alternativ bruk av riksvegmidler.
Bergen, januar 2004.
- Bergen kommune 2003. *Utredningsprogram*. Alternativ bruk av riksvegmidler.
Notat nr 1. Bergen, juni 2003.
- Bergen kommune 2003. *Befolkning og bedrifter i bybanekorridoren*. Alternativ
bruk av riksvegmidler. Notat nr 2. Bergen, november 2003.
- Bergen kommune 2003. *Fortetnings- og transformasjonspotensiale i
Bybanekorridoren*. Alternativ bruk av riksvegmidler. Notat nr 3. Bergen,
november 2003.
- Bergen kommune 2004. *Rutestruktur*. Alternativ bruk av riksvegmidler. Notat nr
3. Bergen, januar 2004.
- Bergen kommune 2004. *Virkemidler*. Alternativ bruk av riksvegmidler. Notat nr
5. Bergen, januar 2004.
- Bergen kommune 2003. *Konkurransflate mellom bil, bane og buss*. Alternativ
bruk av riksvegmidler. Notat nr 7. Bergen, november 2003.
- Bergen kommune 2003. *Driftskostnader – bane/buss*. Alternativ bruk av
riksvegmidler. Notat nr 8. Bergen, januar 2003.
- Bergen kommune 2003. *Bussalternativet infrastruktur og investeringsbehov*.
Alternativ bruk av riksvegmidler. Notat nr 9. Bergen, januar 2003.
- Bergen kommune 2003. *Transportkapasitet*. Alternativ bruk av riksvegmidler.
Notat nr 10. Bergen, november 2003.
- Bergen kommune 2004. *Samfunnsøkonomi – en vurdering av faktorene i nytte
beregningen*. Alternativ bruk av riksvegmidler. Notat nr 11. Bergen, januar
2004.
- Bergen kommune 2003. *Rutestruktur og terminaler Gatebruk og holdeplasser i
Bergen sentrum*. Alternativ bruk av riksvegmidler. Notat nr 12. Bergen,
oktober 2003.
- Carlquist, E. Larsen O., 1999. *Kvalitetskontrakter i Hordaland – drøfting av
alternative kontraktsformer*. TØI rapport 452/1999. Oslo: Transportøkonomisk
institutt.
- Gjøs, R. 2004. *Bybane Bergen, gjennomgang av kollektivtilbud, kapasitet og
driftsmessige forhold*. Notat av 24.5.2004. Statens Vegvesen, Oslo.

- HTM Consultancy 2003. *Review of light rail systems in the world and analysis of comparable cities with Bergen*. Alternativ bruk av riksvegmidler. Notat nr 6. Bergen, november 2003.
- Jensen, Å. 2004. *Alternativ bruk av riksvegmidler til finansiering av bybane i Bergen – Vegdirektoratets vurdering av dokumentasjon fra Bergen kommune*. Notat av 21.5.2004. Statens Vegvesen, Oslo.
- Johansen, K.W. 2001. *Etterspørselastisiteter i lokal kollektivtransport*. TØI rapport 505/2001. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Killi, M. 1999. *Anbefalte tidsverdier i persontransport*. TØI rapport 459/1999. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Minken, H. m. fl. 2001. *Nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak – Veileder*. TØI rapport 526a/2001. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Nossum, Å. 2003. *Kollektivtilbudet i Osloregionen - Trafikantenes verdsetting av tid*. TØI rapport 633/2003/PROSAM-rapport 104. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Nossum, Å. 2004. *Bytte mellom kollektivtransportmidler i Oslo og Akershus*. TØI rapport 707/2004. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Skjetne et al 1999. *TASS (Transportanalysemodell for strategiske studier) Implementering i Bergen*, SINTEF rapportnr STF22 A99565.
- Statens vegvesen 1996. *Håndbok 140 Konsekvensanalyser*. Statens vegvesen Vegdirektoratet. Oslo 1996.
- Terramar AS, 2004. *Gjennomgang av Bybane i Bergen*. 7. september 2004.
- Terramar AS og SWECO Grøner AS, 2004. *Kvalitetssikring av Prosjekt Bybane i Bergen*. 9.8.2004.
- Tørset, T. 2002. *Kompleterende beregninger for analyse av Bybane i Bergen*. SINTEF rapportnr 01308.
- Tørset, T og Meland, S. 2002. *Skinnebonus - litteraturstudium*. SINTEF, Notat av 26.6.2002.

Vedlegg

Vedlegg 1

Potensielle feil når modeller ikke beregner "korrekte" likevekter

Ved beregninger med TASS legges det ut en foreløpig OD-matrise med biltrafikk på det kodede vegnett. Dette gir kjøretider for de ulike reiserelasjoner som avhenger av den belastning man får med den foreløpige matrise. Kjøretidene inngår i logit-modellen for valg av reisemåte og er således med å bestemme etterspørselen etter bilreiser i modellen.

Etterspørselen etter bilreiser har form av en ny OD-matrise med biltrafikk som kan avvike mer eller mindre fra den foreløpige matrise som ble benyttet ved beregning av reisetider. Når denne matrise fordeles på vegnettet vil man også få nye reisetider som kan avvike mer eller mindre fra de første.

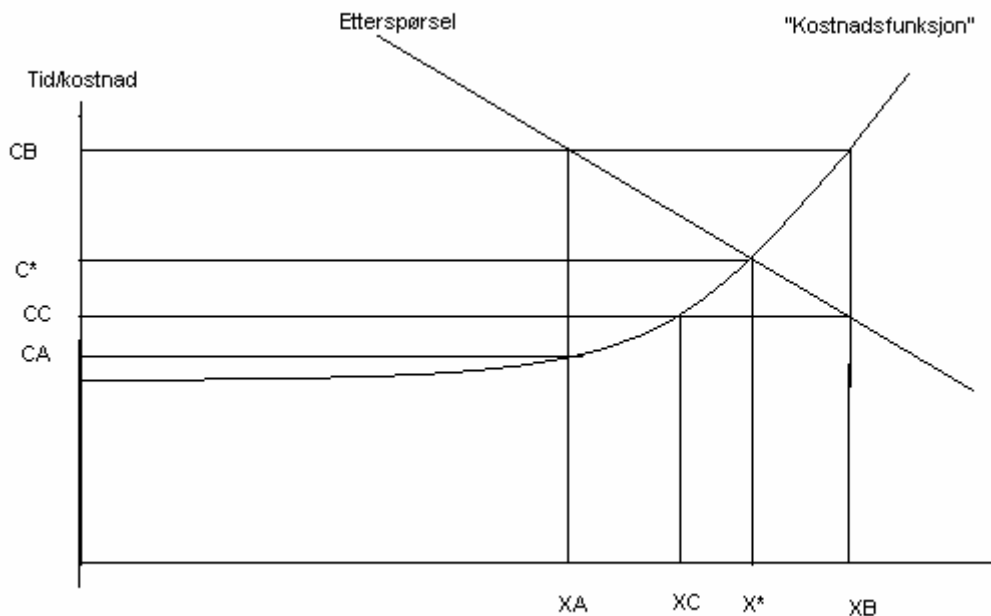
En full likevekt innebærer at når den OD-matrise som representerer den endelige etterspørsel fordeles på vegnettet så vil man akkurat få de kjøretider som ble benyttet for å bestemme denne OD-matrise.

Den praksis som benyttes i TASS kan gi ulike typer feil, spesielt når det dreier seg om trafikk i rushtider.

Dette er illustrert i Figur 1 hvor vi bare tenker oss én reiserelasjon og én veg som trafikken på denne reiserelasjon kan benytte. Vi antar også at vegen bare benyttes av reisende på den aktuelle relasjon. Dette er en sterk forenkling, men illustrerer allikevel poenget. Likevektsløsningen her er gitt ved trafikkvolum X^* og en tilhørende kostnad (inkl tidskostnad) for biltrafikanter på C^* .

Sett at vi starter med et foreløpig trafikkvolum X_B slik som ved en TASS-kjøring. Ved dette trafikkvolum får vi en kostnad C_B , men når vi beregner etterspørselen med denne kostnad får vi X_C . Til trafikkvolumet X_C svarer det en kostnad C_C som tilsvarer de tider/kostnader som TASS beregner for etterspørselsmatrisen når den fordeles på vegnettet. I dette tilfellet får vi altså altfor lav etterspørsel etter bilturer og altfor lave kostnader, dvs kombinasjonen $\langle C_A, X_A \rangle$.

Figur V 1: Likevekt og feilmuligheter



Sett at man i stedet for XB starter med trafikkvolumet XC. For dette beregner man kostnaden CC, men for denne kostnad får man etterspørselen XB og når man beregner kostnaden for denne etterspørselen får man CB. I dette tilfellet ender man altså opp med for høy etterspørsel og for høy kostnad, dvs kombinasjonen $< CB, XB >$.

Når man gjør dette i en modell som TASS kan resultatene variere fra sonerelasjon til sonerelasjon eller feilen kan gjennomgående gå i én retning. Det eneste som gir "riktig" løsning er om man faktisk starter med trafikkvolumet X^* . I praksis må en likevektsløsning beregnes ved å iterere med en metode som garanterer konvergens mot likevektsløsningen. Dette gjøres ikke i TASS og det umulig å si hva resultatet av en manglende likevektsløsning for rushperioden innebærer. For en del formål spiller det nødvendigvis ikke så stor rolle om en modell beregner "korrekt" likevekt, men når resultatene skal benyttes som input til samfunnsøkonomiske kalkyler hvor man som regel summerer et stort antall små endringer kan dette være kritisk.

Det forhold at gjennomsnittshastigheten reduseres lite fra Basis2000 til Basis2015 kan kanskje tyde på at man ligger nærmere den situasjon vi får ved å starte med XB. Det vil i så fall kunne innebære at modellen vil undervurdere så vel antall kollektivreiser i Basis2015 som gevinsten ved en bedring av kollektivtilbudet.

Vedlegg 2

Elastisiteter i logitmodellen

I transportmodellene er det benyttet en logitmodell på transportmiddelvalgtrinet. Logitmodellen brukes til å beregne andelene med hver transportmiddel på hver sonepar og tar utgangspunkt i nyttefunksjoner for hvert transportmiddel som kan beskrives ved:

$$5) \quad U_j = \sum_{s=1}^n X_s * \alpha_s + \varepsilon,$$

der U_j er nytten av å velge reisemåte j ,
 X_s er variabelverdi nr s ,
 α_s parameter for variabel nr $s = 1, 2, \dots, n$ variable og
 ε et Gumbel-fordelt restledd

- Estimer parametrene (α -ene) under forutsetning at valgsannsynlighetene er fordelt ved:

$$6) \quad P_i = \frac{\exp(U_i)}{\sum_{j=1}^k \exp(U_j)}, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad j = 1, 2, \dots, i, \dots, k, .$$

Der P_i er sannsynligheten for valg av reisemåte nr i

Definisjonen på etterspørselastisitet er: prosentvis endring i etterspørsel som følge av 1% endring i en uavhengig variabel. For gitte verdier på de uavhengige variablene (X -ene) finner vi etterspørselastisitetene i Logitmodellene ved å beregne:

$$ELP_i(X_{js}) \equiv \frac{\delta P_i}{\delta X_{js}} * \frac{X_{js}}{P_i} = \frac{\alpha_s * X_{js} * \left(\sum_{j=1}^{j=n} e^{U_j} - e^{U_i} \right)}{\sum_{j=1}^{j=n} e^{U_j}} = (1 - P_i) * X_{js} * \alpha_s,$$

$i=j$ Direkte elastisitet

Som har tolkning: Prosentvis endring i andelen som velger transportmiddel « i » når verdien på variabel X_{is} (som er egenskap nr « s » ved dette transportmiddelet) endres med 1%.

$$ELP_i(X_{js}) = \frac{\delta P_i}{\delta X_{js}} * \frac{X_{js}}{P_i} = - \frac{\alpha_s * X_{js} * e^{U_j}}{\sum_{j=1}^{j=n} e^{U_j}} = -P_j * X_{js} * \alpha_s,$$

$i \neq j$ Krysselastisitet

Som har tolkning: Prosentvis endring i andelen som velger transportmiddel i når verdien på variabel X_{js} (som er egenskap nr « s » ved transportmiddel « j ») endres med 1%.