

Nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak

Veileder

**Harald Minken
Knut S Eriksen
Hanne Samstad
Kjell Jansson**



Statens vegvesen



Jernbaneverket

**Samferdselssjefenes
kontaktutvalg**

**TØI rapport
526a/2001**

Nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak

Veileder

**Harald Minken
Knut S Eriksen
Hanne Samstad
Kjell Jansson**

ISSN 0802-0175
ISBN 82-480-0209-8

Oslo, august 2001

Tittel: Nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak -
Veileder

Forfatter(e): Harald Minken; Knut S Eriksen; Hanne
Samstad; Kjell Jansson

TØI rapport 526A/2001
Oslo, 2001-08
236 sider
82-480-0209-8

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde:

Statens vegvesen Vegdirektoratet; Jernbaneverket;
Samferdselssjefenes kontaktutvalg

Prosjekt: 2712 Veileder i nyttekostnadsanalyse
av kollektivtiltak

Prosjektleder: Hanne Samstad

Kvalitetsansvarlig: Kjell W. Johansen

Emneord:

Nyttekostnadsanalyse; Kollektivtrafikk; Veileder

Sammendrag:

Rapporten er en veileder i nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak. Veglederen skal ikke bare dekke infrastrukturinvesteringer, men også driftstiltak, takstendringer m.m. I første rekke sikter veglederen seg inn på enkle analyser av mindre tiltak i enkle transportsystemer, men den inneholder samtidig en fullstendig gjennomgang av de prinsippene som generelt bør legges til grunn for transportmiddelovergrepene analyser. TØI rapport 526/2001 inneholder en kort oversikt over prinsippene og metoden som er brukt i denne veilederen.

Title: Cost benefit analysis of public transport
measures - Guidebook

Author(s): Harald Minken; Knut S Eriksen; Hanne
Samstad; Kjell Jansson

TØI report 526A/2001
Oslo: 2001-08
236 pages
82-480-0209-8

ISSN 0808-1190

Financed by:

The Public Roads Administration Directorate of Public Roads; The Norwegian National Rail Administration; The Contact Committee for the Organs in Charge of Transport in the Counties

Project: 2712 Guidebook of cost benefit analysis of
public transport measures

Project manager: Hanne Samstad

Quality manager: Kjell W. Johansen

Key words:

Cost benefit analysis; Public transport; Guidebook

Summary:

This report is a guidebook of cost benefit analysis of public transport measures. It is meant to cover not only infrastructure measures, but also management measures, pricing measures etc. Aimed primarily at simple analyses of standard measures, at the same time it covers the principles that should apply to all multimodal analyses. An overview of the principles and method is contained in TØI report 526/2001, which has a short English summary.

Language of report: Norwegian

Rapporten kan bestilles fra:
Transportøkonomisk institutt, Biblioteket
Gautstadalleen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

The report can be ordered from:
Institute of Transport Economics, The library
Gautstadalleen 21, NO 0349 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 - www.toi.no

Forord fra Statens vegvesen

Gjennom St meld nr. 37 (1996-97) om Norsk veg- og vegtrafikkplan 1998-2007 og Stortingets behandling av denne ble Statens vegvesen tillagt et større planansvar for kollektivtransport. St meld nr. 46 (1999-2000) om Nasjonal transportplan 2002-2011 fastholder etatens nye rolle innen tilrettelegging for kollektivtiltak samt faglig veiledning og utvikling.

Med bakgrunn i St meld nr. 37 opprettet Vegdirektoratet "Etatsprosjekt kollektivtransport", som et fire-årig FoU-program for Statens vegvesen for perioden 1998-2001. Den økonomiske rammen er på 15 mill. kr. Etatsprosjektet drives av Miljø- og samfunnsavdelingen i Vegdirektoratet.

Det er lagt vekt på et godt samarbeid med blant annet Jernbaneverket, Samferdselssjefenes kontaktutvalg, de nasjonale forskningsinstitusjonene og operatørene.

Vi legger vekt på å utvikle dokumentasjon fra prosjektet som skal være lett tilgjengelig ved hjelp av felles design på rapporter og en oppdatert hjemmeside der alle rapporter ligger.

Forskningsinstitusjoner, konsulenter og vegkontor er invitert til å komme med prosjektforslag innen fastlagte kriterier. Vegdirektoratet har i samråd med en referansegruppe antatt om lag 40 delprosjekter. Disse omhandler blant annet temaene holdninger og atferd, konkurranse- og samarbeidsflater, konsekvensanalyser, transportmodeller, bruk av geografiske informasjonssystemer, trafikkstyring, signalprioritering og knutepunktsutvikling..

Denne rapporten er en av om lag 40 delrapporter i etatsprosjektet.

Oslo, september 2000

Sidsel Sandelien

Sidsel Sandelien

Etatsdirektør

Forord

På oppdrag av Statens vegvesen Vegdirektoratet, Jernbaneverket og Samferdsels-sjefenes kontaktutvalg har TØI utarbeidet denne veilederen i nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak. Veilederen består av en kort oversikt (TØI rapport 526/2001) og en hovedrapport (TØI rapport 526a/2001). Den foreliggende veilederen er en lett revidert utgave av kursutgaven, som kom i år 2000. Eksempler, oppgavesamling og forslag til svar på oppgavene er tatt inn i hovedrapporten. Eksempelene er også tatt inn i oversiktsrapporten.

Veilederen tar i første rekke sikte på ”håndberegning” av ganske hverdagslige tiltak i ganske små og ukompliserte tiltaksområder. Samtidig er metoden som er brukt, generell, og bør kunne danne mønster for de fleste transportmiddelover-gripende nyttekostnadsanalyser. Vårt håp er at veilederen skal vise seg verdifull på lengre sikt, gjennom å øke forståelsen for formaliserte prosjektvurderings-metoder i etatene og gjennom å gjøre det lettere å lære seg og ta i bruk moderne lokale transportmodeller.

En arbeidsgruppe med Ole A. Hagen fra Vegdirektoratet som leder har fulgt ar-beidet med veilederen nøye og kommet med verdifulle krav, innspill og forslag undervegs. En styringsgruppe ledet av samferdselssjef Olav Brevik, Møre og Romsdal, har fungert aktivt. Snorre Lægren fra Vegdirektoratet har vært opp-dragsgivernes representant ved revideringen.

Forskningsleder Harald Minken har vært prosjektleder. Cand oecon Knut Sandberg Eriksen, cand polit Hanne Samstad, dr scient Arild Vold og Kjell Jansson, Ph D, har vært medarbeidere. Hanne Samstad har stått for revisjonene som er gjort i den nye utgaven. Avdelingsleder Kjell Werner Johansen har stått for kvalitetssikringen og sekretær Laila Aastorp Andersen for tekstbehandlingen.

Vi takker cand oecon Marit Killi og cand oecon/cand real Peter Christensen, TØI, og forsker Svein Bråthen, Møreforskning, som har latt oss bruke og bearbeide deler av deres tekster i denne veilederen.

Oslo, august 2001

TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT

Knut Østmoe
instituttssjef

Kjell Werner Johansen
avdelingsleder

Innhold

Veileder i nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak.....	1
Tiltaket, alternativene, studieområde, etterspørselsmodell og prediksjonsår ..	1
Driftsopplegg og kostnader	2
OD-matriser og reisekostnadsmatriser.....	2
Billettinntekter og konsumentoverskudd	2
Eksterne kostnader	2
Usikkerhet	3
Beregninger for hele analyseperioden.....	3
Rapporter resultatene	3
Gjennomfør tilleggsanalyser	3
Trekke konklusjoner	3
1 En første oversikt: Hva slags arbeid er det jeg skal gjøre?.....	4
1.1 Hvorfor nyttekostnadsanalyse?.....	4
1.2 Bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomhet.....	5
1.3 En første oversikt over hva som skal gjøres i en nyttekostnadsanalyse... ..	7
2 Noen grunnbegreper i nyttekostnadsanalyse	16
2.1 Hensikten med nyttekostnadsanalyse.....	16
2.2 Hvordan kan man måle nytte?.....	16
2.2.1 Konsumentoverskudd	17
2.2.2 Trapesregelen.....	19
2.3 Aggregering av nytteverdier.....	20
2.3.1 Et felles velferds mål for hele samfunnet?	20
2.3.2 Trapesformelen anvendt på aggregert etterspørsel.....	21
2.4 Nåverdi, nettonytte og nyttekostnadsbrøk.....	22
2.4.1 Nåverdi	22
2.4.2 Netto nåverdi og netto nåverdi per budsjettkrone.....	22
2.5 Kriterier for valg av prosjekter	23
2.6 Nyttekostnadsarter	26
2.7 Skyggeprisen på offentlige midler.....	27
2.8 Eksterne effekter.....	28
2.8.1 Hva er eksterne effekter og eksterne kostnader?	28
2.8.2 Negative og positive eksterne effekter	28
2.8.3 Prissetting av ikke markedsomsatte goder.....	29
3 Kollektivtiltak – vår analyseramme	31
3.1 Transportformer	31
3.2 Transportmåter.....	31
3.3 Transportmarkeder.....	32
3.4 Et særtrekk ved persontransporttjenester.....	32
3.5 Produksjon av kollektive transporttjenester	32
3.6 Transportsystemer	33
3.7 Systemanalyse	34
3.8 Et ord om ytelsesmål	35
3.9 Reiser og reisemarkeder	36

3.9.1	Et eksempel som begrunner at trafikantnytten må beregnes for hver reiserelasjon	36
3.9.2	OD-matriser	37
3.10	Nettverk, lenker og ruter.....	37
3.11	Generaliserte reisekostnader.....	38
3.12	Et samlet syn på reiser	39
3.13	En transportmodell – tilfellet uten kø.....	40
3.13.1	Trafikantnytteberegning i dette tilfellet	42
3.14	En likevekts transportmodell	45
3.14.1	Diagram over et bilreisemarked.....	46
3.14.2	Diagram over et kollektivreisemarked.....	48
3.14.3	Skift i etterspørselen	49
3.15	Kvasi-etterspørselskurver og trafikantnytte.....	50
3.17	Oppsummering	51
4	Arbeidsgangen i en nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak	53
4.1	Arbeidsgangen ved nyttemaksimeringsmetoden	53
4.2	Arbeidsgangen ved kostnadsminimeringsmetoden	55
4.3	Nærmere om beskrivelsen av tiltakene, alternativene og analyseperioden.....	57
4.3.1	Problembeskrivelse. Definer prosjektet mål.....	57
4.3.2	Spesifiser handlingsalternativene	58
4.3.3	Beskriv virkningene av tiltakene	58
4.3.4	Bestem tiltakenes økonomiske levetid og analyseperiode.....	59
4.3.5	Ta stilling til om tiltaket påvirker andre deler av transportsektoren	60
5	Klassifisering av kollektivtiltak, effekter og konsekvenser.....	61
5.1	Vi forutsetter at myndighetene kan styre direkte.....	61
5.2	Tiltaksgrupper.....	61
5.3	Tilbudstiltak.....	62
5.3.1	Tiltaksgruppe 1: Infrastrukturetiltak for kollektivtransport	62
5.3.2	Tiltaksgruppe 2: Drift og bruk av infrastrukturen	62
5.3.3	Tiltaksgruppe 3: Driftstiltak	63
5.3.4	Tiltaksgruppe 4: Materiell	63
5.3.5	Tiltaksgruppe 5: Pristiltak.....	63
5.4	Etterspørselstiltak	64
5.4.1	Tiltaksgruppe 6: Trafikkdempende tiltak	64
5.4.2	Tiltaksgruppe 7: Gjennomgående kvalitetsforbedring	64
5.4.3	Tiltaksgruppe 8: Opplysning og holdningskampanjer.....	65
5.4.4	Tiltaksgruppe 9: IT-tiltak.....	66
5.4.5	Tiltaksgruppe 10: Arealbrukstiltak	66
5.5	Oppsummering – hvilke tiltak kan beregnes?	68
5.6	Tiltak, effekter, konsekvenser og nyttekostnadselementer	68
5.7	Effekter	70
5.7.1	Effekter som virker utenom transportsystemet.....	70
5.7.2	Effekter som virker gjennom transportsystemet.....	70
5.7.3	Effekter av ulike tiltak	71
5.8	Konsekvenser og verdsetting.....	72

5.9	Arbeidsgangen fra tiltak til effekter til konsekvenser	73
6	Trafikkanalysen - data	75
6.1	Forutsetninger. Enkel nettverksstruktur og ingen køer	75
6.2	Elementene i modellen	78
6.2.1	Soneinndelingen	78
6.2.2	Sentroidene	80
6.2.3	OD-matriser	81
6.2.4	Nettverkene. Nodene og lenkene	82
6.2.5	Ruter og rutekostnader	84
6.2.6	Lenkekostnader	84
6.2.7	Volume-delayfunksjoner	85
6.2.8	Kommersielle programpakker	85
6.3	Prognoser	86
6.4	Matrise-estimering	87
6.4.1	Den dobbeltbeskrankede gravitasjonsmodellen	88
6.4.2	Framgangsmåten for å beregne en OD-matrise	89
6.5	Organisering av data	90
6.6	Bruk av dataene	91
	Vedlegg til kapittel 6	92
7	Trafikkanalysen – etterspørselsfunksjoner	94
7.1	Har du en transportmodell?	94
7.2	Hva slags transportmodell må du lage?	94
7.2.1	Unimodal (bare kollektiv) eller multimodal (bil og kollektiv)?	94
7.2.2	K0, K1 eller KM?	96
7.2.3	BK0, BK2 eller BKM?	97
7.3	K0 og BK0	98
7.4	K1	99
7.4.1	Lineære funksjoner	99
7.4.3	Eksponensialfunksjoner	101
7.4.4	Enkel elastisitetsmodell	102
7.5	KM	102
7.5.1	Kalibrering	103
7.5.2	Nytteberegning	103
7.6	BK2	103
7.6.1	Binomisk logitmodell	103
7.6.2	Potensfunksjon med krysspriselastisitet	104
7.7	BKM	105
7.7.1	Kalibrering og estimering	107
7.7.2	Nytteberegning	108
7.8	Elastisiteter i etterspørselsmodellene	109
7.9	Ennå litt om geografisk avgrensning	110
8	Nytteberegningen for ett år – nytte- og kostnadskomponenter	112
8.1	Tidsverdier	112
8.1.1	Korte reiser	112
8.1.2	Lange reiser	114
8.1.3	Godstransport	116
8.2	Pengekostnader	116

8.2.1	Kollektivtransport	116
8.2.2	Biltransport	116
8.3	Generaliserte kostnader som en funksjon av tid og distanse	119
8.3.1	Kollektivtransport	119
8.3.2	Biltransport	120
8.3.3	En eller flere reisehensikter?	121
8.4	Trafikantnytteberegningen.....	121
8.4.1	Likevekt	121
8.4.2	Trafikantnytteberegningen.....	122
8.5	Beregningen av det offentliges nytte	122
8.6	Beregningen av kollektivselskapenes billettinntekter	123
8.7	Beregningen av bompenginntektene.....	124
8.8	Beregningen av parkeringsetatens inntekter.....	124
8.9	Et problem	125
8.10	Opplegg for beregning av miljø- og ulykkeskostnader	125
8.11	Utslipp til luft.....	126
8.11.1	Virkninger av lokale, regionale og globale utslipp.....	126
8.11.2	Beregningsopplegg	126
8.12	Støy og vibrasjoner.....	130
8.12.1	Virkninger av støy og vibrasjoner	130
8.12.2	Beregningsopplegg	130
8.13	Ulykker	131
8.13.1	Ulykkeskostnadenes komponenter	131
8.13.2	Beregningsopplegg	133
9	Nytteberegningen for ett år – operatørenes kostnader.....	135
9.1	De variable kostnadene på ei linje	136
9.2	Tidsavhengige variable kostnader på ei linje	137
9.2.1	Kapitalkostnadene.....	138
9.2.2	Klargjøringskostnader.....	142
9.2.3	Mannskapskostnader.....	143
9.2.4	Totale tidsavhengige kostnader pr. dag på linja	144
9.3	Kilometeravhengige variable kostnader på ei linje	145
9.4	Totale variable kostnader på linja pr. dag.....	146
9.5	Skatter og avgifter	147
9.6	Infrastrukturkostnader	148
9.7	Konkurransen mellom kollektivselskaper	148
9.8	Forslag til enhetskostnader i kostnadsmodellen for kollektivtransport 149	
9.9	Bomselskapets kostnader.....	149
9.10	Parkeringsselskapets kostnader	149
	Vedlegg til kapittel 9.....	151
10	Risiko og irreversibilitet	154
10.1	Usikkerhet og risiko	154
10.1.1	Følsomhetsanalyser.....	155
10.1.2	Differensiert kalkulasjonsrente	156
10.2	Irreversibilitet – opsjonsverdi.....	157
10.2.1	Teoretisk grunnlag	157

10.2.2	Praktisk tilnærming.....	158
11	Beregningsarbeidet på overordnet nivå.....	160
11.1	Datering	160
11.2	Systematisk behandling av studieperioden.....	162
11.2.1	Underperioder og nytte- og kostnadselementer	163
11.3	Grunnleggende, mellomliggende og overordnede beregninger	165
11.4	Nåverdi og annuitetsfaktorer – begrepsbruk og formler	165
11.5	Å ta hensyn til en utenfra gitt vekstrate.....	167
11.5.1	Modifiserte annuitetsfaktorer med vekst	170
11.6	Beregningsarbeidet på mellomliggende og overordnet nivå sammenfattet.....	172
11.7	Investeringskostnader	172
12	Presentasjonen.....	173
12.1	Tabell 1 – hovedresultatene fra analysen	173
12.2	Samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk analyse	175
12.3	Mer oppdelte resultater og ulike lønnsomhetsmål.....	178
12.4	Sammenlikning mellom mange alternativer.....	179
12.5	Fysiske indikatorer	179
	Litteraturliste.....	183
	Eksempelsamling.....	187
	Oppgavesamling	221
	Løsninger til oppgavesettet.....	231

Veileder i nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak

Veilederen starter med temaet nyttekostnadsanalyse av transporttiltak generelt. Kapittel 1 og 2 gir deg innsikt i hva du skal gjøre og hvorfor, samt i begreper knyttet til nyttekostnadsanalyse. I kapittel 3 setter vi nyttekostnadsanalyse inn i den rammen veilederen omhandler: kollektivtiltak. Kapittel 4 gir en oversikt over arbeidsgangen, og kapittel 5 over ulike typer kollektivtiltak og deres effekter og konsekvenser. Videre går vi over på det grunnleggende arbeidet i nyttekostnadsanalysen, nemlig data til trafikkanalysen (kapittel 6) og etterspørselsfunksjoner til trafikkanalysen (kapittel 7). Beregninger på mellomliggende nivå, dvs. beregninger av nytte- og kostnadselementer for et enkelt år, behandles i kapittel 8 og 9. Kapittel 9 gjelder operatørens kostnader, mens kapittel 8 tar for seg de øvrige elementene. Før du kan samle trådene og summere nytte- og kostnadselementene, trenger du kunnskap om behandlingen av risiko og irreversibilitet, som tas opp i kapittel 10. Deretter går vi løs på hvordan elementene skal settes sammen og presenteres. Kapittel 11 tar for seg beregningene på overordnet nivå, og kapittel 12 viser opplegg for presentasjon av resultatene fra nyttekostnadsanalysen.

Du skal nyttekostnadsberegne et kollektivtiltak. Slik går du fram: Gjør deg fortrolig med innholdet i kapittel 1-3. Du vil også ha nytte av å gjennomgå kortversjonen av veilederen, som finnes i et eget hefte. Deretter går du steg for steg gjennom de ulike arbeidsmomentene nedenfor.

Tiltaket, alternativene, studieområde, etterspørselsmodell og prediksjonsår

Definer hensikten med tiltaket. Undersøk om den kan oppnås med ulike alternative tiltak, og definer ut fra det hvilke alternativer du vil analysere. Gjør deg på dette grunnlaget opp en foreløpig mening om utstrekningen av det studieområdet du må analysere, og lengda av analyseperioden. Disse innledende trinnene er behandlet i pkt. 1.3 og 4.3. Klassifisering av ulike tiltak og deres mulige effekter er tatt opp i kapittel 5.

Valg av etterspørselsmodell er behandlet i kapittel 7. Med tiltaket klarlagt, alternativene og etterspørselsmodellen fastlagt, kan du nå gå til enten punkt 4.1 eller 4.2 for en oversikt over arbeidet.

På dette første, utforskende trinnet bør du også ta stilling til hvilke år vi skal beregne nytte og kostnad for (prediksjonsår). Hovedgrunnene til at det kan være

aktuelt med mer enn ett prediksjonsår, er at tiltaket vil bli gjennomført i flere faser, at det kommer en større utenfra gitt endring midt i analyseperioden, eller at det er fare for akselererende kjøproblemer mot slutten av perioden i ett av alternativene. Avsnitt 11.1-11.3 gir begreper og ideer i dette arbeidet.

Driftsopplegg og kostnader

Uten et bestemt driftsopplegg er det umulig å si noe om generaliserte reisekostnader. Derfor må man straks danne seg en oppfatning om driftsopplegget i de ulike alternativene i de ulike årene. Hvis det ikke er fastlagt som en del av tiltaket, må det fastlegges på annen måte – f.eks. som det samfunnsøkonomisk ønskelige driftsopplegget, som driftsopplegget som gir størst bedriftsøkonomisk overskudd til kollektivselskapet, eller som det sannsynlige utfallet av konkurransen mellom kollektivselskaper. Uansett kan du på dette trinnet bare gjøre mer eller mindre fornuftige antakelser om driftsopplegget, som du kan måtte revidere seinere, når du ser hva det koster og hva kollektivselskapet kan vente seg av inntekter.

Når driftsopplegget er fastlagt, kan du beregne kostnadene ved det (kapittel 9).

OD-matriser og reisekostnadsmatriser

Finn OD-matriser og reisekostnadsmatriser i nullalternativet for hvert av årene som skal beregnes (kapittel 6). Finn OD-matriser og reisekostnadsmatriser i de øvrige alternativene i disse årene (kapittel 6 og 7).

Dette arbeidet involverer formulering og bruk av en transportmodell, i den generelle betydningen vi har gitt ordet. Hvis det forekommer køer på vegsida eller generaliserte reisekostnader på kollektivsida avhenger av etterspørselen, vil du måtte prøve å finne likevekta i transportmodellen.

Billettinntekter og konsumentoverskudd

På bakgrunn av etterspørsels- og kostnadsmatrisene som er funnet, beregn kollektivselskapets inntekter og konsumentoverskuddet i hvert av de beregnede årene for hvert av alternativene (kapittel 8). Beregn også parkeringsetatens inntekter, bomselskapets inntekter, det offentliges avgiftsinntekter, og trekk slutninger om behovet for offentlig finansiering (samme kapittel).

I lys av dette, revider driftsopplegget om nødvendig. (Det kan ofte være gitt en skranke på omfanget av offentlige kjøp, f.eks.). Beregn i så fall også ny etterspørsel.

Eksterne kostnader

Beregn eksterne kostnader i alle alternativer i hvert år som skal beregnes (kapittel 8). Legg merke til at støyberegningene er noe mer kompliserte å gjøre enn de øvrige beregningene, idet det helst trenges en vurdering av hvor mange som blir plaget av støy på hver lenke i nettverket.

Usikkerhet

Definer hva slags usikkerhet som finnes i hvert av alternativene, og bestem hvordan den skal håndteres. Velg kalkulasjonsrente (hvis du har et valg). (Kapittel 10.)

Beregninger for hele analyseperioden

Det materialet du nå har for alle enkeltårene som er beregnet, skal brukes til å gjøre beregninger for hele analyseperioden. Til dette trengs forutsetninger om vekstrater og kalkulasjonsrente (kapittel 11).

Rapporter resultatene

Rapportering av resultatene er behandlet i kapittel 12 – se også kapittel 1.

Gjennomfør tilleggsanalyser

Dette kan være følsomhetsanalyser, analyser av fordelingsvirkninger e.l. Det vil også være analyser av ikke-prissatte virkninger, se Asplan Viak (1999).

Trekk konklusjoner

Kunsten her er ikke bare å trekke klare konklusjoner, men også å presisere hva som primært har gitt opphav til konklusjonene, og hvilke momenter som – hvis de hadde stilt seg annerledes eller hadde vært vektlagt annerledes – kunne ledet til andre konklusjoner. Framfor alt gjelder det å ikke trekke andre konklusjoner enn dem som framgår av materialet og som allerede har vært drøftet tidligere i analysen. Om noen ønsker å bringe inn en joker mot slutten av spillet for å ta hjem siste stikk, skal det ikke være deg.

En konklusjon om hvilke utredningsoppgaver som gjenstår eller som har blitt stemoderlig behandlet i analysen, hører også med her.

1 En første oversikt: Hva slags arbeid er det jeg skal gjøre?

1.1 Hvorfor nyttekostnadsanalyse?

Ifølge den såkalte regelverksinstruksen er det plikt for alle organer å utrede administrative og økonomiske konsekvenser av tiltak (NOU 1997:27). En slik utredning kalles en *konsekvensanalyse*. En konsekvensanalyse krever ikke nødvendigvis at konsekvensene verdsettes i kroner. Det er tilstrekkelig å angi konsekvensene i fysiske enheter, f.eks. reduserte utslipp i kg eller reduksjon av antall ulykker¹. De ulike konsekvenser, nytte og kostnader, må da veies mot hverandre skjønnsmessig.

En *nyttekostnadsanalyse* forsøker å redusere den skjønnsmessige avveilingen ved å verdsette konsekvensene. De enkelte nytte- og kostnadskomponenter uttrykkes i kroner. Dermed kan disse summeres og nettonytten kan beregnes.

Den viktigste bruk av nyttekostnadsanalyser er til vurdering av om et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Dersom nettonytten er positiv, er tiltaket lønnsomt. I beslutningsprosessen vil imidlertid ikke resultatet av nyttekostnadsanalysen alene være avgjørende. Andre forhold vil også telle med før beslutning tas. Dessuten vil ikke alle akseptere at en nyttekostnadsanalyse gir et riktig bilde av konsekvensene av et tiltak. Noen kan mene at det ikke er de viktigste konsekvensene som er prissatt. Andre kan mene at prissettingen ikke samsvarer med det ressursene virkelig er verdt. Vi kan ikke vente at alle skal ha samme verdsetting av goder som ikke omsettes på markedet, som tid og miljø.

Selv i dette tilfellet er en nyttekostnadsanalyse nyttig. Gjennom gjennomføringen av nyttekostnadsanalysen blir informasjon om virkninger systematisert, og dessuten må antagelser som gjøres klart beskrives. Dette gir et bedre grunnlag for å vurdere nytten og kostnadene ved tiltaket, selv for dem som ikke vil bruke resultatet av nyttekostnadsanalysen.

Det du gjør når du gjennomfører en nyttekostnadsanalyse, er å legge tilrette for en mest mulig opplyst og demokratisk avgjørelsesprosess. Derfor må du begrunne dine forutsetninger, dokumentere hva du har gjort, og presentere resultatet på en mest mulig fullstendig måte. Ett enkelt tall holder ikke!

¹ Vegvesenets håndbok for konsekvensanalyser skiller mellom *effekter* og *konsekvenser*. Effekter er de umiddelbare virkninger. Konsekvenser er de fordeler og ulemper dette medfører for mennesker. Reduserte utslipp i kg er da en effekt, mens virkningen på helse vil være en konsekvens. I tilfeller hvor helsevirkningen ikke er kvantifisert vil det likevel være naturlig å bruke reduserte utslipp i en konsekvensanalyse.

1.2 Bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomhet

Det offentlige har grunn til å gripe inn i transportmarkedene

Prinsipielt kunne vi godt tenke oss at alt som har med transport å gjøre, overlates til private løsninger, og at markedet bestemmer hvordan transportsystemet skal være. Vi kunne ha privat bygging og drift av veger, private kollektivselskaper som drives etter bedriftsøkonomiske kriterier uten tilskudd, osv. Vi veit imidlertid at en slik løsning ikke ville bli særlig god. Grunnene til det er mange, men kanskje den viktigste grunnen er at private selskaper som ikke er pålagt noen restriksjoner eller reguleringer, ikke har tilstrekkelige insentiver til å ta hensyn til trafikantenes tidskostnader.

Ett eneste eksempel kan illustrere det. Når etterspørselen etter kollektivreiser på en strekning øker, vil det være mest profitabelt for kollektivselskapet å reagere på det ved å øke *busstørrelsen* (eller antall vogner i toget). Kollektivselskapet ville nok også se seg tjent med å øke *antall avganger*, men langt fra i samme takt som etterspørselsøkningen. Sett fra trafikantenes side ville det imidlertid vært bedre om selskapet tok hele etterspørselsøkningen ved å øke antall avganger med samme busstørrelse. På den måten ville ventetida mellom avgangene gå ned. Den samfunnsøkonomisk beste løsningen, som både tar hensyn til trafikantenes tid og til kollektivselskapets kostnader, ville ligge et sted imellom disse to ytterpunktene. Eksistensen av ventetidskostnader medfører altså at den bedriftsøkonomiske løsningen ikke faller sammen med den samfunnsøkonomiske løsningen.

Omfattende markedssvikt i transportsektoren

Dette er et eksempel på det økonomene kaller ”markedssvikt”. Markedssvikten i dette tilfellet består i at en beslutningstaker – kollektivselskapet – ikke fullt ut tar inn over seg de ventetidskostnadene som det påfører trafikantene. Samferdssektoren er full av forskjellige former for markedssvikt: Bilistene tar ofte ikke inn over seg de køkostnadene de påfører andre bilister, eller de miljøkostnadene de forårsaker. Uregulerte private kollektivselskaper kan utnytte sin monopolstilling på en strekning til å sette prisen for høyt, osv. Dersom det ikke er kostnadseffektivt med mer enn ett selskap, hvilket ofte er tilfelle, vil det ikke være mulig å avhjelpe det sistnevnte problemet ved å slippe konkurransen løs, siden de to konkurrentene da begge vil måtte sette prisen opp på grunn av økte kostnader.

Markedssvikten kan avhjelpes ved en eller annen form for inngripen fra myndighetenes side: Miljøavgifter, vegprising, tilskuddsordninger som oppmuntrer kollektivselskapene til økt frekvens, takstregulering m.m. I noen tilfeller vil myndighetene gå inn og opprette et tilbud der ingen private finner det bedriftsøkonomisk lønnsomt å gjøre det, eller bygge og vedlikeholde den infrastrukturen som skal til for at privat drift skal bli bedriftsøkonomisk lønnsom. Vi trenger imidlertid å vite om de tiltakene vi planlegger, virkelig betyr en samfunnsøkonomisk forbedring, eller om de er for dyre, gir for liten effekt eller er unødvendige. Til dette bruker vi nyttekostnadsanalyse.

Nyttekostnadsanalyse for å finne ut hvilke inngrep som er best

Med en samfunnsøkonomisk analyse mener vi det samme som en nyttekostnadsanalyse. Det dreier seg altså om en analyse for å bringe på det rene om kostnadene ved et tiltak er større eller mindre enn gevinstene, når vi tar hensyn til alle former for kostnader og gevinster som rimeligvis kan uttrykkes i kroner og øre, uansett hvem i samfunnet som får gevinstene eller må bære kostnadene. Til sammenlikning er en bedriftsøkonomisk analyse langt snevrere. Den bryr seg bare med de pengestrømmene som går ut og inn av et bestemt selskap.

Supplement til NKA: analyse av fordelingsvirkninger og andre mål

Men også den samfunnsøkonomiske analysen er i en viss forstand snever og enøyd: Den gjør ingen forskjell på et tiltak som gir en gevinst på 1000 kroner til 1000 minstepensjonister og et tiltak som gir en million kroner til en millionær. Nyttekostnadsanalysen ser bort fra *fordelingsvirkningen* av tiltak. Siden samferdselstiltak sjelden er de mest velegnede til å oppnå inntektsutjamning, og sjelden medfører virkninger som forverrer inntektsfordelingen, er dette ikke noen avgjørende svakhet. Men i enkelte tilfeller kan det være aktuelt å supplere nyttekostnadsanalysen med en analyse av fordelingsvirkningene.

Vi bør nok også straks nevne at myndighetene har (eller bør ha) mål som ikke tas hensyn til i nyttekostnadsanalysen. Myndighetene er ikke bare interessert i å redusere kostnader og øke nyttevirksomheter i samfunnet som helhet, men kan f.eks. ha som mål å sikre et minste transporttilbud til alle. Kjennetegnet på denne typen mål er at det ikke er rimelig å uttrykke dem i kroner og øre. Slike ekstra mål kan enten danne et premiss for utvelgelsen av hvilke tiltak det er aktuelt å nyttekostnadsberegne, eller kan begrunne at enkelte tiltak gjennomføres til tross for at de ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomme. Sjøl om nyttekostnadsanalyse er et særdeles viktig redskap til å velge ut tiltak, er det altså ikke alltid det eneste en behøver å ta hensyn til.

Verdsetting bygd på prinsippet om konsumentsoververenitet

Nyttekostnadsanalyse bygger prinsipielt på prinsippet om *konsumentsoververenitet*. Det vil si at det er individenes egne preferanser og vurderinger som bør ligge til grunn for verdsettingen av de positive effektene (nyttevirksomhetene) og de negative effektene (kostnadene) av et tiltak. Vi anerkjenner at myndighetene kan ha mål som går på tvers av de individuelle preferansene til samfunnsmedlemmene, men vi velger å holde måloppfyllelsen mht. slike mål utenom analysen.

Når kan vi nøye oss med kollektivselskapets egne kalkyler?

Hvis det ikke foreligger noen form for markedssvikt, er offentlige inngrep unødvendige, og det er følgelig heller ikke behov for noen nyttekostnadsanalyse for å bedømme om det offentlige inngrepet er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Kollektivselskapenes bedriftsøkonomiske kalkyler vil da danne et fullgodt grunnlag for hva som skal gjøres.

Når skal vi bruke nyttekostnadsanalyse?

Nyttekostnadsanalyser er vesentlige for beslutninger om *offentlig* bygging og drift. Men sjøl om tendensen nå går i retning av liberalisering og privatisering i samferdselssektoren, reduserer ikke det behovet for nyttekostnadsanalyser. Vi får

kanskje færre analyser av store offentlige byggetiltak, men istedet får vi et økt behov for analyser av hvilke *rammevilkår og inngrep* i de private markedene som gir det beste samfunnsøkonomiske resultatet.

Tradisjonelt er nyttekostnadsanalyse mest brukt som et redskap til å velge mellom infrastrukturprosjekter. Men når vi snakker om kollektivtiltak, mener vi langt mer enn bare infrastrukturtiltak. *Et kollektivtiltak er i grunnen alt som kan gjøres fra myndighetenes side for å forbedre kollektivtrafikken, eller forbedre transport-systemet generelt ved å føre mer av trafikken over på kollektive transportmidler.*

Erfaring og oversikt nødvendig

Den foreliggende veilederen i nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak må derfor dekke et meget bredt spekter av tiltak og ta i bruk en mengde ulike teknikker. Noe av kunststykket i slike analyser blir derfor å velge ut hvilke teknikker og forutsetninger som best kan brukes i det foreliggende tilfellet. Dette krever erfaring og oversikt over hele veilederen. Å gå gjennom eksempelsamlingen er en måte å skaffe seg slik erfaring på.

1.3 En første oversikt over hva som skal gjøres i en nyttekostnadsanalyse

Identifisering, kvantifisering, verdsetting

Vi kan skille mellom *identifisering, kvantifisering og verdsetting*. Vår første oppgave i en nyttekostnadsanalyse er å kartlegge hvilke typer av virkninger tiltaket kan tenkes å ha, og utstrekningen av virkningene i tid og rom (identifisering). Dernest må vi prøve å kvantifisere de identifiserte virkningene. Siden transport-systemet er komplisert, må vi ofte bruke kompliserte modeller for å gjøre det. Likevel vil det finnes virkninger som vi ikke klarer å kvantifisere med de ressursene og metodene vi har til disposisjon. Slike virkninger må vi ikke rett og slett gløkke, men gi en verbal beskrivelse av dem, og gjerne drøfte hvilken innflytelse det kan ha på resultatet at vi ikke har kunnet sette tall på dem. Endelig må vi verdsette virkningene, dvs. finne ut hvilken økonomisk verdi som de kvantifiserte virkningene har. På dette feltet vil vi ofte bruke standardiserte enhetsverdier eller enhetspriser, som er funnet i egne verdsettingsundersøkelser. Ett eksempel er verdien av spart reisetid (tidsverdien). Den seineste norske undersøkelsen av tidsverdier er Ramjerdi et al (1998). Basert på den er det foreslått tidsverdier som skal brukes i alle analyser (Killi 1999). Riktignok er de forskjellige avhengig av hvilket reisemiddel og hvilken reisehensikt det dreier seg om, men når vi tenker over hvordan hver av oss kan ha svært ulik verdsetting av ett minutt spart reisetid, avhengig av om vi har en avtale vi skal holde eller om vi har god tid, er det klart at tidsverdiene bare er grove gjennomsnittsanslag. Man har likevel funnet at det er bedre å bruke de samme, grove gjennomsnittsanslagene i alle analyser enn å begi seg inn på mer spesifikke anslag i hvert enkelt tilfelle. Det siste ville sannsynligvis føre til at analysene ble usammenliknbare og inneholdt for mange subjektive elementer.

Det samme er tilfelle med verdsettingen av miljøeffektene og ulykkeskostnadene. Også her brukes standardiserte enhetspriser. Endelig er det gitte retningslinjer for

hvordan en skal behandle skatter og avgifter. Man står altså ikke fritt til å regne bygge- og driftskostnadene den ene gangen med moms, den andre gangen uten.

Siden verdsettingen er såpass standardisert, er det kvantifiseringen som utgjør den største utfordringen.

Influensområdet

Vi kan definere *studieområdet* eller *influensområdet* som det området der tiltaket har identifiserte virkninger. Siden ingenting endrer seg utenfor studieområdet, kan vi deretter se bort fra alt utenfor. Imidlertid er det en vanlig feil å definere studieområdet for snevert, slik at en bare behandler en del av de identifiserte effektene på en systematisk måte. For å unngå det, bør man når virkningene er identifisert, eksplisitt formulere hvilken utstrekning studieområdet har. I noen tilfeller kan det være nødvendig å kjøre en transportmodell for å undersøke hvor langt virkningene strekker seg. I andre tilfeller kan en a priori avgrensning av studieområdet være tilstrekkelig. Basert på en slik avgrensning kan det noen ganger være nødvendig å bygge opp en egen modell for studieområdet, eller kombinere flere eksisterende modeller for å dekke alle virkningene i hele studieområdet. Det er dette samspillet mellom det definerte studieområdet og de modellene en har til rådighet for å kvantifisere virkningene innfor studieområdet, som gjør det så viktig å treffe en eksplisitt beslutning om hva studieområdet er. I motsatt fall vil man som regel komme til å oppføre seg som han som leter etter noe han har mistet under en lyktestolpe, ikke fordi han mistet det der, men fordi det er eneste stedet han har lys til å lete.

Nullalternativet

En nyttekostnadsanalyse er en sammenlikning av det alternativet å gjennomføre et tiltak (eventuelt i mange ulike varianter) med det alternativet å ikke gjøre det. Vi kaller alternativet å ikke gjennomføre tiltaket for *nullalternativet*. Følgelig har vi minst to alternativer som vi skal finne ut hva som vil skje i – nullalternativet og tiltaket (i en eller flere varianter). Det første er ikke mindre viktig enn det andre, siden det er forskjellen mellom de to som er av betydning.

Her er noen av de tingene en må danne seg en oppfatning om for å kunne spesifisere nullalternativet riktig:

1. Befolkningsutviklingen og inntektsutviklingen i studieområdet i de nærmeste 25 åra – ofte brutt ned på soner.
2. Eventuelle endringer av lokaliseringen av næringsområder, kjøpesentra etc. i studieområdet i perioden.
3. Utviklingen av infrastrukturen i studieområdet i den samme perioden.
4. Utviklinga av transportprisene og teknologien (kjøretøyteknologi, renseteknologi etc.) i den samme perioden.
5. Utviklinga av transportmarkedene i studieområdet i den samme perioden.
6. Reisehyppighet, samt fordeling av reisene på bestemmelsessteder og transportmidler og ruter i studieområdet i den samme perioden – som en konsekvens av den skisserte utviklingen i pkt. 1-5.

Veit man ikke hvordan disse forholdene utvikler seg uten tiltaket, kan det være vanskelig å si noe om størrelsen på virkningene med tiltaket, da jo de er bestemt som forskjellen som tiltaket gjør. Men å finne ut av hvert eneste av disse 6 punktene er en formidabel oppgave! For at ikke hver eneste nyttekostnadsanalyse skal bli et forskningsprosjekt i seg sjøl, er det nødvendig med forenklinger og standardisering. Denne veilederen gir oppskriften på de forenklingene og standardiseringene som er nødvendige. La oss her innledningsvis bare nevne noen av dem.

Lokalkunnskap eller ”offisielle” prognoser?

Befolkningsutviklingen og inntektsutviklingen tas som regel henholdsvis fra Statistisk sentralbyrås framskrivinger og Langtidsprogrammets prognoser. Men det er klart at i noen tilfeller vil man kjenne til lokale planer og beslutninger som ikke er innarbeidet i disse framskrivningene/prognosene, og dette kan begrunne en annerledes lokal utvikling enn den ”offisielle”. Slik lokalkunnskap kan man også ha når det gjelder nedlegging, flytting og etablering av store arbeidsplasser og kjøpesentre.

Nullalternativet er det mest sannsynlige alternativet

Utviklingen av infrastrukturen i de nærmeste ti årene kan man ta fra den nasjonale transportplanen. Det har til nå vært vanlig å ikke regne med de prosjektene som ligger inne i denne planen når en skal nytteberegne transporttiltak. Nullalternativet skal imidlertid ikke være et alternativ hvor ingenting annet enn det som allerede er vedtatt, kommer til utførelse! Det skal istedet være det *mest sannsynlige* alternativet uten tiltaket. Det mest sannsynlige er at hovedtyngden av de prosjektene som ligger i den gjeldende transportplanen/samferdselsplanen, kommer til utførelse. Vi tror dette er et spesielt viktig prinsipp når det gjelder nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak. Hvor vellykket et kollektivtiltak vil bli, kan avhenge helt av hvilke *andre* kollektivtiltak som vil bli satt i drift i den nærmeste framtida, og også til dels av omfanget av vegbygging i studieområdet.

Hva skal vi anta om teknologiutviklingen og avgiftspolitikken?

Når det gjelder den teknologiske utviklingen for kjøretøyer og utslipp, kan vi bygge på Skedsmo og Hagman (1998). Driftskostnader og utslipp for kjøretøy med ulik teknologi nå og i framtida (år 2010 og 2020) kan finnes ved å konsultere denne rapporten, mens Eriksen et al (1999) gir utslippskostnader i dag.

Den faktiske sammensetningen av kjøretøyflåten etter teknologi avhenger av hva slags avgiftspolitik (klimapolitikk) som myndighetene legger seg på. Vårt forslag er å legge til grunn at myndighetene skal gjennomføre Kyotoprotokollens mål i år 2010, og at dette gjøres ved en lik CO₂-avgift i alle sektorer. Øvrige avgifter forblir uendret. Samtidig må vi anta at internasjonale standardkrav til nye private biler blir inkorporert gradvis i kjøretøyflåten.

Under disse forutsetningene viser Jensen (1998) at 13,6% av trafikkarbeidet med personbil kan være utført av batteridrevne elektriske biler i 2010. Dette øker til over 50% i år 2020. Andre alternative teknologier vil bare langsomt kunne bli tatt i bruk. For andre transportmidler enn personbil kan vi gå ut fra at tradisjonell teknologi vil være enerådende i overskuelig framtid.

For analyser av tiltak i storbyene er det følgelig ikke urimelig å anta at fler og fler personbiler blir elektrisk drevne. For småbyer og spredtbygde strøk er det ikke urimelig å anta at tradisjonell teknologi vil dominere helt. Basert på dette kan man bruke Skedsmo og Hagman (1998) til å anslå drivstoffkostnader og utslipp i framtida for gjennomsnittskjøretøyer i studieområdet.

For tida er det imidlertid ikke vanlig å ta hensyn til teknologisk utvikling i nyttekostnadsanalysene, så om man velger å gjøre det, vil det være en pionerinnsats.

Hva skal vi anta om kollektivmarkedene?

Hva skal vi anta i nullalternativet om utviklingen av kollektivtakstene og kollektivmarkedene? Tidligere var det ikke noe problem å gjøre antakelser om dette, siden det var myndighetenes politikk som avgjorde kollektivtilbudet og prisene. Men når kollektivmarkedene liberaliseres, må vi ofte danne oss et bilde av hvordan konkurransen vil forløpe, dersom vi skal kunne si noe om kollektivtakstene og kollektivmarkedene. Dette kan gjøres på mer og mindre sofistikerte måter. I denne utgava av veilederen har vi gjort det på den aller minst sofistikerte måten: Vi antar nemlig at både takstene og kollektivselskapenes tilbud forøvrig fremdeles kan styres av myndighetene.

Etterspørselsprognoser

Når alle disse punktene er på plass, har vi grunnlag for å utarbeide prognoser for reiseetterspørselen i nullalternativet. Sammen med de tilsvarende prognosene for reiseetterspørselen med tiltaket, utgjør dette det viktigste grunnlaget for å kvantifisere effektene av tiltaket. Metodene for dette spenner også fra det helt enkle til det ganske avanserte, og er emnet for kapittel 7.

Vi gjør den forenkling at vi ikke utarbeider prognoser for hvert av de kommende 25 årene, men nøyer oss med maksimalt tre ulike år, og beregner nytte og kostnader i de mellomliggende årene ved interpolasjon.

Overføringer og dobbelttelling

I nyttekostnadsanalyser er det ofte en fare for *dobbelttelling*, dvs. at vi tar med samme effekt flere ganger, men kanskje under litt forskjellige navn eller synsvinkler. Med et eksempel fra ECON (1994): Hvis et prosjekt for eksempel medfører økt bruk av bensin, er dette en kostnad for samfunnet som kan beregnes ved å bruke en passende pris på bensinen. Hvis denne prisen gjenspeiler den samfunnsøkonomiske verdien av bensin, kan vi imidlertid ikke i tillegg belaste prosjektet med at "bensin lages av en ikke-fornybar ressurs" eller at "bensinbruk gir CO₂-utslipp som er negativt for klimaet".

En annen vanlig feil er å betrakte rene overføringer mellom to parter som samfunnsøkonomiske kostnader – kanskje fordi man tar det med som en kostnad for den ene parten, men glemmer å regne det som en inntekt for den andre parten. Bilistene betaler f.eks. høye avgifter på eie og bruk av bil. Noen av disse avgiftene har til hensikt å få dem til å ta inn over seg de miljø-, ulykkes og køkostnadene som bilbruk påfører andre (bilister og tredjepart), mens andre avgifter ikke har en slik begrunnelse. Uansett er disse avgiftene en kostnad for bilistene. Men er de en kostnad for *samfunnet*? I det sistnevnte tilfellet motsvares kostnaden for bilistene av en tilsvarende inntekt for det offentlige – som også er en del av samfunnet!

(Det offentliges inntekter går i siste instans ut igjen til enkeltindividene i form av trygder, offentlige tjenester osv. Vi kan derfor si at når vi regner noe som inntekt for det offentlige i våre analyser, tar vi egentlig hensyn til at enkeltindividene har nytte av andre ting enn bare forbedret transport.) I tilfellet med miljøavgifter er saka noe mer komplisert. Avgiftene er også da kostnader for bilistene og inntekter for det offentlige. Men samtidig reduserer de bilbruken, slik at miljøkostnadene blir tilsvarende redusert.

Det mest hensiktsmessige er å føre opp alle bilavgifter *to* ganger i våre beregninger: Først som kostnad for bilistene (og som det vil de eventuelt medføre mindre bilbruk), så som inntekt for det offentlige (og som det vil de eventuelt spare andre former for skatt og avgift). Men til slutt må vi også ta med miljøeffekten av den reduserte bilbruken.

De som har kjennskap til Vegvesenets metode for nytteberegning av vegtiltak, vil merke seg at dette er ulikt det som brukes der. Der trekkes nemlig de fleste avgiftene ut som en rein overføring. Kun avgifter som skal representere miljøkostnader som ikke beregnes på annen måte, blir tatt med i regnestykket. Grunnen til forskjellen er at når vi nyttekostnadsberegner kollektivtiltak, vil vi ta hensyn til at bilbruken kan endre seg som følge av tiltaket. Hvor mye den endrer seg, avhenger av bilistenes opplevde kostnader, som jo inkluderer alle avgifter. Ser vi på reine vegtiltak, kan vi som regel se bort fra at priser, avgifter og kollektivtiltak har virkninger for bilbruken. Hva bilistene opplever av kostnader, er irrelevant så lenge de ikke antas å endre sin reiseatferd. Vi står da igjen med en rein overføring, som vi kan velge mellom å ta med to steder (som kostnad for bilistene, som inntekt for staten) eller ingen steder.

I kapittel 12 gir vi en mal for hvordan de ulike kostnadene og nyttekomponentene skal føres opp. Denne har bl.a. til hensikt å forhindre feil ved dobbelttelling og ved at reine overføringer behandles som bare kostnader eller bare inntekter.

Kostnad i samfunnsøkonomisk forstand

Vi skjønner at hva som er en kostnad i samfunnsøkonomisk forstand, ikke alltid samsvarer med hva som oppleves som en kostnad av den enkelte. Vi kan definere den samfunnsøkonomiske kostnaden ved å bruke en ressurs som det denne ressursen ville vært verd i den beste alternative anvendelsen. Hvis vi legger beslag på en ressurs i et prosjekt, forhindrer vi andre fra å bruke den til noe annet. Det disse andre maksimalt ville vært villig til å betale for å kunne bruke den sjøl, er det denne ressursen er verdt. Det er denne verdien som er den virkelige samfunnsøkonomiske kostnaden ved å benytte ressursen i prosjektet.

For å illustrere dette kostnadsbegrepet kan vi tenke oss en mann som har en ubrukt kjellerleilighet i huset sitt. Han vil muligens kunne si at det ikke koster ham noe å låne den bort til en slektning. Leiligheten står jo der, og det er lite trolig at slektingens bruk vil forringe den. Eller han kan si at det koster ham bare det lille i økt slitasje. Men den virkelige samfunnsøkonomiske kostnaden ved å innlosjere slektingen er det han maksimalt kunne fått i leieinntekt ved å by den fram på det åpne markedet. Det er den verdien han i virkeligheten går glipp av ved å innlosjere slektingen, uansett om han i utgangspunktet sløste med den verdien, og hadde tenkt å fortsette med det.

Reint praktisk betyr dette kostnadsbegrepet følgende: Dersom vi kan produsere eller importere så mye vi vil av ressursen til en fast produksjonspris, er det denne produksjonsprisen som er den samfunnsøkonomiske kostnaden. Avgifter som kommer oppå produksjonsprisen (eller prisen ved grensa) er da ikke en del av den samfunnsøkonomiske kostnaden, og må trekkes ut i nyttekostnadsanalysen. Min bruk av ressursen forhindrer jo ikke i det tilfellet noen andre fra å bruke det de vil av den ved å få produsert eller importert mer av den. Dersom disse må betale avgifter i tillegg til produksjonsprisen, og er villig til det, så er disse avgiftene en tilsvarende inntekt for det offentlige, og kan ikke regnes som en samfunnsøkonomisk kostnad. Men hvis det er umulig å få tak i mere av ressursen til samme pris, så vil min bruk av ressursen gå på bekostning av andres bruk, nemlig de som synes at den høyere prisen blir for høy. Det disse maksimalt ville vært villig til å betale for den, er det den virkelig koster samfunnet å bruke. Det vil si produksjonsprisen slik den var før jeg drev den i været, *pluss* eventuelle avgifter. Legg merke til at når min bruk virkelig fortrenger andres bruk, får ikke det offentlige noe mer avgiftsinntekter ved at jeg bruker ressursen. Det de ellers ville fått fra andre, får de nå fra meg.

Disse prinsippene er innarbeidet i anbefalingene fra Kostnadsberegningutvalget (NOU 1997:27 og 1998:16) og i Finansdepartementets veiledning (FD 2000), og er i samsvar med gjeldende praksis i Vegvesenet.

Ressurser uten markedspris

Vi må altså i nyttekostnadsanalyser av og til modifisere markedsprisene for å komme fram til den virkelige samfunnsøkonomiske kostnaden i våre beregninger. Dette vil vi også gjøre på en standardisert måte som ikke byr på praktiske problemer. Betydelig vanskeligere er det jo i prinsippet å verdsette ting som ikke har noen markedspris. Hovedgrunnen til det er at når det ikke finnes noen markedspris på et gode, er det ingen grunn til å tru at ulike individer vil verdsette godet likt. Tvert imot vil individenes betalingsvillighet for et gode de ikke kan avhende eller omsette, nødvendigvis avhenge av individuelle omstendigheter. Likevel vil vi også i dette tilfellet i størst mulig grad gjennomføre verdsettingen på en standardisert måte. I vårt tilfelle dreier det seg om goder som spart reisetid, redusert støy, reduserte luftforurensninger og redusert ulykkesrisiko.

Ikke prissatte effekter

Det vil også finnes andre virkninger som gjelder goder som ikke omsettes på noe marked – virkninger som kanskje kan kvantifiseres, men hvor vi ikke vil våge oss på *verdsetting*. Dette er effekter som er så varierende med de lokale forholdene eller med individenes subjektive oppfatninger at enhver form for standardisering blir umulig. Eksempler kan være endringer i kulturlandskapet, ødelegging av bevaringsverdige bygninger, inngrep i uberørt natur, visuelle inntrykk og estetiske verdier etc. Det ville kanskje være mulig med en konkret verdsetting av hvert enkelt tilfelle, men vi har valgt å ikke gå inn på denne forma for verdsetting. Isteden må det gis en verbal beskrivelse av effektene, supplert med en oppsummering av dem i form av en subjektiv bedømmelse av alvorlighetsgraden og omfanget av dem. Dette er det samme systemet for behandling av ikke verdsatte effekter som er i bruk i Vegvesenets nyttekostnadsanalyser av vegtiltak, og er beskrevet i Håndbok 140. Parallelt med at vår veileder har blitt utarbeidet, er det også utar-

beidet en egen veileder i behandlingen av de ikke-prissatte virkningene av kollektivtiltak (Asplan Viak 1999).

Neddiskontering

Effektene vil ikke komme samtidig, men vil være spredt over et langt tidsrom. For eksempel vil hovedtyngden av kostnadene i et infrastrukturprosjekt som regel være anleggskostnadene. Disse kommer i tid før nyttevirkningene, som først opptrer når anlegget er satt i drift. Spørsmålet oppstår da om hvordan en skal sammenlikne nyttevirkinger f.eks. på 100 000 kroner om 10 år med kostnader på 1 million kroner som kommer allerede om 2 år? Svaret er at alle nyttevirkinger og kostnader må omregnes til et felles tidspunkt, f.eks. til det tidspunktet da beregningene gjøres. Man må altså finne det kronebeløp i dag som er like mye verdt som 100 000 kroner om 10 år, og tilsvarende det beløp i dag som er like mye verdt som 1 million om to år.

Til å foreta denne omregningen kunne vi brukt en vanlig bankrente. Spørsmålet i eksemplet blir da: Hvor mye måtte vi sette i banken i dag for å ha 100 000 kroner om 10 år? Svaret på det er det beløpet i dag som er like mye verdt som å få 100 000 kroner om 10 år. Og hvor mye måtte vi låne i banken i dag for å skylde 1 million om 2 år? (Gitt at vi ikke betaler renter på lånet i mellomtida). Svaret på det er det beløpet i dag som er like mye verdt som minus 1 million om 2 år. Denne forma for omregning kaller vi *neddiskontering*. Det er metoden til å sammenlikne beløp som kommer på ulike tidspunkter.

Nå bruker vi ikke den vanlige bankrenta til neddiskontering i nyttekostnadsanalyser, men en såkalt *kalkulasjonsrente*, som på en bedre måte skal svare til samfunnets avveining mellom inntekter i dag og i morgen. Lenge var denne fastsatt av Finansdepartementet til 7%. Departementet har imidlertid kommet med retningslinjer som trådte i kraft 1. januar 2000 med en overgangsperiode på inntil ett år. (Rundskriv R-14/99, som finnes på Finansdepartementets internettsider.) Der anbefales en kalkulasjonsrente på mellom 4 og 8%, der 3,5% representerer samfunnets avveining mellom et beløp idag og et *helt sikkert* beløp som kommer om ett år, mens 0,5 – 4,5% representerer en *risikopremie* på toppen av dette for å ta hensyn til at den framtidige gevinsten ikke er helt sikker. Den høyeste risikopremien skal brukes på prosjekter som gir høy avkastning når resten av samfunnet går godt. Veginvesteringer er av den typen, siden bilbruken – og dermed trafikan-tenes nytte av vegen – går opp når bruttonasjonalproduktet går opp. Den midterste risikopremien skal brukes på prosjekter der nyttevirkingen i mindre grad er konjunkturfølsom. Kollektivprosjekter er av denne typen. Vi vil bruke en kalkulasjonsrente på 6% på nytte og kostnader i kollektivsystemet i våre nyttekostnadsanalyser av kollektivtiltak. Risikopremien på 0,5% gjelder tiltak som er upåvirket av økonomiske forhold, slik som eldreboliger.

Samferdselsetatene anbefalte for en tid siden 5% for vegtiltak og 4% for kollektivtiltak. Til tross for at dette virker lavt, vil vi legge denne anbefalingen til grunn i denne veilederen og inntil videre.

Nåverdi

Når vi har neddiskontert alle nytteelementer og kostnader til det samme sammenlikningstidspunktet, kan vi addere alle de neddiskonterte nytteelementene og

trekke fra alle de neddiskonterte kostnadselementene. Det resultatet vi da får, kaller vi tiltakets *nåverdi*. Hvis nåverdien er positiv, er tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt, mens negativ nåverdi naturligvis betyr at tiltaket er samfunnsøkonomisk ulønnsomt.

Netto nåverdi pr budsjettkrone (nyttekostnadsbrøken)

Dette kunne vært enden på historien hvis samfunnet hadde råd til å gjennomføre alle samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak samtidig. Det har vi ikke. Vi må holde oss innenfor gitte budsjetttrammer for den enkelte etat. I den situasjonen bør vi ikke nødvendigvis prioritere tiltakene etter hvor stor nåverdi de har. Det er jo mulig at mange små prosjekter med beskjeden, men positiv nåverdi samlet sett gir den høyeste nåverdien innafor den gitte budsjetttramma. Det viser seg at i denne situasjonen får vi det beste samlede resultat ved å prioritere prosjektene etter *nyttekostnadsbrøken*, som er nåverdien delt på det beløpet som tiltaket belaster budsjetttramma med. (Se Minken 1998). Dette er begripelig: På den måten får vi størst mulig nåverdi pr. bevilget budsjettkrone. Når nyttekostnadsbrøken er beregnet med nåverdien over brøkstreken og nåverdien av budsjettvirkningen under brøkstreken, kaller vi den netto nåverdi pr budsjettkrone.

Krav til presentasjonen av analysen

Med beregning av nåverdien og nyttekostnadsbrøken (netto nåverdi pr. budsjettkrone) er nyttekostnadsanalysen ferdig. Det gjenstår bare å presentere resultatet for allmennheten på en måte som viser hva vi har gjort. Vi må regne med at beslutningstakerne og interesserte parter ikke uten videre aksepterer beregningene uten at de har skjönt hvordan de har foregått, og uten at de har muligheten til å kontrollere dem.

ECON (1994) angir fem krav til presentasjonen av resultatene:

- *Oversiktlighet*. Analysen må presenteres på en måte som gjør det lett å få oversikt over problemstillingen, hvilke effekter som er tatt med, hvor store de er og hva som er konklusjonen.
- *Forståelighet*. Det må ikke være tvil om hvordan analysen er gjennomført og hvilke prinsipper som er lagt til grunn.
- *Dokumentasjon*. Gjør rede for de sentrale forutsetningene, datakildene og bakgrunnsdokumentene som er brukt.
- *Etterprøvnbarhet*. En kompetent person som vil gjøre analysen om igjen for å kontrollere den, skal ideelt sett ha mulighet til det på grunnlag av opplysningene vi har gitt.
- *Sammenliknbarhet*. Man bør ta hensyn til at tiltaket vi har beregnet, skal sammenliknes med andre tiltak.

I tillegg framholder kostnadsberegningensutvalget at man skal kunne se hvilke grupper som får de ulike nyttelementene og kostnadene. Dette er en hjelp for dem som f.eks. ønsker å prioritere bestemte grupper, eller som mener at visse effekter skulle hatt en annen verdsetting. Det er nemlig fullt tillatt og lovlig for den enkelte å legge andre forutsetninger til grunn ved bedømmelsen av tiltaket enn den kon-

sumentsuvereniteten nyttekostnadsanalysen bygger på eller den standardiserte verdsettingen vi bruker på de ikke markedsomsatte godene.

I kapittel 12 introduserer vi et presentasjonsopplegg som skal ivareta alle disse hensynene.

HUSK: En nyttekostnadsanalyse skal være en hjelp til å fatte kloke demokratiske beslutninger, ikke et ubegripelig teknokratisk fasitsvar på hva som bør gjøres.

2 Noen grunnbegreper i nyttekostnadsanalyse

Dette kapitlet utdyper nærmere noen av hovedbegrepene i nyttekostnadsanalyse: *konsumentoverskuddet* og den spesielle måten å beregne det på som vi kaller *trapesformelen*, kriteriene for prosjektvalg (*nåverdi* og *netto nåverdi pr. budsjett-krone*), *skyggeprisen på offentlige midler* og de såkalte *eksterne kostnadene*. Deler av kapitlet er mer teoretisk enn resten av veilederen, men det bør ikke være vanskelig å få tak i hovedlinjene i framstillingen.

2.1 Hensikten med nyttekostnadsanalyser

Målet med en nyttekostnadsanalyse er å bestemme hvilket som er best av to eller flere prosjekter. Siden prosjekter vil kunne ha ulike konsekvenser for ulike personer er spørsmålet: Best for hvem? Det er underforstått at svaret på dette er "Best for samfunnet". Nyttekostnadsanalyser er (eller pretenderer på å være) en metode til å avgjøre hva samfunnet foretrekker, dvs hvordan samfunnet bør prioritere.

I dette ligger at en nyttekostnadsanalyse både må kunne bestemme hvordan den enkelte vurderer konsekvensen av ulike prosjekter, og hvordan de enkelte vurderinger til sammen skal sies å utgjøre samfunnets vurdering. For den enkelte har man et *måleproblem*, og totalt har man et *sammenveiingsproblem*.

Måleproblemet er spørsmålet om hvordan den enkeltes nytteøkning av et prosjekt kan bestemmes. (Hvis nytten er negativ blir det en kostnad). Sammenveiingsproblemet er hvordan nyttene skal sammenveies. I de følgende avsnitt vil vi beskrive hvordan disse problemene er løst i teorien for nyttekostnadsanalyser. Å gå særlig dypt i teorien er det ikke anledning til. Det betyr at *problemene* i teorien bare nevnes såvidt. Men det er tross alt viktig at de nevnes.

Naturlig nok begynner vi med måleproblemet.

2.2 Hvordan kan man måle nytte?

Måling av personers nytte gjøres med utgangspunkt i økonomisk velferdsteori. I denne teorien er utgangspunktet at nytten av noe for en person bestemmes av dennes subjektive vurdering. Den subjektive vurdering er imidlertid ikke absolutt, men relativ. Personen kan si hva han foretrekker når han stilles ovenfor et valg, f. eks. at han foretrekker to pærer og ett eple fremfor en pære og to epler, men han kan ikke si hvor mye han ønsker et eple.

I økonomisk teori har en person en inntekt som han kan kjøpe goder (varer og tjenester) for og utallige kombinasjoner varer og tjenester som kan kjøpes. Med gitte priser velger han den godekombinasjon han foretrekker blant alle dem han

har råd til. Hvis prisen på et gode var en annen, ville den valgte godekombinasjon ha vært en annen.

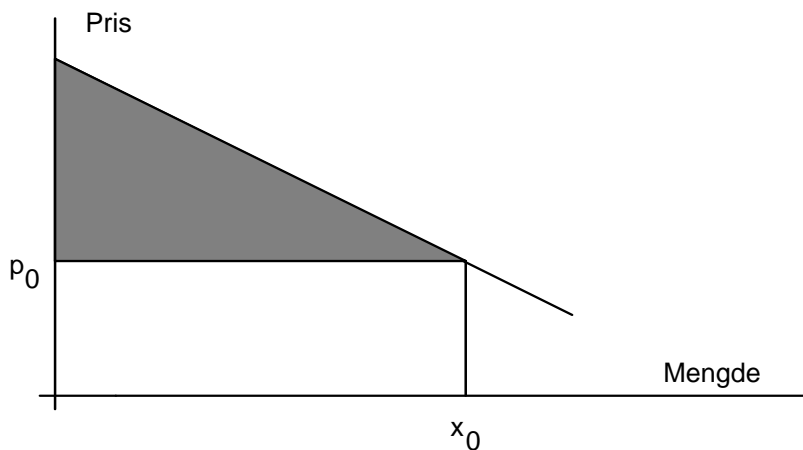
Normalt vil det være slik at hvis prisen på et gode senkes, så vil personen velge å kjøpe mer av dette godet. Det kan da defineres en *etterspørselsfunksjon* som sier hvor meget av godet en person vil kjøpe som funksjon av prisen. Med utgangspunkt i etterspørselsfunksjonen defineres et mål for personers nytte som er vanlig å anvende i nytte-kostnadsanalyser, nemlig konsumentoverskuddet.

2.2.1 Konsumentoverskudd

Når noen kjøper et gode, kan vi ta det som bevis på at den nytten han har av godet, målt i penger, er minst like stor som det godet koster. Ellers ville han vel ikke ha kjøpt det? Konsumentoverskuddet for et enkelt individ kan defineres som differensen mellom det offer som kjøperen vil være villig til å yte for å få godet og den pris som han betaler.

Dette kan illustreres figur 2.1. Figuren viser etterspørselsfunksjonen. Ved prisen p_0 kjøper individet mengden x_0 av godet. Hvis prisen hadde vært høyere enn p_0 , ville individet ha kjøpt en mindre mengde av godet. Han ville ikke helt slutte å etterspørre godet, men siden han har et begrenset budsjett, ville han utvilsomt innskrenke sitt kjøp. For alle enheter av godet bortsett fra den siste enheten (den marginale enheten, sier økonomene) er *betalingsvilligheten* større enn prisen som betales. Det er denne forskjellen som er kilden til konsumentoverskuddet.

Figur 2.1.



Teknisk kan konsumentoverskuddet beskrives som et integral. Etterspørselsfunksjonen gir en sammenheng mellom pris og mengde som betegnes $p(x)$. For hver mulig mengde x er forskjellen mellom hva personen er villig til å betale og den faktiske prisen gitt ved $p(x) - p_0$. Konsumentoverskuddet fås ved å integrere

over godemengden x fra 0 til x_0 hvor x_0 er mengden som etterspørres ved prisen p_0 . Konsumentoverskuddet er altså gitt ved :

$$CS = \int_0^{x_0} (p(x) - p_0) dx$$

CS er avledet av det engelske navnet for konsumentoverskudd, consumer surplus.

I figuren angir det mørke området konsumentoverskuddet.

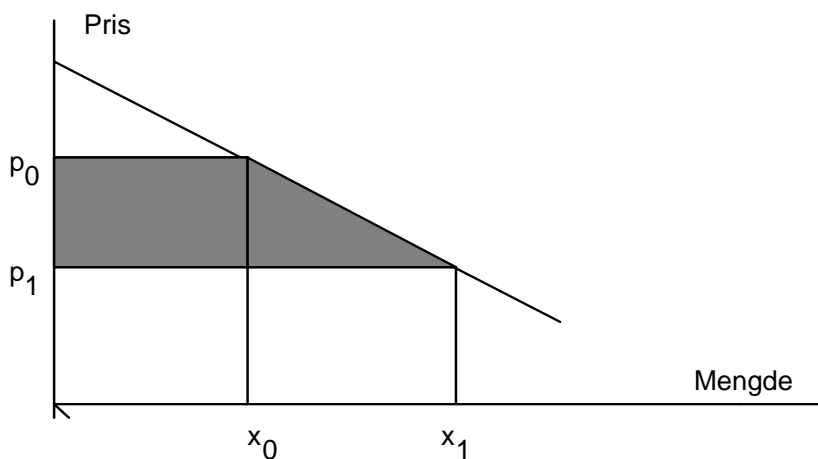
Legg merke til at enheten for konsumentoverskuddet er pris x mengde, dvs et pengebeløp. *Konsumentoverskuddet er derfor en måte å regne om nytte til penger.*

Se nå en gang til på den første figuren. Vi tolket den som etterspørselsfunksjonen og konsumentoverskuddet til et enkelt individ. Vi kan imidlertid også tolke den som den samlede (aggregerte) etterspørselsfunksjonen til mange individer som hver bare kjøper en enhet av godet. Ordner vi individene etter hvor ivrige de er etter å skaffe seg godet, framkommer det en fallende etterspørselskurve, akkurat som i figuren. Ved en høy pris er det bare de ivrigste som kjøper, men jo lavere pris, jo flere er det som sier til seg sjøl at den nytten jeg vil ha av godet, overstiger det jeg må betale. Summerer vi over individene, vil deres samlede betalingsvilje minus det de må betale, igjen bli det mørke arealet, eller konsumentoverskuddet CS.

Dette vil være vår vanlige tolkning når det gjelder reiser. I et lite tidsrom vil hvert individ i høyden rekke å gjøre en reise. Figuren kan altså representere den aggregerte etterspørselskurva og trafikantenes samlede konsumentoverskudd ved reiser i dette lille tidsrommet.

Ved et prosjekt er det endringen i konsumentoverskuddet som er av interesse. Endringen i konsumentoverskudd ved en prisendring fra p_0 til p_1 er illustrert i neste figur.

Figur 2.2.



Forandringen i konsumentoverskudd er definert som :

$$\Delta CS = \int_0^{x_1} (p(x) - p_1) dx - \int_0^{x_0} (p(x) - p_0) dx$$

Dette kan omformes til²:

$$\Delta CS = \int_{p_1}^{p_0} x(p) dp$$

La oss nå igjen vende tilbake til tolkningen av figurene som uttrykk for etterspørselen og konsumentoverskuddet til et enkelt individ. Konsumentoverskuddet for alle individer i et marked kan da finnes ved å summere konsumentoverskuddene til hvert av dem. I praksis gjør vi ikke det, men beregner konsumentoverskuddet på samme måte som ovenfor ved å bruke markedets etterspørselskurve (den aggregerte etterspørselskurva) i stedet for individets. Markedets etterspørselskurve fås ved for hver pris å summere de etterspurte mengder over personer.

Konsumentoverskuddet beregnet på grunnlag av aggregerte etterspørselsfunksjoner er fra et teoretisk synspunkt forbundet med problemer. En slik beregning lar seg bare gjøre under bestemte forutsetninger om en viss samstemthet blant alle individene, se nedenfor. Det er like fullt det vanlige mål som brukes for nyttevirkningene av endringer når etterspørselsfunksjoner er kjent eller kan estimeres.

2.2.2 Trapesregelen

I våre figurer er etterspørselsfunksjonen lineær. Det behøvdde den ikke ha vært. Vi ser imidlertid at i det lineære tilfellet er endringen i konsumentoverskuddet et trapes. Ut fra formelen for arealet av et trapes kan vi da straks sette opp følgende uttrykk for endringen i konsumentoverskuddet:

$$\Delta CS = \frac{1}{2}(p_0 - p_1)(x_0 + x_1)$$

² Regner vi ut det uttrykket som er gitt for ΔCS , får vi $\Delta CS = (p_0 x_0 - p_1 x_1) + \int_{x_0}^{x_1} p(x) dx$.

Anta at den inverse av funksjonen $p = p(x)$ er $x = x(p)$. Vi skifter variabel i integralet og får

$$\int_{x_0}^{x_1} p(x) dx = \int_{p_0}^{p_1} p x'(p) dp$$

Delvis integrasjon av det sistnevnte integralet gir

$$\int_{p_0}^{p_1} p x'(p) dp = (p_1 x_1 - p_0 x_0) - \int_{p_0}^{p_1} x(p) dp$$

Skift øvre og nedre grense for integrasjonen i dette

siste integralet og bytt fortegn, så framkommer resultatet nedenfor. Det kan også sees av diagrammet.

Hvis etterspørselsfunksjonen ikke krummer for mye, eller hvis endringen i prisen ikke er for stor, vil trapesregelen gi en god tilnærming til den virkelige endringen i konsumentoverskuddet. Vi skal i denne veilederen nesten utelukkende holde oss til denne måten å beregne endringen i konsumentoverskuddet på. Samtidig skal vi bruke følgende terminologi: I stedet for det tungvinte ”endring i konsumentoverskuddet” sier vi rett og slett bare ”konsumentoverskuddet”. Dette kan ikke misforstås, for vi vil sjelden beregne det absolutte nivået på konsumentoverskuddet, men som regel bare endringen fra et nullalternativ til et tiltaksalternativ. Ofte vil vi også bruke uttrykket ”trafikanntytte” som synonymt med konsumentoverskuddet (konsumentoverskuddsendringen).

I ett bestemt tilfelle vi trapesregelen være skummel å bruke. Det er hvis tiltaket vårt går ut på å opprette et helt nytt marked, f.eks. sette opp buss der det tidligere ikke fantes. I det tilfellet er det det absolutte konsumentoverskuddet som er relevant, siden vi kan tenke oss at prisen i nullalternativet da er uendelig. Forma på etterspørselskurva blir da av vesentlig betydning, og vi bør ikke uten videre anta at den er lineær.

2.3 Aggregering av nytteverdier

2.3.1 Et felles velferds mål for hele samfunnet?

Som nevnt innledningsvis er formålet med en nytte-kostnadsanalyse å avgjøre om et prosjekt eller tiltak lønner seg for samfunnet eller "for oss alle". Imidlertid kan det neppe gjøres noen forandring som alle tjener på. I praksis vil prosjekter medføre at noen tjener og noen taper. En gang- og sykkelvei ses som positivt av alle unntatt de som må avgi grunn ved ekspropriasjon. En ny vei reduserer kjøretida, men skaper støy og forurensning for de som bor nær veien. Og selv når alle ser virkningene av prosjektet som positive, vil noen kunne synes at det ikke er verdt å bruke offentlige midler til prosjektet. For å bestemme den totale nytten ved prosjektet må det derfor finnes en måte å vurdere alle de ulike virkninger av det.

Vi antar nå at det har lyktes å verdsette alle vesentlige konsekvenser av tiltakene vi ser på, slik de oppleves av det enkelte individ. For å kunne finne et felles, samlende mål for velferdsendringen for hele samfunnet når tiltak blir gjennomført – et mål som kan anvendes i alle situasjoner – må vi enten

- a) ha et sett av meget klare og sterke verdivurderinger som gjør det mulig for oss å bedømme hvilken vekt som skal tillegges nytteendringen for hvert av de berørte individene, eller
- b) gjøre sterke forutsetninger om etterspørselen etter de godene som berøres av tiltaket. Kort sagt må den aggregerte etterspørselen etter de berørte godene kunne utledes av et nyttemaksimeringsproblem – det vil si at hele samfunnet oppfører seg i praksis som det var ett eneste nyttemaksimerende individ.

Å velge alternativ (a) er å begi seg inn i den reineste subjektivismen. Spørsmålet blir altså når det er realistisk å anta (b). Hvis vi antar (b), følger det at en krone ekstra vil bli brukt på den samme måten, uansett hvem vi gir den til (Varian 1992, avsnitt 9.4). Individene må altså være ganske så samstemte (men ikke nødvendigvis helt like).

Det finnes et alternativ til. Hvis vi er istand til å si at inntektsfordelingen (eller mer generelt fordelingen av alle resurser, både inntekter og miljøgoder) er slik som vi vil ha den, så vil konsumentoverskuddet under de aggregerte etterspørselskurvene være et godt mål på samfunnets velferdsforbedring ved et tiltak som bare forandrer denne idelle situasjonen bitte lite grann. I dette alternativet har vi altså ikke et velferdsmål som kan brukes i alle situasjoner, men bare i omegnen rundt en ideell inntektsfordeling.

Når vi altså driver nyttekostnadsanalyse på den måten vi skal gjøre ut fra denne veilederen, så er vi enten av den oppfatning at inntektsfordelingen er noenlunde riktig og våre tiltak betyr relativt lite for den enkelte, eller så antar vi at alle individer som er inkludert i analysen, har en tendens til å fordele sitt forbruk på samme måte på marginen.

Samferdselsprosjekter som ikke berører vesentlige miljøgoder og som ikke forverrer forholdene vesentlig for noen enkeltindivider, vil formodentlig kunne belyses på en god måte ved nyttekostnadsanalyse. Prosjekter som ikke oppfyller dette, vil likevel kunne belyses ved nyttekostnadsanalyse, men vi kan da ikke lenger aggregere nytte og kostnad over alle individer uten å regne med at det kan være kontroversielt. Dette er grunnen til at vi søker å vise *hvem* (hvilke grupper) som får nytten og hvem som får kostnadene i våre analyser.

2.3.2 Trapezformelen anvendt på aggregert etterpørsel

Når vilkårene under punkt (b) i forrige avsnitt er tilstede, er det også mulig å bruke konsumentoverskuddet under den *aggregerte* etterspørselskurva som et mål på alle individenes samlede nytte av dette godet. Dette er den vanlige framgangsmåten i nyttekostnadsanalyser av samferdselstiltak, og vi skal bruke den i alle våre analyser av kollektivtiltak. Vi bruker videre den tilnærminga til det virkelige konsumentoverskuddet som ligger i trapesformelen.

Det ligger altså to tilnærminger i den metoden for beregning av trafikantnytte som vi anvender: Først regner vi summen av alle trafikantenes konsumentoverskudd til å være tilnærmet lik konsumentoverskuddet under den aggregerte etterspørselskurva, og deretter antar vi at den er lineær i den området vi betrakter, slik at trapesformelen kan anvendes.

Det er forsvarlig å bruke disse tilnærmingene i analyser av reisemarkeder, men med ett unntak: Hvis vi ser på et helt nytt transporttilbud, dvs. et reisemarked som ikke eksisterte tidligere, bør vi ikke bruke trapesformel-tilnærmingen.

Det er mer tvilsomt å bruke disse tilnærmingene i ”markeder” for miljøgoder. I stedet for konsumentoverskuddet slik vi har definert det, vil begrepene kompensende og ekvivalent variasjon stå sentralt ved endringer i miljøgoder. Vi går ikke inn på dette i denne veilederen, men henviser til miljøøkonomisk litteratur.

2.4 Nåverdi, nettonytte og nyttekostnadsbrøk

Dette avsnittet tar opp viktige grunnbegreper for beregninger i nyttekostnadsanalyser, nemlig nåverdi, nettonytte og nyttekostnadsbrøk (nettonytte pr. budsjettkrone).

2.4.1 Nåverdi

De fleste tiltak eller investeringer gir gevinster over flere år. Gevinster i fremtiden regnes imidlertid ikke som like verdifulle som gevinster i dag. Dette er fordi inntekter i dag kan reinvesteres og gi større inntekter i fremtiden, men også fordi forbruk i dag normalt foretrekkes fremfor forbruk i morgen.

Fremtidige gevinster diskonteres derfor til en verdi i dag med en gitt rente r som gjenspeiler hvor meget mindre en gevinst om et år ansees å være enn en gevinst om et år. En gevinst b_i (b for benefit) et visst antall år i fram i tida vurderes derfor i dag til:

$$\frac{b_i}{(1+r)^i}$$

Man sier at det neddiskonteres med renten r .

Anta at planleggingsperioden eller analyseperioden er n år. Hvis vi investerer I kroner i dag, gevinsten (kr) i år i er b_i og restverdien av investeringen ved slutten av analyseperioden er R , er netto nåverdi av denne investeringen gitt ved:

$$NNV = -I + \frac{b_1}{(1+r)} + \frac{b_2}{(1+r)^2} + \frac{b_3}{(1+r)^3} \dots + \frac{b_n}{(1+r)^n} + \frac{R}{(1+r)^n}$$

eller ved bruk av summeformel:

$$NNV = -I + \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{(1+r)^i} + \frac{R}{(1+r)^n}$$

Nåverdien betegnes som netto fordi investeringskostnaden er trukket fra.

Generelt skal alle inntekter eller utgifter, nyttevirksomheter eller kostnader gjøres om til nåverdi i nytte-kostnadsanalyser.

Betydningen av neddiskonteringen avhenger av renten r . Jo større rente, jo mindre betyr fremtiden. Valget av rente er derfor viktig og må være begrunnet. Valg av rente er behandlet allerede i kapittel 1.

2.4.2 Netto nåverdi og netto nåverdi per budsjettkrone

Netto nåverdi av et prosjekt eller tiltak er differensen mellom nåverdien av alle nyttevirksomheter og nåverdien av alle kostnader. Betegnes disse med henholdsvis B og C er netto nåverdi gitt ved:

$$NNV = B - C$$

For at et tiltak skal være lønnsomt må netto nåverdi være større enn null.

I mange tilfeller vil det være budsjettbeskrankninger som gjør at ikke alle lønnsomme prosjekter kan settes igang. I det tilfellet har vi bruk for netto nåverdi per budsjettkrone, som er definert ved:

$$NNB = \frac{NNV}{K} = \frac{B - C}{K}$$

Her er K den del av kostnadene som må tas fra det aktuelle budsjettet. K inngår følgelig i C, men utgjør ikke nødvendigvis hele C. Andre etater eller personer kan også bære deler av kostnadene.

2.5 Kriterier for valg av prosjekter

Det enkleste tilfellet for bruk av nyttekostnadsanalyser er hvor det skal avgjøres om et enkelt prosjekt bør igangsettes eller ikke. Fra et nyttekostnadsanalyse-synspunkt er dette hvis prosjektet er lønnsomt, dvs hvis nytten er større enn kostnadene. Prosjektet bør altså igangsettes dersom de viktigste konsekvensene har latt seg verdsette og:

$$NNV = B - C > 0$$

Her er NNV nettonytten, B (brutto)nyttens og C kostnadene. Siden både nytte og kostnader for et prosjekt forventes å påløpe gjennom flere år, må både B og C oppfattes som nåverdien av nytte- og kostnadsstrømmer. NNV betegnes derfor også som netto nåverdi. Dersom fordelingen over tid er forskjellig for nytte og kostnader, vil fortegnet på nettonytten kunne avhenge av diskonteringsrenten.

Også hvis flere prosjekter skal vurderes, er nettonytten det riktige kriteriet så lenge det ikke er noen budsjettrestriksjoner. Alle prosjekter med positiv nettonytte bør gjennomføres (igjen forutsatt at de viktigste konsekvensene har latt seg verdsette).

I praksis vil det være budsjettrestriksjoner for den etat som vurderer tiltak. Når flere prosjekter er aktuelle, kan det være at lønnsomme tiltak ikke kan gjennomføres på grunn av mangler på midler. Det korrekte er da å prioritere etter netto nåverdi pr budsjettkrone, som Finansdepartementets veileder (Finansdepartementet 2000) definerer slik:

$$NNB = \frac{NNV}{\text{nåverdi av alle utbetalinger innenfor den knappe budsjetttrammen}}$$

Når tiltak eller prosjekter skal velges, velges de da etter NNB så lenge det er midler igjen på budsjettet.

Netto nåverdi pr budsjettkrone ble tidligere kalt nyttekostnadsbrøken. Grunnen til navneskiftet er at nyttekostnadsbrøken tidligere ofte ble definert feil. Men det er grunn til å påpeke at samferdselsetatenes definisjoner av nyttekostnadsbrøken stort sett var ekvivalente med de nye NNB.

Vegdirektoratets variant av formelen over ser ut som følger:

$$NNB = \frac{N - (I^* + \Delta D^* + \Delta F^*) + R^*}{I + \Delta D + s \cdot \Delta F}$$

Her er I investeringskostnaden, ΔD er økningen i driftskostnader (i forhold til ikke å gjennomføre prosjektet), ΔF økning i ferjekostnader og R er restverdien ved planleggingsperiodens utløp. En stjerne (*) betyr at kostnaden er regnet uten merverdiavgift. s er tilskuddsandelen i ferjedrifta. I nevneren, som representerer etatens utlegg, er det regnet med moms. Kostnadskomponentene i telleren er regnet uten. Alle størrelser er nåverdier.

Ofte er det investeringsbudsjettet som utgjør budsjettskranken, siden mulighetene til å overføre midler mellom investering, drift og vedlikehold er begrenset. Enda oftere er det budsjettet til den etat som er tiltakshaver som antas å være begrenset. Men i forbindelse med kollektivprosjekter, og mer generelt alle prosjekter der flere offentlige etater gjerne er involvert, virker det mer naturlig å anta at det er budsjettet til *samferdselssektoren som helhet* som er begrenset, og at midlene innen dette budsjettet lar seg overføre mellom investering og drift. Dette vil være vårt utgangspunkt.

Hvis vi definerte nåverdien pr. budsjettkrone i forhold til budsjettet for bare en etat (tiltakshaver), ville etatene og fylkene kunne påføre hverandre eksterne kostnader ved å gjennomføre prosjektene de sjøl hadde ansvar for etter fallende nåverdi pr. budsjettkrone (fallende nyttekostnadsbrøk). Istedet må vi gå ut fra at etatene vil samarbeide om en felles liste av prosjekter, og at de søker å oppnå størst mulig samlet nåverdi når prioriteringen av prosjektene foretas. Hvis dette ikke er mulig uten en omfordeling av budsjettet mellom etatene og fylkene, vil en slik omfordeling finne sted. Likeledes vil vi gå ut fra at overføring mellom drifts- og investeringsbudsjettet i den enkelte etat er mulig. *Under disse forutsetningene* kan vi bruke samferdselssektorens samlede budsjett som skranke, og da vil alle utbetalinger som berører samferdselssektorens samlede budsjett måtte føres opp under brøkstreken. Hvis disse forutsetningene *ikke* skulle være tilstede, vil en samfunnsøkonomisk riktig prioritering mellom prosjekter by på atskillig mer kompliserte problemer, og bruk av nåverdi pr. budsjettkrone vil bli feil, uansett hva vi setter under brøkstreken (Minken 1998, Eriksen et al 1998).

Vi fremmer følgende følgende formel for netto nåverdi per budsjettkrone:

$$NNB = \frac{N + (1 + \lambda)(SKA - I - \Delta D_{off} + (\Delta E_{op} - \Delta D_{op})) + R^*}{vI + \Delta D_{off} \div (\Delta E_{op} - \Delta D_{op})}$$

Størrelsene i formelen er definert som følger:

N = Nåverdi av privat nytte, dvs. av sum av økning i konsumentoverskudd for trafikantene, økt overskudd for operatørselskaper som ikke driver tjenester som er gjenstand for offentlig kjøp eller mottar aktivitetsavhengige subsidier fra det offentlige, reduserte miljøkostnader, ulykkeskostnader og andre kostnader som ikke bæres over offentlige budsjetter.

λ = skyggeprisen på offentlige midler, settes til 0,2 (se avsnitt 2.7).

SKA = økning i offentlige inntekter på grunn av prosjektet. Dette omfatter økte momsinnntekter fra anleggsaktiviteten og drift av anlegget, økte skatter fra operatørselskapene, og økte avgifter fra trafikantene på grunn av endringene i trafikken. I stedet for å "rense" anleggskostnadene og driftskostnadene for avgifter slik stjernetegnet (*) i vegvesenets formel ovenfor viser, fører vi altså alt brutto i vår formel, og samler det nødvendige fratrukket i SKA.

I = Nåverdi av investeringskostnader.

ΔD_{off} = Nåverdi av økte drifts- og vedlikeholdskostnader for vegvesenet, jernbaneverket, fylkeskommunen eller andre offentlige etater.

ΔE_{op} = Nåverdi av økte inntekter for operatørselskaper som mottar aktivitetsavhengig (produksjonsavhengig) offentlig støtte eller driver tjenester som er gjenstand for offentlig kjøp, dersom eller i den grad vi kan anta at de økte inntektene vil føre til reduserte offentlige tilskudd, eller at det økte overskuddet tilfaller det offentlige.

ΔD_{op} = Nåverdi av økte kostnader for operatørselskaper som mottar aktivitetsavhengig (produksjonsavhengig) offentlig støtte eller driver tjenester som er gjenstand for offentlig kjøp, dersom eller i den grad vi kan anta at de økte kostnadene vil bli dekket av økte offentlige tilskudd.

R^* = Nåverdi av restverdi av anlegget, verdsatt til den virkelige samfunnsøkonomiske kostnaden, dvs. renset for avgifter.

v = andelen av anlegget som bekostes av det offentlige.

Stjerna (*) betyr at det regnes samfunnsøkonomiske kostnader. Nevneren inneholder de budsjettutleggene som samferdselsetatene faktisk vil ha, inklusive f.eks. moms, og er følgelig ikke merket med stjerne. Telleren inneholder heller ikke noen variable med stjerne, unntatt R^* . Det er fordi den virkelige samfunnsøkonomiske kostnaden av ressursbruken framkommer som differansen mellom de umerkede variablene og skatteinntektsøkningen SKA.

Implisitt i bruk av denne formelen ligger altså at det er et felles budsjett for investeringer og drift. Hvis dette ikke er tilfellet, og bare investeringsbudsjettet er begrensende, kan det midterste leddet i nevneren sløyfes. En har altså da antatt at det alltid vil ordne seg med driftsbudsjettet.³ Hvis omfanget av offentlig kjøp eller støtte antas å være upåvirket av tiltaket, faller også det siste leddet vekk. Eventuelt kan man skjønnsmessig regne med at det offentlige dekker en andel s av det økte underskuddet.

³ En slik antakelse er vanlig når prosjekter prioriteres, men kan også føre til store skadevirkninger for kollektivtransporten, fordi de nødvendige driftsmidlene seinere viser seg å ikke kunne skaffes.

For at et tiltak i det hele tatt skal komme i betraktning bør netto nåverdi være positiv. Prosjekter som da kommer i betraktning, rangeres etter netto nåverdi pr. krone.

Både teller og nevner i uttrykket for netto nåverdi pr. krone kan bli negativ. Hvis teller er positiv og nevner negativ, betyr dette at en samfunnsmessig gevinst kan oppnås samtidig som samferdselsetatene reduserer kostnadene. Slike tiltak bør prioriteres først, siden de faktisk frigir midler til andre prosjekter. Hvis både teller og nevner er negative, bør ikke tiltaket gjennomføres, siden netto nåverdi er negativ. Det vil da kunne finnes bedre måter å øke samferdselsetatenes budsjetter på.

Enkelte ganger kan man være tvunget til å prioritere mellom alternativer som alle har negativ nåverdi. Så lenge årlig nytte er positiv, kan vi bruke netto nåverdi pr. budsjettkrone også til slik prioriteringer.

I noen tilfeller kan det være lønnsomt å vente med et tiltak. En vurdering av gjennomføringstidspunktet for tiltak er følgelig også en del av nyttekostnadsanalysen. Dette håndteres ved å betrakte det samme tiltak igangsatt på ulike tidspunkter som ulike tiltak og prioritere etter netto nåverdi per krone. Se kapittel 10.

2.6 Nyttekostnadsarter

Et tiltak eller et prosjekt har konsekvenser av ulik art. Grovt sett kan vi inndele konsekvensene av samferdselsprosjekter i monetære konsekvenser (prosjekter gir individer, bedrifter og det offentlige økte innbetalinger eller utbetalinger), konsekvenser for tidsbruken (prosjektet endrer tidsbruken til individer), konsekvenser for ulykker og miljøkonsekvenser. Konsekvensene framkommer etter at individene og bedriftene har tilpasset seg den nye situasjonen. For individene kan de da oppsummeres og måles som en endring i konsumentoverskuddet i ett eller flere markeder. For bedriftene kan de oppsummeres og måles som en endring i overskuddet. For det offentlige kan de oppsummeres som en endring i finansieringsbehovet. Ulykkes- og miljøkonsekvensene faller jo også på individene, bedriftene og det offentlige, men vi velger å holde dem separat fra de andre konsekvensene.

Vi kan da snakke om følgende nyttekostnadsarter: endring i konsumentoverskudd, endring i bedriftenes overskudd, endring i det offentlige finansieringsbehov og endring i ulykkes- og miljøkostnader. Vår nyttekostnadsanalyse vil bestå i å beregne hver av disse nyttekostnadsartene for seg og addere.

Legg merke til at den totale endringen i tid brukt til transport, eller den totale endringen i penger brukt til transport, ikke har noen plass i en slik sammenregning. Det er den neddiskonterte netto nytten av den endrede ressursbruken for hvert av individene, for hver av bedriftene og for det offentlige og tredjepart som har betydning for vår samfunnsøkonomiske vurdering av tiltaket. Den kan være positiv sjøl om det medgår flere ressurser *med* tiltaket enn uten. Hvis trafikantene, bedriftene, det offentlige og tredjepart er fornøyd, eller kan bringes til å være fornøyd ved at vinnerne kompenserer taperne, bør vi være fornøyd. Hvis noen av dem bruker mer ressurser til transportformål enn før, men oppnår større netto nytte ved det, bør vi ikke sette opp ressursparing i transportsektoren som samfunnets overordnede mål.

Det vesentlige for dette argumentet er nok hvordan vi definerer ordet tredjepart, som dukket opp i forrige avsnitt. Det bør på en eller annen måte inkludere framtidige generasjoner, dvs. at vi setter en pris på ressursene som også gjenspeiler den verdien de vil ha for framtidige generasjoner.

2.7 Skyggeprisen på offentlige midler

I et samfunnsøkonomisk effektivt marked skal prisen være lik grensekostnaden. Skatter og avgifter fører imidlertid til at prisen blir høyere enn dette. Inntektskatten fører til at arbeidskraft som kunne skapt verdier minst like store som nettolønna, ikke alltid blir brukt, siden det koster arbeidsgiveren mer enn nettolønna å ansette en arbeider. På samme måte fører avgiftssystemet til at varer som forbrukeren kunne hatt en nytte av, ikke blir solgt, med mindre denne nytten overstiger produksjonskostnaden pluss avgifta. Individene kunne fått større samlet nytte ut av lønningsposen hvis prisene hadde reflektert hva det virkelig kostet å produsere varene og tjenestene, dvs. grensekostnaden.

Uansett hvilke vitale behov skattene blir brukt til å dekke, er det derfor et faktum at de *også* fungerer til å gjøre *markedene* mindre effektive til å øke samfunnets velferd enn de ellers kunne vært. Derfor er skatte kroner dyre penger. Hver krone brukt av midler som er innkrevet gjennom det eksisterende skatte- og avgiftssystemet, koster samfunnet en krone pluss en skyggepris på offentlige midler, som reflekterer effektivitetstapet ved skattleggingen.

Denne skyggeprisen på offentlige midler er et empirisk faktum om hvordan skattesystemet påvirker effektiviteten i økonomien på nasjonalt nivå. Ifølge NOU 1997:27 kan vi, om enn på usikkert grunnlag, sette skyggeprisen på offentlige midler til 20 øre. I nyttekostnadsanalyser av investeringer kan vi ta dette anslaget for gitt. Vi regner følgelig en samfunnsøkonomisk kostnad på kr. 1,20 for hver krone som går over offentlige budsjetter. I nyttekostnadsanalyser av vegprising og andre avgiftsendringer stiller dette seg litt annerledes. Her innfører vi faktisk en endring av skattesystemet gjennom de tiltakene vi skal beregne.

La oss forutsette at hvis vi tar inn ei krone i vegprising, bensinavgift, parkeringsavgift eller andre former for skatter i transportsektoren, kan vi redusere satsene på andre skatter slik at inntektene for det offentlige er uendret. Denne transaksjonen vinner samfunnet kr. 0,20 (eller skyggeprisen) på, forutsatt at ikke den nye avgifta i transportsystemet *også* medfører effektivitetstap. Hvis den gjør det, har vinninga gått opp i spinninga.

Vi må altså stille spørsmålet: Skaper vegprising effektivitetstap i økonomien utenom transportsektoren? Skaper økt bensinavgift også et slikt effektivitetstap? Legg merke til at vegprising åpenbart vil avskaffe et effektivitetstap i *transportsektoren*. Men dette kan vi lett beregne verdien av. Problemet er nå om vi i tillegg burde beregne et effektivitetstap i f.eks. *arbeidsmarkedet*, som kommer til fratrekk fra den beregnede effektivitetsgevinsten i transportsektoren, og som helt eller delvis opphever den effektivitetsgevinsten vi allerede har innkalkulert for arbeidsmarkedet gjennom å bruke en skyggepris på kr. 0,20.

Dette kan f.eks. være tilfelle dersom transportutgiftene blir så høye at folk sier fra seg dårlig betalt arbeid og foretrekker å gå hjemme.

I mangel av empirisk kunnskap om hvordan vegprising og transportavgifter påvirker effektiviteten i markedene utenom transport, velger vi å bruke en skyggepris på kr.0,20 også ved nyttekostnadsanalyser av pris- og avgiftsendringer. En kroners forbedring av offentlige budsjetter på grunn av vegprisinntekter skal altså verdsettes til kr. 1,20, siden det gir grunnlag for å redusere de effektivitetsdeleggende inntekstskattene med en krone. Men betrakt det som her er sagt som en advarsel om at vi har med en meget usikker effekt å gjøre.

2.8 Eksterne effekter

2.8.1 Hva er eksterne effekter og eksterne kostnader?

Eksternaliteter oppstår når variable som påvirker en økonomisk aktørs nytte eller fortjeneste er under kontroll av andre aktører. Min nytte av en spasertur langs vegen kan f.eks. være avhengig av hvor mange biler som kjører der, og dette er noe jeg ikke har styring med, men som kontrolleres av bilistene. Eksternaliteter vil bare oppstå når jeg ikke kan kvitte meg med den uønskede faktoren gjennom kjøp og salg i noe marked – eller eventuelt skaffe meg mer av den, dersom det dreier seg om en ønsket faktor, dvs. hvis eksternaliteten skulle være positiv. Hvis jeg altså kunne forhandle meg fram til en løsning med bilistene, slik at jeg betalte dem for å velge andre ruter, eller de betalte meg for å få lov til å kjøre der jeg skulle spasere, ville det ikke lenger foreligge noen eksternalitet.

Det er bare fysiske eksterne virkninger som regnes som eksternaliteter. Det vil si at virkninger av andres beslutninger på min inntekt eller på de prisene jeg møter i markedet (såkalte pekuniære effekter), ikke skal regnes som eksterne. Virkninger for meg av andre aktørers kjøp og salg i markedet skal med andre ord ikke være med, sjøl om det har betydning for hvilket nyttenivå jeg kan oppnå. Det kan f.eks. være virkninger som en sterk prisøkning på et bestemt gode fordi andre byr prisen opp.

Den *eksterne kostnaden* er det tapet som vår aktør blir påført gjennom at vedkommende fysiske størrelse har et nivå som er uønsket, dvs. ikke er optimalt for aktøren. Den *marginale eksterne kostnaden* er det hun/han maksimalt vil være villig til å betale for å redusere den uønskede fysiske variabelen med en enhet.

2.8.2 Negative og positive eksterne effekter

Vi forbinder ofte eksterne effekter med negative virkninger på miljø eller helse som er et uønsket biprodukt av produksjon eller konsum, eller med uønskede bivirkninger ved produksjonen eller forbruket av et gode. Dette er negative eksterne virkninger, men vi kan også ha positive eksterne virkninger, ofte under navn som ”synergieffekter”, ”samlokaliseringsfordeler”, ”nettverkseksternaliteter” osv.

Et eksempel er når andre menneskers beslutning om å ikke bruke bil til jobben gir grunnlag for en høyfrekvent bussforbindelse som også jeg har fordel av. En annen positiv eksternalitet er nettverkseffekter, i form av nytteøkning for de som allerede er medlem av et nettverk ved at ett nytt medlem (f.eks. én telefonabonnent) slutter seg til nettet. Dette øker nytten av nettet for alle de tidligere abonnentene, som nå kan nå også den nye abonnenten pr. telefon.

De eksterne virkningene av transport som vil bli behandlet her, er imidlertid negative. De som vanligvis nevnes er:

- utslipp til luft
- støy og vibrasjoner
- ulykker
- barriere-effekter
- kø og trengsel
- infrastrukturslitasje

I kapittel 8 gir vi en ”oppskrift” for beregningen av de eksterne kostnadene som knytter seg til de tre første negative eksterne effektene. Barriere-effekter er ikke prissatte effekter, og vil bli behandlet i veilederen for ikke-prissatte effekter (Asplan Viak 1999). Kø og trengsel behandles som en del av tidskostnadene og blir omtalt under kapittel 3-4, men siden veilederen hovedsaklig tar sikte på anvendelser der køer ikke er noe problem, vil vi ikke gå inn i detaljene i hvordan køkostnader beregnes. Infrastrukturslitasje er kort tatt opp i kapittel 9. Infrastrukturslitasjen gir bl.a. opphav til økt behov for vedlikehold, og denne effekten av et tiltak vil måtte kvantifiseres og tas med i nytteberegningen.

2.8.3 Prissetting av ikke markedsomsatte goder

Positive eksterne virkninger kan sees som goder som ikke omsettes på et marked, mens negative eksterne virkninger er ”ulempen” som ikke omsettes på et marked. En annen måte å se de negative eksternalitetene på, er å betrakte reduksjonen av dem som et gode som ikke omsettes i markedet. Hvordan skal verdien av goder som ikke omsettes i et marked bestemmes? Det finnes flere metoder som alle sikter mot å fastlegge den verdien *samfunnet* har av varen eller tjenesten. Siden disse godene ikke er markedsomsatte, vil det ikke danne seg én riktig felles pris, men i prinsippet en ”pris” for hver av produsentene og konsumentene i hele landet. Av praktiske grunner må vi imidlertid ha enkle regler for bestemmelse av priser på ikke markedsomsatte goder til bruk i nyttekostnadsanalyser. Det vil si at vi opererer med en *gjennomsnittlig* verdsetting av dem.

Vi skal her skissere fire hovedmetoder for å anslå eller fastsette enhetskostnadene:

- *Betalingsvillighet.* Med dette menes folks betalingsvillighet for å unngå eller redusere en bestemt miljøplage. Her inngår også villighet til å betale for å unngå en økning. I samme kategori faller også kompensasjonskrav for å akseptere en bestemt forverring. Måling av betalingsvillighet gjøres ofte ved *betinginget verdsetting*, som innebærer å stille folk overfor hypotetiske valgsituasjoner og avlede betalingsvilligheten av svarene de gir.
- *Skadekostnader.* Direkte beregning av skadekostnader ved ulike former for transportaktiviteter er avhengig av om det er mulig å fastslå en *dose-responsammenheng*, dvs den fysiske sammenhengen mellom en bestemt miljøbelastning og effekten på liv og helse, på produksjonen av landbruksvarer, på vedlikeholdsbehovet av bygningsmassen e.l. Metoden bygger i praksis ofte på for-

utgående betalingsvillighetsundersøkelser av verdien av å opprettholde liv og helse.

- *Implisitt verdsetting.* Tiltak som skal forhindre miljøskader eller -plager eller bøte på allerede oppståtte skader, iverksettes bl a av offentlige myndigheter. Myndighetenes verdsetting av en bestemt utslippsreduksjon kan f eks utledes av de ekstra kostnader de påfører seg selv ved å velge det mest miljøvennlige av flere prosjekter med samme nyttevirkning.
- *Hedoniske priser.* Her ser en på markedsprisen for et lett omsettelig gode som kan variere i pris med de miljøkvalitetene som knytter seg til det. Et hus kan f.eks. ha en lavere pris hvis det ligger nær en støyende veg eller jernbane. Ut fra et større statistisk materiale over boligpriser og egenskapene ved de omsette boligene vil det være mulig å identifisere det prisavslaget som et bestemt støynivå gjennomsnittlig vil innebære. Tilsvarende for andre miljøkvaliteter. Dette prisavslaget er den kapitaliserte verdien av den daglige miljølempen som beboerne utsettes for.

Alle disse metodene skal på en eller annen måte måle samfunnets betalingsvillighet, forstått som gjennomsnittsindividets betalingsvillighet. Bruk av betalingsvillighet som uttrykk for den eksterne kostnaden har en god teoretisk begrunnelse. Som vi så i kapittel 1, er kostnaden for samfunnet ved at jeg anskaffer og forbruker et gode, egentlig lik det godet ville ha kastet av seg i den beste alternative anvendelsen, dvs. det største beløp noen andre ville vært villige til å betale for å kunne bruke det. Dette er det beløp jeg går glipp av ved å forbruke godet sjøl, gitt at jeg har anskaffet og eier det.

På samme måte må kostnaden for samfunnet ved at jeg forurensrer, være det største beløp andre ville vært villig til å betale meg for å la være.

Vi kan imidlertid like gjerne snu på flisa: Kostnaden for samfunnet ved at jeg forurensrer, er det minste beløpet jeg må ha for å la være. Disse to begrepene – det de andre er villig til å betale for å få meg til å slutte med å forurense, og det jeg må ha i kompensasjon for å slutte – faller som regel ikke sammen. Av forsiktighets-hensyn velger man ofte *det minste* av disse to beløpene som uttrykk for den samfunnsøkonomiske kostnaden ved forurensningen. Det vil da være det de andre er villig til å betale for å få meg til å slutte med forurensningen – altså betalingsvilligheten. Dersom de andre imidlertid hadde en klar rett til å leve uten min forurensning, ville samfunnets kostnad egentlig ikke vært lik de andres betalingsvillighet for å få meg til å la være, men det de andre måtte ha i kompensasjon for å tillate med å drive på med forurensningen.

Hvis altså en forurensningsfri situasjon tas til utgangspunkt, er samfunnets kostnad ved forurensningen høyere enn hvis en forurenset situasjon tas til utgangspunkt. Hva er det rette utgangspunktet? Det kan ikke avgjøres ved nyttekostnadsanalyse, men må avgjøres på forhånd, dersom vi skal få riktige verdier til nyttekostnadsanalysen. Når vi av forsiktighets-hensyn velger den laveste verdien – betalingsvilligheten – er det ikke et verdifritt valg.

3 Kollektivtiltak – vår analyseramme

Vår metode for nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak skal la seg anvende på en lang rekke ulike tiltak i en lang rekke ulike situasjoner. Det betyr at den i høy grad er *standardisert*. Vi vil ikke tillate deg som gjennomfører analysen særlig stor frihet til å velge framgangsmåter, og vi vil unngå misforståelser og uklarheter om framgangsmåten. Derfor gir vi nedenfor mest mulig nøyaktige definisjoner av de begrepene vi bruker, og mest mulig presise beskrivelser av den begrepsmessige ramma som vi vil at alle analysene skal holde seg til.

Dette kapitlet står her for at du skal tilegne deg den ”verdensanskuelsen” som vi bygger våre analyser av kollektivtiltak på. Erfaring har vist at hvis du ikke har denne verdensanskuelsen, vil du ofte misforstå de diagrammene og metodene som vi bygger resten av framstillingen på.

3.1 Transportformer⁴

Vi skiller mellom ulike **transportformer** alt etter hva slags grunnleggende teknologi som brukes. Tre grunnelementer må til for å drive transport innenfor en gitt transportform: *kjøretøyer*, *kjøreveg* og *terminaler*. De tre grunnelementene kan vi kalle **transportfaktorer**. En transportform kan beskrives og skilles fra andre transportformer ved å beskrive teknologien og transportfaktorene.

For sjøtransport er f.eks. kjøretøyene dieseldrevne skip, kjørevegen er vannet og terminalene er havner. For vegtransport er kjøretøyene biler (bensin- eller dieseldrevne), kjørevegen er det offentlige vegnettet, og terminalene er parkeringsplasser, fortauskanter etc. for privatbil, og holdeplasser, bussterminaler etc. for kollektivtrafikk. Vann, veg, skinner, luft, heissjakter og kabler er eksempler på kjøreveger.

Kollektivtransport er ikke en transportform. Busstransport, privatbiltransport, ferjetransport, løpestrenger og rulletrapper er derimot transportformer.

3.2 Transportmåter

Vi syns det er hensiktsmessig å skille mellom transportformer og transportmåter, og definerer to **transportmåter** til å være ulike hvis de atskiller seg fra hverandre i ett eller flere kjennetegn som transportbrukeren bryr seg om. Slik sett er buss-transport med lavgulvsbusser en annen transportmåte enn busstransport med vanlige busser hvis noen av de reisende tydelig foretrekker det ene framfor det andre.

⁴ Framstillingen i avsnittene 3.1 og 3.3 bygger på kapittel 1 i Jansson (1984).

Når det gjelder transportmåter, er det imidlertid rom for å gjøre inndelingen grovere eller finere alt etter hvilke forskjeller som er relevante i sammenhengen.

Begrepet transportmåte vil stå sentralt i vårt opplegg for nyttekostnadsanalyse (i motsetning til transportform). I de fleste tilfellene vil vi regne med to transportmåter, privatbil og buss.

3.3 Transportmarkeder

Ved hjelp av transportfaktorene produseres **transporttjenester**. Markedene for transporttjenester er de viktigste transportmarkedene. Her opptrer transportfirmaer (f.eks. kollektivselskaper) som selgere, og transportbrukere som kjøpere. Men det finnes også andre markeder, som f.eks. markedene der transportfirmaene kjøper transportfaktorer fra produsentene, og leiemarkeder for transportfaktorer.

I noen viktige tilfeller kjøper og eier transportbrukerne sjøl en eller flere av transportfaktorene, og produserer ved hjelp av dem transporttjenester til eget forbruk. Det viktigste tilfellet er naturligvis det hvor husholdninger kjøper og eier sin egen bil, og produserer bilreiser ved hjelp av den, vegen og parkeringsmulighetene, samt en ikke ubetydelig egeninnsats i form av sjåførtjenester. Dette er et eksempel på **husholdsproduksjon**. I og med at husholdsproduksjon ikke omsettes på markedet, har den ingen gitt pris.

Transportfaktoren veg produseres som regel ikke for salg, men stilles til disposisjon som et offentlig gode med begrenset kapasitet. Som andre offentlige goder med begrenset kapasitet (f.eks. telenettet) kan imidlertid vegnettet overbelastes eller overutnyttes, og det tilsier da enten en tilgangavgift som varierer med belastningen, eller en form for rasjonering av kapasiteten.

3.4 Et særtrekk ved persontransporttjenester

Persontransporttjenester generelt har et meget viktig særtrekk, som de forøvrig deler med mange andre tjenester, men som ikke forekommer i vareproduksjon. Det er at de produseres under medvirkning av brukeren. Brukeren må i det minste yte av sin egen tid, dersom han skal transporteres. Ofte må han i tillegg tåle anstrengelser og ulemper, eller han må medvirke mer aktivt, som når han kjører egen bil. Brukerens egeninnsats av tid og annet har en kostnad som må regnes med i all persontransport. (Den tilsvarende kostnaden i varetransport er brekasje, verdiforringelse og kapitalbinding for varene i transporttida. Dette er ofte mye mindre beløp enn i persontransport).

3.5 Produksjon av kollektive transporttjenester

Vi kan se på produksjonen av kollektive transporttjenester som en totrinns prosess. I første trinn produserer transportselskapene et **transporttilbud** ved hjelp av transportfaktorene. I andre trinn anvender brukerne transporttilbudet og egen tid til å produsere reiser eller turer. Transporttilbudet kan enten beskrives i detalj, som en liste over avgangene på alle relasjoner innenfor et visst område og kapa-

siteten pr. avgang, samt de viktigste pris- og kvalitetsparametrene som knytter seg til dette, som reisetider, billettpriser og omfanget av forsinkelser. Eller det kan beskrives på overordnet nivå ved indikatorer som setekilometer, antall stopp ved holdeplasser, gjennomsnittlig takstnivå og gjennomsnittsfart. Effektivitet i produksjonen av transporttilbudet kan defineres og studeres ut fra dette ved å se nivået på indikatorene på produksjonen av tilbudet i forhold til innsatsen av transportfaktorene.

På det andre trinnet i produksjonsprosessen produseres imidlertid turer ved hjelp av det gitte transporttilbudet og egen innsats av tid. Også denne produksjonen kan beskrives i detalj ved å liste opp antallet turer på alle relasjoner og tiden det tar for brukerne fra dør til dør. På overordnet nivå kan en bruke indikatorer som antall turer, gjennomsnittlig turlengde og gjennomsnittlig reisetid fra dør til dør. Effektivitet i produksjonen av turer kan defineres ved å se nivået på disse indikatorene på turproduksjonen i forhold til transporttilbudet.

Etterspørselen etter mange slags transport, inkludert de fleste former for kollektivtransport, varierer periodisk. En grov måte å ta hensyn til det på, er å dele inn i høybelastningsperioder og lavbelastningsperioder. Produksjonen av transporttilbudet og produksjonen av turer bør fortrinnsvis defineres over en periode med homogene etterspørselsforhold, for at det skal ha god mening å sammenlikne produksjonen av turer med det transporttilbudet som settes inn for å avvikle dem, eller i siste instans med innsatsen av transportfaktorer.

3.6 Transportsystemer

Til nå har vi ikke sagt noe om avgrensningen av det transportsystemet vi ser på. Denne avgrensningen vil måtte avgjøres av hva slags tiltak (inngrep i systemet) vi ser på, hvor omfattende virkninger tiltaket har, og formålet med analysen av tiltaket. I noen sammenhenger vil vi måtte betrakte mange transportmåter i sammenheng. I andre sammenhenger kan vi ikke engang se transportsystemet isolert, men må studere det i sammenheng med andre systemer, som boligmarkedet, arbeidsmarkedet e.l.

Det transportsystemet vi studerer, vil som regel ikke ha sitt formål i seg sjøl. Transport gjennomføres for å utføre aktiviteter som best kan utføres på et annet sted enn der man er. For transportbrukerne er transporten som regel bare et *middel* til å gjennomføre de ønskelige aktivitetene – arbeid, innkjøp, besøk osv., dvs. **reisehensiktene**. Helst vil man derfor gjøre innsatsen av tid og andre ressurser i forbindelse med transporten minst mulig. Dette har betydning for hvilken **målfunksjon** man skal anta at systemet har til hensikt å gjøre størst mulig.

En mulig formulering er å ta det for gitt at alle transportbrukerne i systemet skal gjennomføre et gitt sett av aktiviteter, og anta at systemet har som mål å kunne avvikle disse aktivitetene med minst mulig innsats av brukernes tid og av de grunnleggende transportfaktorene. Setter man en pris på brukernes tid, og inkluderer annen prissatt ressursbruk som henger sammen med trafikkulykker og transportens forbruk/ødeleggelse av miljøgoder, har vi **kostnadsminimering** som mål for transportsystemet.

Kostnadsminimering er naturligvis den greieste tilnærmingen til en analyse av et transportsystem, siden vi går ut fra at alle systemer utenfor transportsystemet er uforandret og upåvirket av de tiltakene vi tar i transporten. I forbindelse med kollektivtiltak må vi lære oss å forstå en annen tilnærming, nemlig **nyttmaksimering**. Det er to grunner til det.

For det første viser virkeligheten at transportbrukerne ikke velger mellom transportmåter (definert innledningsvis) utelukkende ut fra hvilken transportmåte som gir lavest forbruk av tid og penger. De har også andre interesser av å velge en bestemt transportmåte (f.eks. bilen). Det kan være at den ene transportmåten er mer komfortabel enn den andre, mer pålitelig, mer fleksibel ... Slike faktorer er det vanskelig å sette kroner og ører på, men de teller åpenbart med i regnestykket for den enkelte. Derfor bør de også telle med i regnestykket for samfunnet. Under visse forutsetninger kan vi ta hensyn til disse faktorene uten eksplisitt å sette kroner og ører på dem. Det er dette vi gjør når vi beregner nytten for brukerne av et tiltak ved å beregne **konsumentoverskuddet** for hver av transportmåtene for seg (se kapittel 2). Nyttmaksimeringsmetoden vil på den måten ta hensyn til at trafikkantene har nytte av visse ukvantiserbare kjennetegn ved bestemte transportmåter, mens kostnadsminimeringsmetoden vil ignorere dette, og dermed risikerer å bedømme et tiltak som godt sjøl om brukerne flest mener det er en forverring.

For det andre er det naturligvis urealistisk å anta at brukerne vil opprettholde sitt aktivitetsmønster uansett hva vi gjør i transportsystemet. Når brukerne forandrer sine aktiviteter, må vi måle hvilken nytte de har av det. Å bare se på transportkostnadene er fullstendig utilstrekkelig i det tilfellet. Det kan f.eks. være at vi forbedrer transportsystemet slik at brukerne oftere vil drive aktiviteter som krever lengre reiser. Transportkostnadene for den enkelte kan gå opp, men likevel opplever han en forbedring. Beviset på det er at han kunne velge sitt gamle aktivitetsmønster til en billigere pris enn før, hvis han ville, men han forkaster det frivillig til fordel for et annet aktivitetsmønster med større transportkostnader.

Noen av våre kollektivtiltak er direkte siktet mot å få folk til å velge aktiviteter med et mindre innslag av transport. Det er da ennå mer åpenbart at kostnadsbesparelsen i transportsystemet må settes opp mot nyttetapet ved aktivitetsendringen, slik at total kostnadene i transportsystemet ikke kan brukes som målfunksjon.

3.7 Systemanalyse

Ifølge systemanalyse (se f.eks. West Churchman 1973) består analysen av et system i å beskrive fem sider av det:

1. Systemets målsettinger og ytelsesmål
2. Systemets omgivelser og gitte betingelser
3. Systemets ressurser
4. Systemets komponenter, deres aktiviteter, mål og ytelsesmål
5. Ledelsen av systemet.

Vi har allerede etablert at målsettingen med et transportsystem bare unntaksvis kan være å minimere totalkostnadene i systemet. Generelt vil vi anta at målsettingen er samfunnsøkonomisk lønnsomhet og bærekraftighet, og at dette inkluderer trafikantenes nytte. Vi har også etablert at systemavgrensningen, og dermed omgivelsene og de gitte betingelsene for systemet vi ser på, vil måtte variere med hva slags tiltak vi vil studere. I noen tilfeller må vi gå ut over sjølve transportsystemet og inkludere f.eks. arealbruk eller telekommunikasjoner.

Som regel vil vi avgrense systemet til produksjonen og forbruket av transporttjenester innafor et visst geografisk område. Systemets resurser blei beskrevet innledningsvis som transportfaktorene pluss brukernes tid. Systemets komponenter er transportbrukerne, transportselskapene og produsentene av to av transportfaktorene, kjøreveg og terminaler. De kommer sammen på markedene for transporttjenester, unntatt i de tilfellene da brukerne produserer sine reiser sjøl.

Brukernes mål er å maksimere sin nytte ved å gjennomføre et sett av aktiviteter som delvis krever transport, eller eventuelt å maksimere sin nytte ved å velge transportmåter og reisemål for et gitt aktivitetsmønster. Transportselskapenes mål kan naturligvis være profitt, men i denne veilederen vil vi stort sett anta at transportselskapenes aktivitet kan styres direkte av myndighetene, som leder systemet ved å fastsette priser, regulere trafikken direkte, gjennomføre infrastrukturtiltak innenfor gitte budsjetter, og bestemme driftsopplegg og teknologi for kollektivtrafikken.

3.8 Et ord om ytelsesmål

Samferdselsstatistikken opererer med ytelsesmål for transportsystemene på nasjonalt nivå eller fylkesnivå. Som mål på det vi har kalt transporttilbudet brukes trafikkarbeidet, målt i **kjøretøykilometer**. To eller flere mål brukes på det vi har kalt turproduksjonen. For det første har vi antall personer (antall **passasjerer**, når det gjelder kollektivtrafikk). Dersom vi eliminerer dobbelttelling fordi en passasjer kan bruke flere ulike transportmidler på en reise, kunne vi istedet operert med antall **turer**, og dette er også det vanlige målet når det gjelder output fra transportmodeller. For det andre har vi persontransportarbeidet, målt i personkilometer, eller **passasjerkilometer** når det gjelder kollektivtrafikk. De tilsvarende målene for gods er tonn og tonnkilometer.

Disse ytelsesmålene er i det vesentlige ubrukelige for oss. Våre ytelsesmål må være økonomiske, ikke tekniske. Kollektivselskapenes driftskostnader og trafikantenes nytte (konsumentoverskudd) er de vesentlige komponentene. Verken det ene eller det andre kan beregnes av de enkle og sammensatte målene som finnes i statistikken. Altså har vi et databehov ut over dette.

Imidlertid er antall *kjøretøykilometer* en relevant og ofte tilstrekkelig opplysning for å anslå de *eksterne kostnadene* ved trafikken, ettersom ulykker og utslipp ofte kan antas å være proporsjonale med antall kjøretøykilometer. Dette forutsetter imidlertid at kjøreforholdene (fart og skilting, køforhold og kjørevegens beskaffenhet) og kjøretøyteknologien (drivstofforbruk, katalysator, sikkerhetsutstyr) er homogene i hele systemet og ikke endrer seg med og uten tiltaket.

Det er ikke noe poeng å operere et transportsystem slik at det maksimerer persontransportarbeidet på en gitt infrastruktur, eller minimerer transportfaktorbruken for et visst persontransportarbeide. Slike fysiske ytelsesmål egner seg for maskiner, ikke mennesker. En av grunnene til det er at når belastningen går opp, går farta ned, og hvis en tar hensyn til folks tidskostnader, er det ikke optimalt å operere systemet med den lave farta som gir høyest output i form av persontransportarbeide.

3.9 Reiser og reisemarkeder

Reiser og turer kan defineres slik at de betyr forskjellige ting. En mulighet er å la en **reise** bety en enkelttur, og en **tur** bety en rundtur som ender på samme sted som den startet. Dette er den språkbruken vi vil bruke, men andre bruker nettopp den motsatte.

Et **reisemarked** eller en reiserelasjon har fire kjennetegn. Hvis ikke alle kjennetegnene for to reisemarkeder er like, er de to forskjellige reisemarkeder. De fire kjennetegnene er:

1. Startsted (startzone)
2. Bestemmelsessted (destinasjonssone)
3. Transportmåte
4. Periode (f.eks. høybelastning/lavbelastning)

Det er naturligvis mulig å definere reisemarkeder på mer aggregert nivå, f.eks. markedet for alle reiser i Oslo og Akershus. På det mest aggregerte nivået vil man kunne bruke personkilometer som det som etterspørres og tilbys i markedet. Men for våre formål er det absolutt ikke å anbefale. Grunnen er at de tiltakene vi analyserer, stort sett berører en bestemt transportmåte og har en spesifikk geografisk plassering. I det minste har de effekter som er ulike kraftige på ulike steder.

3.9.1 Et eksempel som begrunner at trafikantnyttens må beregnes for hver reiserelasjon

Anta at det finns to reisemarkeder, og vi gjennomfører et tiltak som halverer reisekostnaden i reisemarkedet 1. I utgangspunktet var det 10 reiser i reisemarkedet 1, hver til en kostnad av 10 kroner. I reisemarked 2 er det 50 turer, hver til en kostnad av 1 krone. Ved forbedringen øker antall turer i reisemarked 1 til 15.

Den riktige nytteberegningen etter trapesformelen (se kapittel 2) gir følgende trafikantnytte:

$$\frac{1}{2}(10-5)(10 + 15) = 62,5.$$

La oss nå beregne gjennomsnittlig reisekostnad i systemet som helhet før og etter tiltaket. Den er $(10 \cdot 10 + 1 \cdot 50)/60 = 2,5$ før og $(5 \cdot 15 + 1 \cdot 50)/65 = 1,923$ etter. En nytteberegning med trapesformelen for systemet som helhet gir da

$$\frac{1}{2}(2,5 - 1,923)(60 + 65) = 36,1.$$

3.9.2 OD-matriser

Eksemplet viser ugjendrivelig at når vi bruker metoden med trafikantnytte, kan vi ikke behandle alle reisemarkeder som om de var ett. Dersom vi imidlertid bare hadde vært interessert i totalkostnadene i systemet, ville det vært likegyldig om vi beregnet dem i den delen av systemet som endret seg eller i hele systemet. Innsparingen i totalkostnadene ville blitt den samme uansett. Her ligger en vesentlig forskjell mellom metodene.

Praktisk betyr dette: Før analysen starter, må vi dele inn vårt analyseområde i soner. Deretter må vi fastlegge etterspørselen etter reiser for hvert eneste sonepar. Dette kalles å etablere en OD-matrise (en origin-destination-matrise, på norsk ofte kalt en fra-til-matrise). Endelig må vi beregne en ny OD-matrise som gir etterspørselen i hvert av reisemarkedene etter tiltaket. Nytteberegningen gjennomføres så ved å beregne konsumentoverskuddet med trapesformelen i alle markeder der reisekostnaden har endret seg, og legge sammen.

Det spiller ingen rolle om vi anvender en transportmodell eller ikke – *uansett* må vi ha OD-matriser for å kunne gjennomføre beregningene. Forskjellen på de enkle og de mer kompliserte analysene ligger ikke her, men i hvor mange reiserelasjoner som vi tar med i OD-matrisa. I enkleste fall er det bare en.

Du trenger en OD-matrise. Uten det kan du ikke gjøre nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak.

3.10 Nettverk, lenker og ruter

Et **nettverk** er et visst antall **noder** som er forbundet med **lenker**. På lenkene går det trafikk fra node til node. Noen av nodene er startnoder, der trafikk ”oppstår”, og noen (muligens de samme) er destinasjonsnoder, der trafikk ”går til grunne”. Andre noder kan imidlertid være ingen av delene. Lenkene kan ha ”retning”, dvs. at trafikken bare kan gå i en retning, eller de kan være toveis. For våre formål er det mest hensiktsmessig å anta envegs lenker. Lenkene kan også ha andre egenskaper, og den viktigste er en lenkekostnad, som angir hva det koster for en enhet av trafikken å bevege seg over lenka. En annen egenskap ved ei lenke kan være kapasitet.

I transportanalyse brukes teorien om nettverk til å modellere vegnettet og kollektivnettet. Nodene kan da f.eks. være vegkryss, holdeplasser etc., mens lenkene er veger eller kollektivlinjer. Vi må definere hvilke transportmåter vi vil regne med, og vi bruker da ett nettverk for hver transportmåte.

Vi knytter OD-matrisen til nettverket ved å innføre en node for hver sone – en såkalt sentroide. All trafikk fra og til sonen antas da å være trafikk fra og til sentroiden. Sentroidene blir start- og destinasjonsnodene i nettverket. Fra sentroiden går det lenker til f.eks. bussholdeplassene og vegnettet i sonen. Men ettersom hele befolkningen faktisk ikke bor i sentroiden, men spredt over hele sonen, oppstår det en del teoretiske og praktiske problemer med å modellere denne tilknytningen.

Hvor mye det koster å reise fra en sone til en annen med en transportmåte, avgjøres av kostnadene på de lenkene man bruker. Det finnes ofte mange mulige

rutevalg, dvs. kombinasjoner av lenker som fører fra start til bestemmelsessted. Reisekostnaden avgjøres altså av hvilken rute man velger gjennom nettverket. Det vanligste er å anta at de reisende ikke har noen nytte av et bestemt rutevalg, og at de altså velger den ruta som koster minst (i form av tid, eller tid og penger). En deterministisk **rutevalgsmodell** er en modell som fordeler en OD-matrise ut på ruter i nettverket etter dette prinsippet.

I modeller av vegnettverk for byer bør lenkekostnaden være en funksjon av trafikken på lenka – en såkalt volume-delay-funksjon eller køfunksjon. Rutevalgsmodellen finner da det såkalte brukeroptimum, som innebærer at alle ruter som er i bruk på en reiserelasjon, har samme kostnad, og koster mindre enn alle ruter som ikke er i bruk. Ingen reisende kunne da ha valgt en billigere rute, gitt at de andre reisende har valgt som de har.

I enkle tilfeller kan rutevalget for kollektivtrafikanter være uproblematisk – det finnes bare ett rimelig alternativ. I mer kompliserte kollektivnettverk burde man imidlertid bruke en stokastisk rutevalgsmodell for kollektivtrafikk. En slik modell velger først ut et sett av jamngode rutealternativer for reisa, og antar så at den reisende vil velge den første av disse som blir tilgjengelig. Det vil si at han tar den første avgangen som gir en rimelig rute. Hvilken avgang som kommer først, er imidlertid avhengig av når han kommer til holdeplassen, og er en stokastisk sak.

3.11 Generaliserte reisekostnader

Nær sagt alle analyser av etterspørselen etter reiser antar at den kan sees som en funksjon av **generalisert reisekostnad**. Generalisert reisekostnad er summen av det reisa koster i penger og **tidskostnaden**. Tidskostnaden er en vektet sum av **reisetidskomponentene**. Hver reisetidskomponent har sin egen **tidsverdi**, som brukes som vekt når reisetidskomponentene adderes sammen til en samlet tidskostnad.

For kollektivtrafikk er reisetidskomponentene gangtid, ventetid (åpen og skjult), byttetid og tid ombord i transportmidlet. **Gangtid** er tida det tar å gå til stasjonen eller holdeplassen, pluss tida det tar å komme fra holdeplassen man går av på og til det endelige bestemmelsesstedet. Ved omstigninger kan det også forekomme gangtid. **Åpen ventetid** er tida fra man ankommer stasjonen eller holdeplassen til toget eller bussen går. **Skjult ventetid** er forskjellen mellom det tidspunktet man ideelt sett ville reise på og den tida da bussen eller toget går, ifølge ruta. Denne tida kan man tilbringe hjemme mens man venter på rette tid å gå, og den har derfor naturligvis en lavere vekt enn den åpne ventetida. **Byttetid** er tida som medgår ved en omstigning. **Reisetida ombord** er den siste reisetidskomponenten, og naturligvis som regel den viktigste.

For privatbil regner vi som regel bare med en reisetidskomponent, nemlig reisetida ombord. Hvis det er langt fra parkeringsplassen til startsted eller bestemmelsessted, kan man naturligvis legge til en gangtidskomponent også, men det er ikke vanlig.

Det vi vanligvis kaller tidsverdien, er vekta eller verdien som trafikanten tillegger reisetida ombord. Vektene på de øvrige reisetidskomponentene uttrykkes gjerne i forhold til tidsverdien for reisetida ombord, slik at en vekt på f.eks. 1,8 på ventetid

skal forstås slik at verdien av ett minutt ventetid er verdien av ett minutt reisetid ombord, multiplisert med 1,8.

Vi bruker tidsverdiene som er anbefalt i Killi (1999). Det betyr at vi har ulike tidsverdier for de ulike reisehensiktene tjenestereiser, reiser til og fra arbeid og andre reiser i fritida. Det betyr også at vi opererer med ulike tidsverdier for korte og lange reiser, og for ulike transportmåter, se kapittel 8. Forsinkelser har en høyere tidsverdi enn vanlig, forventet reisetid.

Det er ikke opplagt at etterspørselen etter reiser på en reiserelasjon kan uttrykkes som en funksjon av generaliserte reisekostnader, dvs. som en funksjon av summen av en pengekostnad og en tidskostnad. For det første må vi regne med at i virkeligheten har ulike individer ulike tidsverdier. For det andre må vi regne med at ett og samme individ har ulik tidsverdi i ulike situasjoner. Hele begrepet om en generalisert reisekostnad blir da tvilsomt. Det ligger i dette begrepet at det er noe som oppfattes på samme måte av alle og i alle situasjoner, på samme måte som ei krone oppfattes som ei krone, uansett hvem som bruker den og hva den brukes til. Noe mer realistisk blir det nok om vi differensierer tidsverdien etter reisehensikt, transportmiddel osv., men det er framleis en drastisk antakelse. Vi gjør likevel denne antakelsen, hovedsaklig fordi alle beregninger ville blitt mye mer kompliserte om vi ikke gjorde det, og fordi det ser ut til at det er mulig å forutsi reise- etterspørselen nokså presist uten å bruke en mer komplisert antakelse.

En reise vil ofte innebære andre kostnader i tillegg til den generaliserte reisekostnaden slik vi definerer den. Dette kan f.eks. være ubehag og ulemper som knytter seg til reising. Vi vil her bare identifisere ett slikt element, nemlig den ekstra kostnaden ved omstigning, ut over byttetida. Ting tyder på at den kan settes lik verdien av 10 minutters ekstra reisetid.

I stedet for det lange uttrykket generalisert reisekostnad sier vi ofte bare generalisert kostnad.

3.12 Et samlet syn på reiser

Reiser gjennomføres for å få tilgang til aktiviteter på andre plasser (og ikke for sin egen skyld). Transportsystemet er derfor bare et element i et større forbruks- og produksjonssystem, og dette bør gjenspeiles i målsettingen vi stiller opp for systemet og måten vi måler ytelse og forbedringer på. Vi bør sette opp en målfunksjon for systemet som samsvarer best mulig med de reisendes egne vurderinger av hvilken nytte de har av tiltak i transportsystemet. Antar vi at individene maksimerer sin nytte ved å velge ulike aktiviteter på ulike steder, og ved å velge transportmåte for reisene sine til disse stedene, så kan vi under visse betingelser avlese individenes samlede nytte av en forbedring i transportsystemet ved å beregne konsumentoverskuddet (se kapittel 2) i alle reisemarkeder og legge sammen. Kostnadene ved tiltaket må deretter trekkes fra for å gi et totalbilde av om tiltaket er en forbedring eller ikke.

For hver reisehensikt vil individet som følge av nyttemaksimeringen ha en etterspørselsfunksjon etter reiser med denne reisehensikten. Den er egentlig avledet av etterspørselen etter den motsvarende aktiviteten, men vil også avhenge av transportkostnader. For å få gjennomført aktiviteten må individet velge reisemål og

transportmåte. Når det er gjort, blir det klarere hvilke transportkostnader som er relevante for etterspørselen etter reiser med denne reisehensikten.

Etterspørselen i en sone etter reiser til en bestemt destinasjon med en bestemt transportmåte, vil være den samlede etterspørselen til alle individene i sonen og for alle reisehensikter. Den vil avhenge av reisekostnadene på denne relasjonen og på andre, alternative relasjoner. Når vi snakker om etterspørselen etter reiser, vil det som regel være matrisene av alle slike etterspørsler (dvs. OD-matrisene for hver av transportmåtene) vi mener. En **etterspørselsmodell** er dermed en modell som gir disse OD-matrisene som funksjoner av reisekostnadene på hver reise-relasjon. Som regel bør vi ha forskjellige etterspørselsmodeller for hver tidsperiode, f.eks. en for høybelastningsperioder og en for lavbelastningsperioder.

Etterspørselen på en reiserelasjon vil ikke bare avhenge av reisekostnaden, men også av attraktiviteten til destinasjonssonen med hensyn til de ulike aktivitetene som kan gjennomføres der, av komfort og andre kvalitetsegenskaper ved transportmåten, og av inntektsutviklingen og den demografiske utviklingen i startsonen. I regelen vil imidlertid disse andre faktorene ikke være tatt med eksplisitt som argumenter i etterspørselsfunksjonen. Det innebærer at når disse faktorene endres, vil etterspørselsfunksjonene (etterspørselskurvene) få et *skift* – de vil endre beliggenhet i et diagram med reisevolum og reisekostnad på aksene.

Reisekostnaden vil være en kombinasjon av tidskostnadselementer og penge-kostnader. Denne kombinasjonen kaller vi som nevnt generalisert reisekostnad.

Reisekostnaden fastlegges som et resultat av rutevalget. Rutevalgsmodellen er altså ikke en del av etterspørselsmodellen, men en del av tilbudsmodellen, kunne vi si. Dette henger naturlig sammen med den definisjonen vi har gitt av en reise: en reise er kjennetegnet ved en startsonen, en destinasjon, en transportmåte og en tidsperiode. En reise er derfor den samme reisa uansett rutevalg. Denne definisjonen har vi fremmet nettopp fordi vi har antatt at den reisende ikke har noen nyttegevinst ved å velge en bestemt rute, ut over det ene at kostnaden varierer med rutevalget.

Dette synet på reiser er naturligvis ikke det eneste mulige, men er det teoretiske rammeverket vi har valgt å arbeide innenfor i våre analyser av kollektivtiltak. Ifølge dette synet kan vi nå modellere hele transportsystemet som en etterspørselskurve og en tilbudskurve i hvert av reisemarkedene.

3.13 En transportmodell – tilfellet uten kø

La oss bruke indeksen n til å betegne reisemarkeder. Vi ser på ett av reisemarkedene – reisemarked n . Etterspørselen på dette reisemarkedet, X_n , er en funksjon av den generaliserte reisekostnaden i dette markedet, G_n , og i alle andre markeder: G_1, G_2 osv. unntatt n . Vektoren (G_1, G_2, \dots, G_N) av alle reisekostnadene unntatt n skriver vi \mathbf{G}_{-n} . Etterspørselsfunksjonen er

$$X_n = D_n(G_n, \mathbf{G}_{-n})$$

Hvis det ikke er kø på vegsida, og heller ikke noen virkninger på generaliserte reisekostnader av endringer i etterspørselen på kollektivsida, vil alle generaliserte

kostnader være upåvirket av nivået på etterspørselen. De kan endre seg med det tiltaket vi skal nytteberegne, men da direkte på grunn av tiltaket, og ikke på grunn av de etterspørselsendringene som følger av tiltaket. I dette tilfellet vil transport-systemet være fullstendig beskrevet av de gitte generaliserte kostnadene G_1, G_2 osv. (inkludert G_n) og etterspørselsfunksjonene på alle reiserelasjonene:

$$X_1 = D_1(G_1, \mathbf{G}_{-1})$$

$$X_2 = D_2(G_2, \mathbf{G}_{-2})$$

⋮

$$X_n = D_n(G_n, \mathbf{G}_{-n})$$

⋮

$$X_N = D_N(G_N, \mathbf{G}_{-N})$$

Disse N etterspørselsfunksjonene vil vi kalle en **etterspørselsmodell** for tilfellet hvor det ikke er kø (eller mer presist for tilfellet der G -ene er uavhengige av etterspørselen). I kapittel 7 gir vi tips om hva slags etterspørselsmodell du kan sette opp, dvs. om den nøyaktige matematiske forma på disse likningene i ulike tilfeller. På kortform kan vi skrive hele etterspørselsmodellen $\mathbf{X} = \mathbf{D}(\mathbf{G})$.

$\mathbf{X} = \mathbf{D}(\mathbf{G})$ betyr altså alle de N etterspørselsfunksjonene.

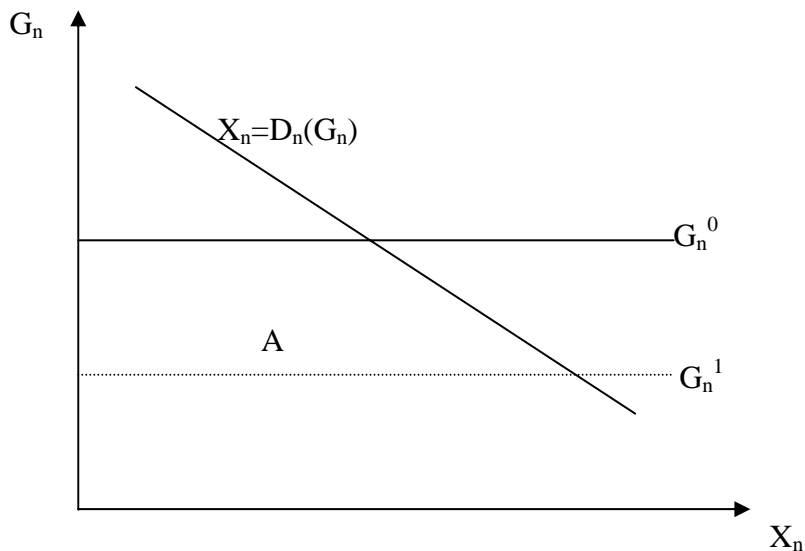
La oss supplere vår etterspørselsmodell med en **tilbudsmodell**. I dette tilfellet sier den bare at alle G -ene har verdier som allerede er gitt. De kan f.eks. være beregnet for hånd ved at du har summert over alle lenkekostnadene langs den kostnadsminimale ruta for hver reiserelasjon, eller de kan være resultatet av en rutevalgsmo-
dell. Skriver vi de gitte verdiene som \bar{G} med en strek over, er tilbudsmodellen

$$G_1 = \bar{G}_1, G_2 = \bar{G}_2, \dots, G_n = \bar{G}_n, \dots, G_N = \bar{G}_N$$

Dette er vår tilbudsmodell. Kort og greitt kunne vi skrive alle disse N likningene under ett som $\mathbf{G} = \bar{\mathbf{G}}$.

Når vi setter verdiene for G -ene fra tilbudsmodellen inn i etterspørselsmodellen, finner vi reiseetterspørselen på alle reiserelasjonene. Et system av likninger som gir reiseetterspørselen og generalisert reisekostnad i alle reisemarkeder i transport-systemet, kaller vi en **transportmodell**. Våre $2N$ likninger, N for etterspørselen og N for tilbudet, utgjør altså en transportmodell. På en forkortet måte kunne vi skrive hele transportmodellen $\mathbf{X} = \mathbf{D}(\mathbf{G}), \mathbf{G} = \bar{\mathbf{G}}$.

La oss nå se på et diagram over ett av reisemarkedene. Det kan være et bilreise-marked eller et kollektivreisemarked – i dette tilfellet gjør det ingen forskjell.



Ved å skrive etterspørselskurva i diagrammet som $X_n = D_n(G_n)$ har vi glemt for et øyeblikk at etterspørselen i reisemarked n også er en funksjon av den generaliserte kostnaden ved reiser andre steder i systemet. Hvis disse endret seg, ville vår etterspørselskurve skiftet beliggenhet. Der den nå ligger, ligger den bare fordi og bare så lenge de andre generaliserte kostnadene har et bestemt nivå.

Før et eventuelt tiltak er $G_n = G_n^0$. Siden dette nivået er det samme uansett nivået på etterspørselen, er tilbudskurva en vannrett strek. Etter tiltaket endrer den seg til den stiplede kurva – dvs. at kostnadene har sunket til G_n^1 .

3.13.1 Trafikantnytteberegning i dette tilfellet

Hvis tiltaket bare endrer generaliserte kostnader i dette ene reisemarkedet, er det uvesentlig hva som ellers skjer i transportsystemet. Trafikantenes nytte av tiltaket kan beregnes som konsumentoverskuddet, altså arealet A av rektangelet i figuren (se kapittel 2). I de andre markedene blir det ikke noe konsumentoverskudd, hvilket en kan skjønne ved å skyve den stiplede linja opp igjen til G_n^0 og se hva som skjer med arealet A. Derimot vil etterspørselen i disse andre markedene kunne gå ned, siden etterspørselsfunksjonene der også er funksjoner av G_n , som har endret seg. Men uansett hvor mye etterspørselsfunksjonene i de andre markedene endrer beliggenhet, blir det ikke noe konsumentoverskudd av det. Hele konsumentoverskuddet kommer i marked n. Forsåvidt kunne vi klart oss uten en avansert transportmodell, og kan nøye oss med å betrakte det ene reisemarkedet isolert.

Men dette er et spesialtilfelle, som er helt avhengig av to ting:

- Tiltaket berører bare generaliserte reisekostnader i ett reisemarked, og

- enten er generaliserte kostnader i alle andre markeder enn der det skjer et tiltak, uavhengig av etterspørselen, eller så er etterspørselen i alle andre markeder uavhengig av generaliserte reisekostnader i det ene berørte markedet.

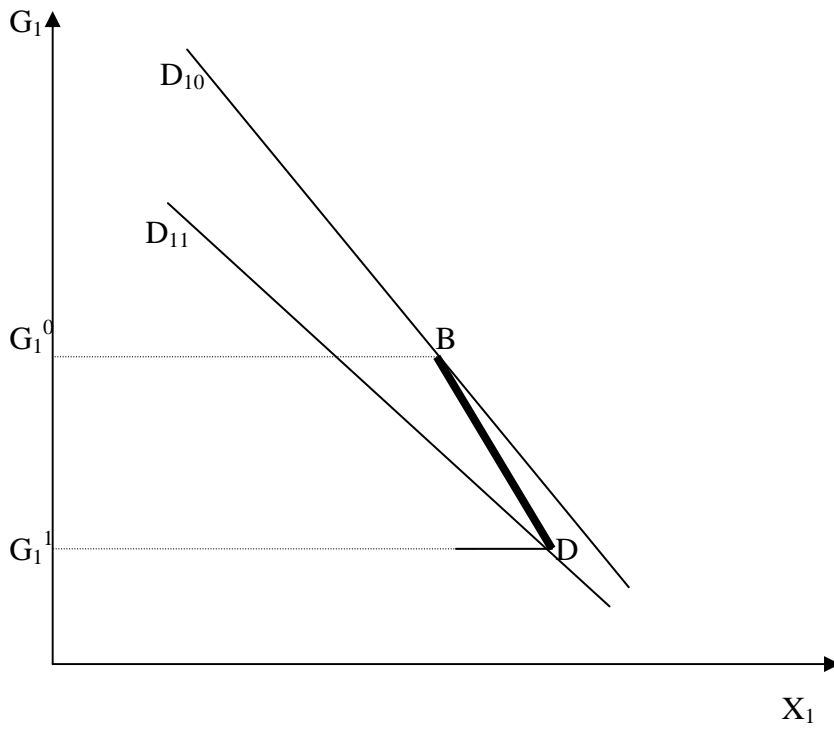
Vår etterspørselsmodell, som vi skreiv opp ovenfor, er helt generell: Når G_n endrer seg, endrer X -ene seg i alle likningene. Vår tilbudsmodell er derimot ganske spesiell (ingen køer). Derfor får vi ingen konsumentoverskudd andre steder enn der tiltaket endrer de generaliserte kostnadene.

Hva skjer med konsumentoverskuddene hvis tiltaket endrer generaliserte kostnader i *to* reisemarkeder? Vi antar fremdeles ingen køer, og heller ingen andre former for endring av kostnadene når etterspørselskurvene flytter seg. Vi kan da nøye oss med å se på de to markedene der tiltaket endrer generaliserte kostnader. (Helt generelt kan vi alltid nøye oss med å se på de markedene der tiltaket endrer de generaliserte kostnadene når vi skal finne konsumentoverskuddene). Men det skjer noe rart – konsumentoverskuddene må beregnes på en litt annen måte enn en skulle tro, nemlig som arealet mellom prislinjene og det vi skal kalle ”kvasi-etterspørselskurva”. Figuren på neste side illustrerer dette.

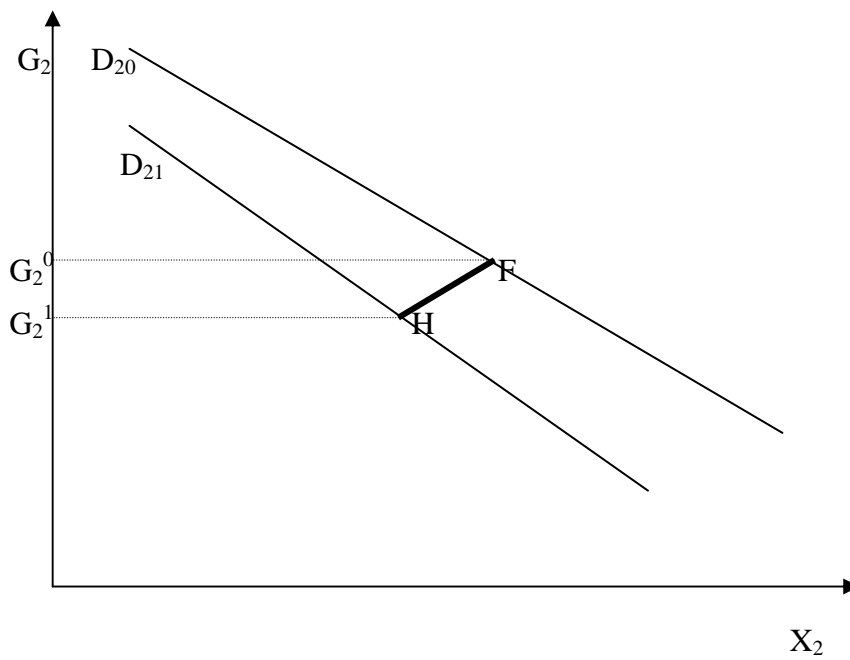
La oss tenke på marked 1 som kollektivmarkedet og marked 2 som bilreisemarkedet, og anta at vi gjennomfører en prosjektpakke som endrer generaliserte kostnader i kollektivmarkedet fra G_1^0 til G_1^1 , og i bilreisemarkedet fra G_2^0 til G_2^1 – en litt mindre forbedring. Vi ser i diagrammet at etterspørselen etter bilreiser er en funksjon av reisekostnaden på kollektiv, siden etterspørselskurva i marked 2 skifter fra D_{20} til D_{21} som et resultat av lavere kollektivkostnader. Samtidig skifter også etterspørselskurva for kollektiv innover fra D_{10} til D_{11} som følge av kostnadsreduksjonen i bilreisemarkedet, så etterspørselen etter kollektivreiser er også følsom for reisekostnaden på bilsida. Totalvirkningen er imidlertid i dette tilfellet flere kollektivreiser og færre bilreiser.

Den riktige konsumentoverskuddsberegningen i dette tilfellet er å addere trapeset $G_1^0BDG_1^1$ i marked nr. 1 og trapeset $G_2^0FHG_2^1$ i marked nr. 2. Det er altså samme regelen som vi lærte i kapittel 2, bortsett fra at de tjukke linjene BD og FH slett ikke er vanlige etterspørselskurver, men representerer etterspørselen når vi har en samtidig endring i både G_1 og G_2 – og endringen foregår i en bestemt takt. Vi kaller BD og FH kvasi-etterspørselskurver.

MARKED 1



MARKED 2



Ser vi nærmere etter, vil vi finne at denne måten å beregne konsumentoverskuddet på, helt ut samsvarer med regelen vi ga i avsnitt 3.9.2:

”Nytteberegningen gjennomføres ved å beregne konsumentoverskuddet med trapesformelen i alle markeder der reisekostnaden har endret seg, og legge sammen.”

Helt generelt kan vi utvide trapesformelen, slik vi gjenga den i kapittel 2, til et tilfelle med I startsoner, J destinasjonssoner og $I \times J$ reiserelasjoner. Trafikantnyttene av et tiltak som endrer generaliserte kostnader i mange markeder kan beregnes ved trapesformelen i det generelle tilfellet:

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

Vi skal ikke her gi en teoretisk begrunnelse for hvorfor det blir slik⁵. Men faktisk blir det slik også når generaliserte kostnader er funksjoner av etterspørselen, som vi skal se.

3.14 En likevekts transportmodell⁶

Vi skal nå se på tilfellet der tilbudsfunksjonen er en funksjon av etterspørselen, dvs. at det eksisterer kjøproblemer i studieområdet, eller kollektivtilbudet avhenger av etterspørselen. Tilbudsfunksjonen gir altså generalisert reisekostnad i reise-marked n , G_n , som funksjon av trafikksituasjonen. G_n er rutekostnaden for den kostnadsminimale ruta til reiserelasjon n , og består av summen av lenkekostnadene på lenkene som tilhører denne ruta. Trafikksituasjonen er antall kjøretøyer på lenkene i hele nettverket. Som vi husker, kan kjøretida på en lenke, og dermed den generaliserte kostnaden på lenka, være en stigende funksjon av trafikken på lenka. Dette er på grunn av køer og trengsel. Men trafikken på ei lenke som brukes av reiserelasjon n , består ikke bare av trafikken på reiserelasjon n , men av trafikken på *alle* reiserelasjoner som bruker denne lenka som en del av sin kostnadsminimale rute. Det er grunnen til at tilbudskurva blir en funksjon ikke bare av X_n , men av hele etterspørselen i systemet, dvs. av X_n og vektoren $\mathbf{X}_{-n} = (X_1, X_2, \dots, X_N)$ av alle X -er unntatt X_n .

Anta nå at antall kjøretøyer K_n som brukes på reiserelasjon n er en funksjon av etterspørselen X_n , $K_n = K_n(X_n)$. Det samme er tilfelle for de andre reiserelasjonene. Tilbudsfunksjonen kan da skrives

$$G_n = F_n(K_1(X_1), \dots, K_N(X_N)) = S_n(X_n, \mathbf{X}_{-n})$$

De N etterspørselsfunksjonene kunne vi skrive på sammenpresset form (vektorform) som $\mathbf{X} = \mathbf{D}(\mathbf{G})$, og de N tilbudsfunksjonene som $\mathbf{G} = \mathbf{S}(\mathbf{X})$. Dette er $2N$ likninger til å finne de $2N$ ukjente $\mathbf{X} = (X_1, \dots, X_N)$ og $\mathbf{G} = (G_1, \dots, G_N)$. En slik

⁵ For de interesserte: Trapesformelen i det generelle tilfellet er en førsteordens tilnærming til linjeintegralet av etterspørselsfunksjonene langs den rette linja fra \mathbf{G}^0 til \mathbf{G}^1 . Eller med andre ord: Hotellings generelle konsumentoverskudd med den rette linja som integrasjonsveg, anvendt på aggregerte etterspørselsfunksjoner.

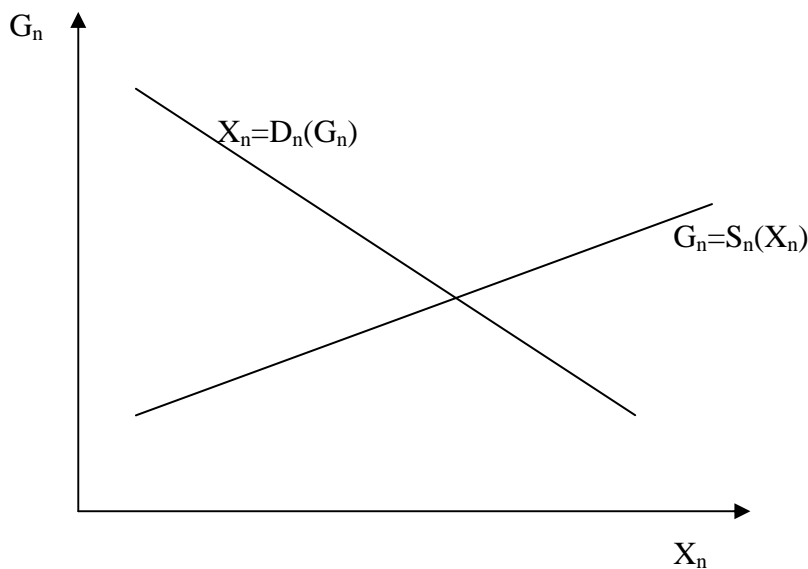
⁶ Avsnittene 3.14 og 3.15 inneholder delvis noe tyngre stoff enn resten av veilederen, og kan hoppes over.

samling av $2N$ likninger, eller en hvilken som helst modell som i siste instans kan kokes ned til disse $2N$ likningene, skal vi kalle en **likevekts transportmodell** av det transportsystemet med N reiserelasjoner som vi ser på. Den første halvparten, $\mathbf{X} = \mathbf{D}(\mathbf{G})$, kaller vi etterspørselsmodellen, og den siste halvparten, $\mathbf{G} = \mathbf{S}(\mathbf{X})$, kaller vi rutevalgmodellen.

3.14.1 Diagram over et bilreisemarked

Hvorfor kaller vi det en likevekts transportmodell, og hvorfor kaller vi rutevalgmodellen en tilbudsmodell? Det blir klarere hvis vi ser på et diagram over etterspørsel og tilbud i ett av reisemarkedene (marked nr. n). For at etterspørselsfunksjonen og tilbudsfunksjonen skal være entydige i et slikt diagram, må vi forutsette at \mathbf{G}_n og \mathbf{X}_n , altså kostnader og etterspørsel i de øvrige markedene, holdes konstante.

Vi antar først at reisemarked nr. n er et bilreisemarked.



Tilbudskurven er her stigende fordi jo flere som reiser med bil på denne relasjonen, jo flere kjøretøyer på hver av lenkene som inngår i den kostnadsminimale ruta. Dette gir køer og mindre fart. Tilbudskurva er imidlertid løsningen av rutevalgmodellen for ulike X_n . Derfor er det ikke sikkert at den kostnadsminimale ruta (eller de kostnadsminimale rutene) er de samme langs hele tilbudskurva. Det er heller ikke sikkert at trafikken fra de andre reiserelasjonene velger samme rute langs hele vår tilbudskurve. Kanskje finner man etterhvert ut at når relasjon n fyller opp lenkene med sine biler, er det mer fornuftig for de andre å velge andre ruter. Tilbudskurva har derfor innebygd en form for likevekt i seg, nemlig brukerlikevekta i rutevalget. Den må *ikke* forveksles med en volume-delayfunksjon for

en enkelt lenke, men er sannsynligvis langt slakkere, og kan inneholde ganske flate områder.

Likevektspunktet er der hvor etterspørselskurva skjærer tilbudskurva. Dette er en *annen* form for likevekt enn den som er innebygd i rutevalget. Den kommer i *tillegg* til likevekta med hensyn til rutevalget, som gjelder langs hele tilbudskurva. Det som kommer i tillegg i krysningpunktet, er at ingen som har gitt seg ut på en reise på reiserelasjon n , vil ha grunn til å angre på det fordi reisekostnaden viser seg å være større enn han trudde, og ingen lar være å reise fordi de tror reisekostnadene er større enn de faktisk er. I alle punkter på etterspørselskurva til venstre for likevektspunktet vil det være noen som har latt være å reise, til tross for at reisekostnadene faktisk er så lave at de hadde sett seg tjent med å gjøre det. I alle punkter på etterspørselskurva til høyre for likevektspunktet vil det være noen av de reisende som finner ut at det koster mer enn de ser seg tjent med. Bare i likevektspunktet vil kostnadene motsvare forventningene.

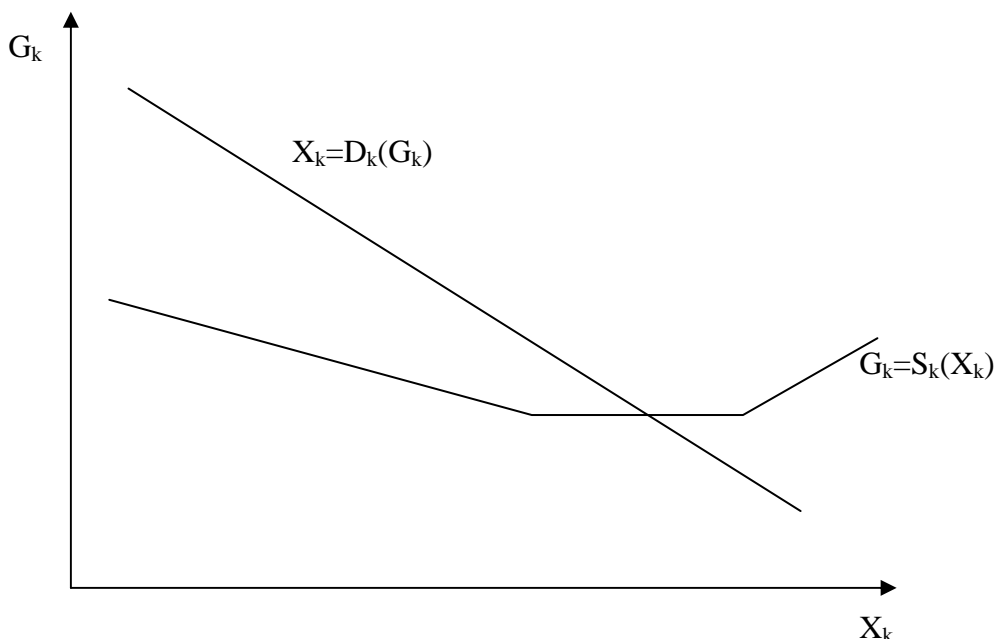
Den doble likevekta som hersker i krysningpunktet, innebærer altså både at folk ikke skal angre på at de reiste, og at de ikke angre på rutevalget, gitt at de har bestemt seg for å reise.

En modell som finner slike doble likevektspunkter i alle markeder, er altså bare realistisk hvis folk kjenner trafikkforholdene meget godt i den perioden de reiser, hvilket igjen vil si at de er ensartede fra dag til dag. Om dette er ganske urealistisk, så er det likevel mer realistisk enn at de skal ta systematisk feil – hvilket er hva vi forutsetter hvis vi finner etterspørselen uten å undersøke om reisekostnadene faktisk blir som vi trudde ved denne etterspørselen, eller om vi finner rutevalget uten å undersøke om etterspørselen faktisk blir som forutsatt med de reisekostnadene som rutevalget gir.

Til tross for at vi snakker om et bilreisemarked, er det altså ingen markedsløsning vi får her. De som reiser med bil, kjøper jo ikke bilreiser på markedet. Isteden er det et samsvar mellom faktiske og forventede reisekostnader. Tilbudskurva har den meningen at den forteller han som skal produsere sin egen bilreise, hvilke vilkår han må regne med å produsere under, dvs. hvor mye han må sette inn av egen tid.

3.14.2 Diagram over et kollektivreisemarked

La oss nå se på et tilsvarende diagram for et kollektivreisemarked.



Her har tilbudskurva et synkende, et flatt og et stigende parti. Dette er ment som en illustrasjon av tre forhold som påvirker reisekostnadene. I den venstre del av kurva har vi den såkalte Mohringeffekten, som innebærer at jo flere som etterspør kollektivtrafikk, jo hyppigere avganger gir det grunnlag for. Men hyppigere avganger gir mindre åpen og skjult ventetid, og dermed mindre samlet tidskostnad. For at tilbudskurva faktisk skal få en slik helning, må vi imidlertid sørge for at kollektivselskapet ikke møter den økte etterspørselen med større kapasitet pr. avgang istedet for flere avganger.

Til høyre i bildet stiger tilbudskurva. Dette har to årsaker. For det første medvirker den økte etterspørselen til lengre av- og påstigningstider ved holdeplassene, eller til hyppigere stopp, dersom bussen stopper på signal. Tiltak som gjør av- og påstigning raskere, som større dører og påstigning både foran og bak, vil kunne være viktige virkemidler for å motvirke dette. Ekspresavganger er også et aktuelt virkemiddel. For det andre kan det oppstå trengsel på kjørevegen. Dette kan være viktig i flere situasjoner. Det kan finnes overbelastede kollektivårer i sentrum av de store byene, der trikker og busser går i vegen for hverandre. Enda viktigere er sannsynligvis trengselsproblemer på enkeltsporede jernbanestrekninger, fordi nær sagt uansett hvor liten belastningen er i utgangspunktet, vil en avgang til bety venting ved krysningspor for den eksisterende trafikken og den nye. Flere krysningspor, og i siste instans dobbeltspor, er naturligvis de tiltakene om i første rekke kan bøte på dette.

I midtpartiet fører den økte etterspørselen ikke til noen reaksjoner fra kollektivselskapet, og heller ikke til plunder og heft ved av- og påstigning. Dette er en realistisk antakelse når kapasiteten pr. avgang ikke utnyttes fullt ut, og kollektivselskapet er bundet til den kjøretøystørrelsen og den frekvensen som er. Slik sett kunne vi tenke oss at dette flate partiet var plassert til venstre i figuren. Når vi

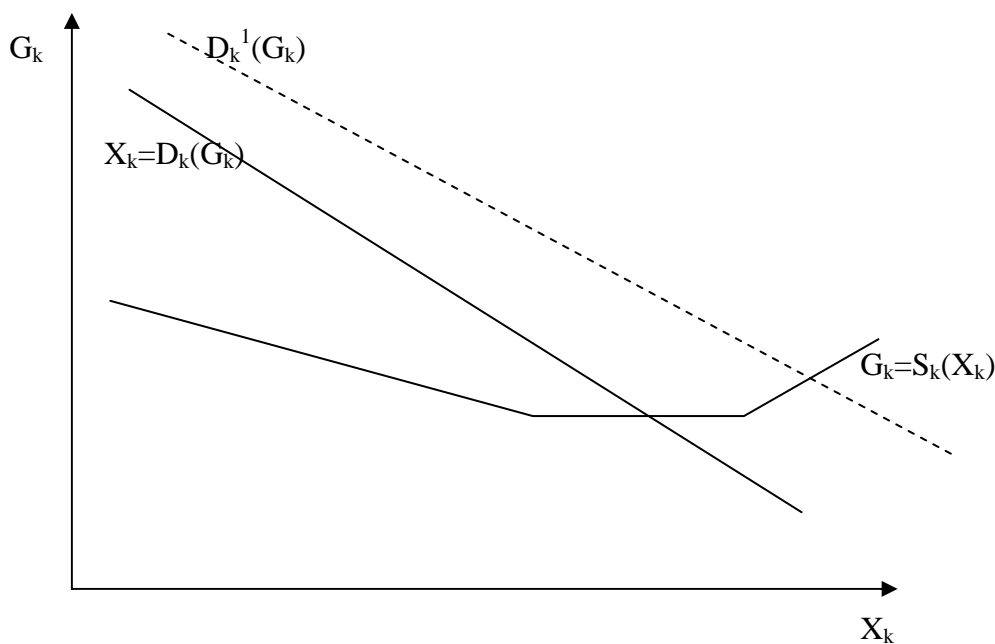
imidlertid har plassert det i midten, er det fordi det skal gjenspeile at de tendensene som virker til høyre og til venstre i figuren, her motvirker hverandre.

Legg merke til at ”innbakt” i tilbudskurva ligger kollektivselskapenes reaksjoner på etterspørselsforandringer. Fram til nå har disse reaksjonene vært godt kjent, fordi det bare er ett selskap på en viss reiserelasjon, og fordi dette selskapet gjør det myndighetene sier det skal gjøre. Med konkurranseeksponering og økt bedriftsøkonomisk handlefrihet står vi imidlertid i en prinsipielt annen situasjon, og det kan være nødvendig å skaffe seg en eksplisitt modell som forklarer og predikerer kollektivselskapenes reaksjonsmønster – en tilbudsmodell. I denne veilederen vil vi imidlertid – så lenge det går – anta at myndighetene har full kontroll med kollektivselskapets tilpasning, og dermed kjenner tilbudskurva.

Kollektivmarkedet er et virkelig marked, så her er likevektspunktet en markedslikevekt.

3.14.3 Skift i etterspørselen

Vi betrakter nå et skift i etterspørselskurva.



Her har etterspørselsfunksjonen forandret seg fra $D_k(G_k)$ til $D_k^1(G_k)$. Det kan være to grunner til det. Den første er at reisekostnadene i andre markeder har endret seg, og medført overført trafikk til marked nr. k. Som man husker, er etterspørselsfunksjonene egentlig også funksjoner av alle de andre reisekostnadene, \mathbf{G}_{-k} . Men for det andre kan etterspørselsfunksjonen ha skiftet på grunn av andre forhold enn de som eksplisitt er tatt inn i funksjonen som argumenter. Vi nevnte tidligere tre typer av slike forhold:

- Attraktiviteten til destinasjonssonen med hensyn til de ulike aktivitetene som kan gjennomføres der,

- komfort og andre kvalitetsegenskaper ved transportmåten, og
- inntektsutviklingen og den demografiske utviklingen i startsonen.

Det kan finnes flere.

Hvis vi bruker en transportmodell til våre analyser, vil vi stort sett ha kontroll med hvordan etterspørselen skifter med den første og den siste av disse tre faktorene. Den andre er imidlertid uansett mer problematisk. Dette skaper vanskeligheter ved nyttekostnadsanalyser av kvalitetsforbedrende tiltak.

3.15 Kvasi-etterspørselskurver og trafikantnytte

Som i avsnitt 3.13, vil vi også her beregne trafikantnyttene av et tiltak som konsumentoverskuddet beregnet på grunnlag av kvasi-etterspørselskurver. Der så vi at denne metoden var nødvendig når et tiltak medførte endrede generaliserte kostnader i flere markeder. Nå skal vi se at endrede generaliserte kostnader nødvendigvis må oppstå i alle markeder der tilbudskurva ikke er vannrett, og der etterspørselen er en funksjon av generaliserte kostnader i reisemarkeder der de generaliserte kostnadene endrer seg, enten det er direkte som følge av tiltaket eller indirekte som følge av skift i etterspørselen.

Vi gjentar vårt eksempel med to markeder, men denne gangen er tilbudskurvene ikke vannrette. De to reisemarkedene er 1 og 2. Etterspørselen i hvert av dem er en funksjon av reisekostnaden i begge markeder. Vi antar at etterspørselen etter reiser i marked 1 synker når reisekostnaden G_1 stiger, og stiger når reisekostnaden i det andre markedet, G_2 , stiger. Tilsvarende for marked 2: etterspørselen synker når egen kostnad stiger, og stiger når kostnaden i marked 1 stiger.

Vi ser på et tiltak som reduserer G_1 , dvs. skifter tilbudskurva S i marked 1 nedover fra S_{10} til S_{11} . Dette har en negativ virkning på etterspørselen i marked 2, dvs. at etterspørselskurva der skifter nedover. Dette endrer imidlertid reisekostnaden i marked 2, og derfor får etterspørselskurva også i marked 1 et skift. Sluttstillingen er avbildet i diagrammet. Etterspørselskurva i marked 1 har skiftet fra D_{10} til D_{11} , og i marked 2 fra D_{20} til D_{21} .

Marked 1, der tiltaket settes inn, kan antas å være et kollektivmarked, ettersom tilbudskurva er fallende (Mohringeffekten gjør seg gjeldende). Marked 2 er det parallelle bilreisemarkedet. Sluttresultatet av tiltaket er at likevektspunktet i kollektivmarkedet er endret fra punkt B til punkt D, og likevekta i bilreisemarkedet fra punkt F til G. Tiltaket har altså redusert kostnadene i begge markeder. I bilreisemarkedet er det på grunn av redusert trafikk og mindre køer, og ikke på grunn av at det er gjort noe tiltak direkte i dette markedet.

Under visse forutsetninger, som vi *alltid* skal anta er oppfylt i våre nyttekostnadsanalyser av kollektivtiltak, er den samlede nytten av dette for trafikantene lik de to trapesene ABCD og EFGH. En vil se at siden mer enn en kostnad har endret seg, og etterspørselskurvene dermed har fått skift, er dette *ikke* det samme som arealet under de opprinnelige etterspørselskurvene og mellom de to kostnadslinjene for likevektskostnad før og etter tiltaket. Den vanlige definisjonen av konsumentoverskuddet holder altså ikke her (se kapittel 2).

Vi kaller de rette linjene mellom gammelt og nytt likevektspunkt, altså BD og FG, for kvasi-etterspørselskurver. De viser hvordan etterspørselen i hvert av markedene endrer seg ved denne samtidige endringen i likevekts G_1 og G_2 . Eller for å være nøyaktig: De gjør ikke akkurat det, men de viser hvordan bevegelsen fra B til C og fra F til G kunne *tenkes* å foregå.

Med denne definisjonen kan vi si at konsumentoverskuddet i hvert av markedene er arealet mellom prislinjene (linjene AB og DC i marked 1, og EF og HG i marked 2) og mellom G-aksen og kvasi-etterspørselskurvene. Bortsett fra at kvasi-etterspørselskurver åpenbart kan helle motsatt veg av vanlige etterspørselskurver, er dette den samme definisjonen av konsumentoverskuddet som før.

Dette gjelder også ved samtidige endringer i likevektspunktet i et vilkårlig antall reisemarkeder. Den totale trafikantnytten finner vi uansett ved å summere konsumentoverskuddene i alle markedene. Eller med andre ord: Trapezformelen i det generelle tilfellet:

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

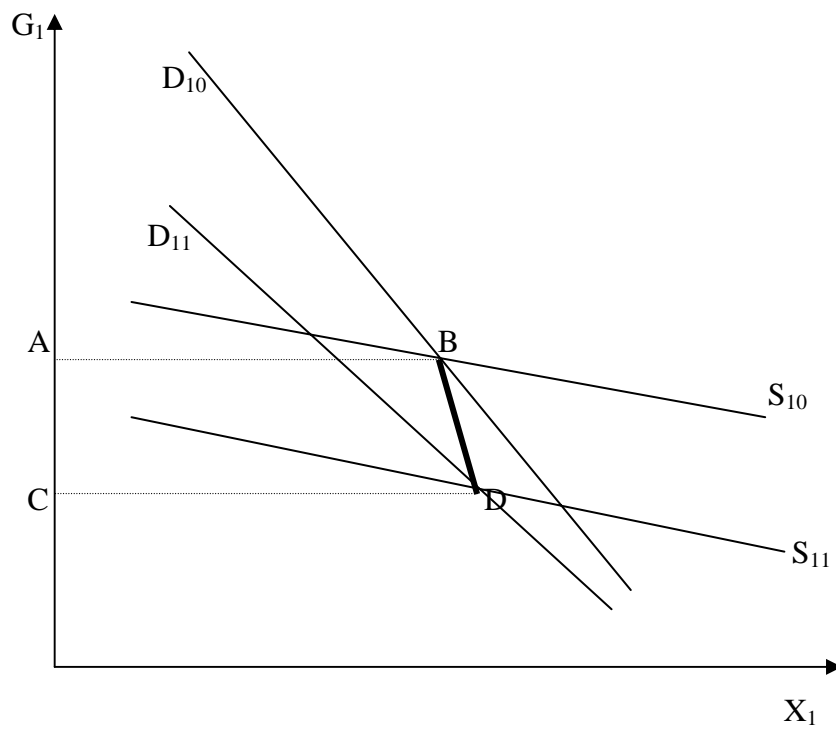
gjelder også ved nytteberegning basert på en likevekts transportmodell (se avsnitt 3.13).

3.17 Oppsummering

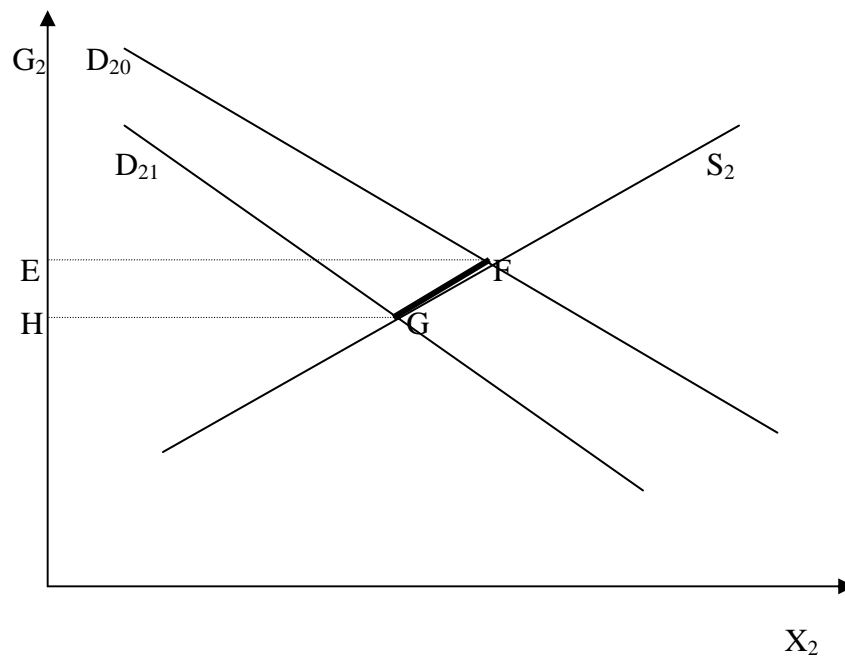
I dette kapitlet har vi fremmet allmenne begreper og en allmenn måte å betrakte et transportsystem på – vi kunne kalle det en filosofi eller en verdensanskuelse (hvis verden bare besto av transportproblemer). Dette generelle rammeverket er verken sosialøkonomi eller transportmodellering, men et utgangspunkt for å kombinere de to, slik at økonomen går fram på en måte som er forståelig for ingeniøren, og ingeniøren går fram på en måte som samsvarer med økonomens prinsipper. Helt udiskutabelt er vel ikke alle ting i dette rammeverket, og det vil måtte endres når transportøkonomien og transportmodelleringen endrer seg. Men for øyeblikket er det langs disse linjene vi skal analysere alle kollektivtiltak.

Hvis det skulle være behov for å endre på dette rammeverket, tror vi det vil være definisjonen av reiser i avsnitt 3.9. Det kan nemlig være aktuelt å skille reisemarkedene etter reisehensikt i tillegg til startsted, bestemmelsessted, transportmåte og periode. Grunnen er at reisehensiktene har ulike tidsverdier og kan være ulike følsomme for endringer i generaliserte kostnader. Skiller vi ikke etter reisehensikt, må vi bruke gjennomsnittlige tidsverdier fra Killi (1999), mens vi kan bruke mer nøyaktige tidsverdier fra samme kilde hvis vi gjør et slikt skille. Samtidig kan vi bruke mer realistiske etterspørselsfunksjoner.

MARKED 1



MARKED 2



4 Arbeidsgangen i en nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak

Undersøk først om tiltaket faller inn under de tiltak som kan beregnes med vårt standardiserte verktøy (jfr. kapittel 5). Hvis ikke, kan du allikevel i noen tilfeller finne tips til framgangsmåter i kapittel 5.

For å kunne nyttiggjøre deg av veiledningen nedenfor, trenger du å være fortrolig med stoffet i kapittel 3.

Vi antar nå at du kan bruke vårt standardiserte opplegg. Treff en beslutning om du vil bruke kostnadsminimeringsmetoden eller nyttemaksimeringsmetoden. Husk at kostnadsminimeringsmetoden forutsetter at de reisende ikke endrer sin tilpasning eller atferd som følge av tiltaket. Det er derfor bare en god metode hvis du skal gjøre et grovt overslag, eller hvis tiltaket ikke har særlig stor betydning for valg av reisehyppighet, bestemmelsessted eller transportmåte for noen grupper av reisende.

De to framgangsmåtene beskrives her hver for seg, da de er meget ulike når det gjelder arbeidsopplegget.

4.1 Arbeidsgangen ved nyttemaksimeringsmetoden

For å gjøre en nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak etter nyttemaksimeringsmetoden må du gå fram slik:

Avgrens studieområdet, del inn i soner og lag nettverket

1. Først må du avgrense studieområdet, inndele det i soner og velge en sentroide i hver sone.
2. For hver transportmåte som skal være med i analysen, etablerer du så et nettverk. Definer og nummerer noder og lenker, og noter de viktigste kjennetegnene ved lenkene, som lengde. I mer kompliserte tilfeller må du bruke et egnet kommersielt program til dette.

Beskriv alternativene

3. Beskriv null-alternativet og alternativet med tiltaket så nøyaktig som mulig. Befolkningen i sonene og deres sammensetning bør være lik i begge alternativer. Tiltaket er kjennetegnet ved visse tiltakskostnader, driftskostnadsendringer og eventuelt en restverdi, og ved de endringer i nettverket og det omkringliggende miljøet det gir opphav til. Null-alternativet og tiltaksalternativet er de to alternativene som skal sammenliknes. Sammenlikningen kan gjelde ett eller flere år.

Foreta trafikkanalyse

4. For hver transportmåte som skal være med i analysen, må du etablere en OD-matrise for nullalternativet (eller en for hvert av årene som undersøkes, dersom det er flere). Dette er en matrise der antall reisende mellom hvert sonepar er satt opp. Benytt tellinger og andre data, og estimer matrisene med verktøyet "Balansering" eller andre verktøy (kapittel 6).
5. Spesifiser etterspørselsmodellen, dvs. hvordan reiseetterspørselen på hver reiserelasjon antas å endre seg med de generaliserte kostnadene på denne og andre relasjoner (kapittel 7).
6. For hver transportmåte som skal være med i analysen, må du fastlegge lenkekostnadene, målt i generaliserte kostnader, på hver lenke i nettverket i null-alternativet og i tiltaksalternativet. I købelastede byområder fastlegger du en volume-delayfunksjon istedet for en konstant lenkekostnad (kapittel 8).
7. For hvert reisemarked finner du reisekostnaden i null-alternativet ved å summere lenkekostnadene langs den kostnadsminimale ruta. I kompliserte tilfeller kan du trenge en rutevalgmodell til dette (kapittel 8).
8. Hvis det ikke er fare for kø i systemet i tiltaksalternativet, finner du reisekostnaden for hvert reisemarked i tiltaksalternativet på samme måte som i null-alternativet.
9. Hvis det er fare for kø i tiltaksalternativet, må vi sikre at de reisekostnadene vi finner fram til på bakgrunn av en viss etterspørsel, er de samme som ligger til grunn når denne etterspørselen ble anslått. Det vil si at vi må finne likevektpunktet i systemet. Dette gjør vi ved å finne løsningen på det simultane likningssystemet $\mathbf{X} = \mathbf{D}(\mathbf{G})$ og $\mathbf{G} = \mathbf{S}(\mathbf{X})$, som består av alle etterspørselsfunksjonene for alle reiserelasjonene og alle tilbudsfunksjonene for alle reiserelasjonene (kapittel 3). I enklere tilfeller kan det kanskje gjøres med prøving og feiling, men mer kompliserte matematiske metoder kan være nødvendig for systemer med realistisk størrelse.
10. Resultatet av arbeidet i pkt. 4-9 sammenfattes i etterspørselsmatriser og kostnadsmatriser for hver transportmåte i nullalternativet og tiltaksalternativet.

Foreta risikovurderinger

11. Bestem risikopremien som skal brukes på de ulike nytte- og kostnadselementene i tråd med Finansdepartementets retningslinjer (kapittel 10).
12. Vurder om det finnes en milepælsrisiko eller en grad av irreversibilitet knyttet til tiltaket som tilsier spesielle framgangsmåter (kapittel 10).

Foreta nytteberegningen

13. Etterspørsels- og kostnadsmatrisene gis inn i nytteberegningsprogrammet "Nytte". Alternativt kan du bruke dem som grunnlag for å håndregne hvert av nytte- og kostnadselementene for det året som er beregnet, og foreta neddiskontering i henhold til opplegget i kapittel 11.

14. Enkelte nytte- og kostnadselementer, som investeringskostnader, driftskostnader for kollektivtrafikken og miljø- og ulykkeskostnader, beregnes separat til slutt og føyes til i totalregnestykket. (Hhv. kapittel 11, 9 og 8)

Presenter resultatet

15. Tiltaket, forutsetninger, metoder og data beskrives verbalt. Risikovurderingen omtales. Ikke-kvantiserte og ikke-verdsatte konsekvenser omtales og analyseres i henhold til et eget opplegg, utarbeidet i Asplan Viak (1999).
16. Resultatet føres inn i resultattabellene og kommenteres verbalt.
17. Konklusjon og anbefaling. Det legges særlig vekt på å framheve usikre deler av beregningene og mulige fordelingsvirkninger.
18. Følsomhetsanalyser gjennomføres for faktorer som har vesentlig betydning for konklusjonene.

4.2 Arbeidsgangen ved kostnadsminimeringsmetoden

For å gjøre en nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak etter kostnadsminimeringsmetoden må du gå fram slik:

Avgrens studieområdet

1. Avgrens studieområdet ved å ta stilling til følgende spørsmål: Finns det muligheter til at trafikantene skal skifte rute som følge av tiltaket? ⁷ Hvis nei kan du avgrense studieområdet til den umiddelbare omegnen rundt der hvor tiltaket gjennomføres. Hvis ja må du inkludere alle soner der de reisende kan endre rutevalget i studieområdet. Du må da dele inn studieområdet i soner og velge en sentroide i hver sone.

Videre framgangsmåte hvis rutevalg ikke er en aktuell tilpasning

2. Beskriv null-alternativet og alternativet med tiltaket så nøyaktig som mulig. Befolkningen og trafikkutviklingen bør være lik i begge alternativer. Tiltaket er kjennetegnet ved visse tiltakskostnader, driftskostnadsendringer og eventuelt en restverdi, og ved de endringer i tiltaksområdet og det omkringliggende miljøet det gir opphav til. Null-alternativet og tiltaksalternativet er de to alternativene som skal sammenliknes. Sammenlikningen kan gjelde ett eller flere år.
3. For alle transportmåter som drar nytte av tiltaket eller berøres negativt, beregn kostnadsbesparelsen for trafikantene og operatørselskapene. ⁸ Fortsett til punkt 11 nedenfor.

⁷ Andre former for tilpasning har vi allerede sett bort fra ved valget av denne metoden. Vær oppmerksom på at spørsmålet om rutevalg også kan gjelde kollektivtrafikantene: De kan velge andre busslinjer enn før, eller velge andre steder for overganger osv.

⁸ Dette er i bunn og grunn EFFEKT-metoden, men utvidet til å omfatte kollektivtrafikanter og kollektivselskaper, og eventuelt innskrenket til ikke å omfatte biltrafikken. Du trenger kollektivtrafikantenes tidsverdier og kollektivselskapenes kostnader, men kan forøvrig følge Håndbok 140.

Videre framgangsmåte hvis rutevalg er en aktuell tilpasning

4. For hver transportmåte som skal være med i analysen, etablerer du et nettverk. Definer og nummerer noder og lenker, og noter de viktigste kjennetegnene ved lenkene, som lengde. I mer kompliserte tilfeller må du bruke et egnet kommersielt program til dette.
5. Beskriv null-alternativet og alternativet med tiltaket så nøyaktig som mulig. Befolkningen i sonene og deres sammensetning og trafikkutviklingen bør være lik i begge alternativer. Tiltaket er kjennetegnet ved visse tiltakskostnader, driftskostnadsendringer og eventuelt en restverdi, og ved de endringer i nettverket og det omkringliggende miljøet det gir opphav til. Null-alternativet og tiltaksalternativet er de to alternativene som skal sammenliknes. Sammenlikningen kan gjelde ett eller flere år.
6. For hver transportmåte som skal være med i analysen, må du etablere en OD-matrise for nullalternativet (eller en for hvert av årene som undersøkes, dersom det er flere). Dette er en matrise der antall reisende mellom hvert sonepar er satt opp. Benytt tellinger og andre data, og estimer matrisene med verktøyet "Balansering" eller andre verktøy. Denne OD-matrisa skal også brukes i tiltaksalternativet (kapittel 6 og 7).
7. For hver transportmåte som skal være med i analysen, må du fastlegge lenkekostnadene, målt i generaliserte kostnader, på hver lenke i nettverket i nullalternativet og i tiltaksalternativet. I købelastede byområder fastlegger du en volume-delayfunksjon istedet for en konstant lenkekostnad. Kun meget moderate køproblemer kan behandles med kostnadsminimeringsmetoden. (kapittel 8).
8. For hvert reisemarked finner du reisekostnaden i null-alternativet ved å summere lenkekostnadene langs den kostnadsminimale ruta. I kompliserte tilfeller kan du trenge en rutevalgmodell til dette.
9. Du finner reisekostnaden for hvert reisemarked i tiltaksalternativet på samme måte som i null-alternativet.
10. For hvert reisemarked der reisekostnaden har forandret seg fra nullalternativet til tiltaksalternativet, beregner du den totale besparelsen for trafikantene. Om ønskelig kan du istedet sette opp etterspørselsmatriser og kostnadsmatriser for hver transportmåte i nullalternativet og tiltaksalternativet og mate matrisene inn i nyttekostnadsberegningsprogrammet, se pkt. 13 under.

Foreta risikovurderinger

11. Bestem risikopremien som skal brukes på de ulike nytte- og kostnadselementene i tråd med Finansdepartementets retningslinjer (kapittel 10).
12. Vurder om det finnes en milepælsrisiko eller en grad av irreversibilitet knyttet til tiltaket som tilsier spesielle framgangsmåter (kapittel 10).

Foreta nytteberegningen

13. Etterspørsels- og kostnadsmatrisene gis inn i nytteberegningsprogrammet "Nytte". Alternativt kan du håndregne hvert av nytte- og kostnadselementene

for det året som er beregnet, og foreta neddiskontering i henhold til opplegget i kapittel 11.

14. Enkelte nytte- og kostnadselementer, som investeringskostnader, driftskostnader for kollektivtrafikken og miljø- og ulykkeskostnader, beregnes separat til slutt og føyes til i totalregnestykket. (Hhv. kapittel 11, 9 og 8)

Presenter resultatet

15. Tiltaket, forutsetninger, metoder og data beskrives verbalt. Risikovurderingen omtales. Ikke-kvantiserte og ikke-verdsatte konsekvenser omtales og analyseres i henhold til et eget opplegg, utarbeidet i Asplan Viak (1999).
16. Resultatet føres inn i resultattabellene og kommenteres verbalt.
17. Konklusjon og anbefaling. Det legges særlig vekt på å framheve usikre deler av beregningene og mulige fordelingsvirkninger.
18. Følsomhetsanalyser gjennomføres for faktorer som har vesentlig betydning for konklusjonene.

4.3 Nærmere om beskrivelsen av tiltakene, alternativene og analyseperioden

NOU 1998:16 har laget en sjekklister for deloppgavene i en nyttekostnadsanalyse. I forslaget til en veileder i nyttekostnadsanalyser for Luftfartsverket gjennomgår Bråthen m fl (1999) prosedyren for gjennomføringen av en nytte-kostnadsanalyse. Fremstillingen her er i stor grad basert på disse.

4.3.1 Problembeskrivelse. Definer prosjektet mål

Hensikten med prosjektet, eller prosjektets mål, må gjøres klart (defineres). Hva er det som man ønsker å endre med prosjektet? Prosjektet kan ha flere mål, som f.eks. hvis nytt bussmateriell både har som mål å gjøre det lettere for eldre og uføre å bruke bussen, redusere av- og påstigningstid og redusere utslipp. Men selv om prosjektet har bare ett uttalt mål, vil prosjektet normalt påvirke andre forhold som også må tas med i betraktning.

Et mål vil kunne nås ved bruk av forskjellige tiltak som kan ha forskjellige virkninger for øvrig. Spesifisering av de muligheter for tiltak som foreligger er en svært viktig del av nyttekostnadsanalysen.

Et alternativ som alltid er tilstede er å ikke gjennomføre noe tiltak som oppnår det definerte målet. Dette kalles nullalternativet. Nullalternativt utgjør et basisalternativ som andre tiltak må vurderes mot. Hvis andre tiltak ikke er gunstigere enn nullalternativet bør de ikke gjennomføres.

Det må understrekes at nullalternativet ikke er et "status quo"-alternativ hvor intet er forandret i forhold til dagens situasjon. Nullalternativet skal være en realistisk

beskrivelse av hvordan situasjonen ville vært uten tiltak. Det betyr at følgende to forhold må tas hensyn til:

1. Trender, dvs endringer som vil komme uavhengig av eventuelle tiltak. Hvis det f eks planlegges en forbedring av et kryss og det forventes at trafikken gjennom krysset vil endres, må dette tas hensyn til i nullalternativet.
2. Tiltak som allerede er besluttet gjennomført. Slike tiltak forandrer selvfølgelig situasjonen, slik at virkningen av disse tiltakene må tas med i beregningen ved vurdering av nye tiltak. Alle allerede vedtatte tiltak må derfor være med i null-alternativet. Som en regel vil vi også inkludere de relevante tiltakene i gjeldende transportplan i nullalternativet, med mindre det er eller kan oppstå usikkerhet om dem etter at planen ble vedtatt.

4.3.2 Spesifiser handlingsalternativene

Et mål vil normalt kunne nås ved bruk av ulike tiltak. Tiltakene vil variere med hensyn på grad av måloppfyllelse, investerings- og driftskostnader og andre gunstige og ugunstige virkninger av tiltaket. Hvis en f eks vil anlegge et kollektivfelt langs en hovedinnfartsåre, vil virkningen for kollektivtrafikken bli større jo større del av vegen som får et slikt felt. En større utvidelse gir derfor bedre måloppfyllelse enn en mindre. Til gjengjeld blir investeringskostnadene større. I dette tilfellet må to ulike nivåer betraktes som forskjellige tiltak eller handlingsalternativer.

Det er viktig å få en oversikt over mulige tiltak før noen nyttekostnadsanalyse foretas. Dvs at handlingsalternativene må spesifiseres. Dersom noen tiltak åpenbart er dårligere enn andre, kan de elimineres allerede i utgangspunktet uten at det er nødvendig å ta dem med i nyttekostnadsanalysen. Når tiltak har svært ulike virkningsprofiler, f eks hvis et tiltak gir bedre måloppfyllelse, men til gjengjeld har flere uønskede virkninger, kan først en nyttekostnadsanalyse bestemme hvilket som er best.

4.3.3 Beskriv virkningene av tiltakene

For å kunne vurdere tiltakene gjennom en nyttekostnadsanalyse må virkningen av tiltakene være kjent. Et ledd i nyttekostnadsanalysen er følgelig å gi en mest mulig fullstendig og detaljert beskrivelse av virkningene for hvert alternativ.

Virkninger kan være på ulike nivåer. Vegdirektoratet skiller mellom de umiddelbare konsekvenser, kalt effekter, og de fordeler og ulemper for mennesker det medfører, kalt konsekvensene. Den økonomiske velferdsteorien sier at *det er konsekvensene som skal verdsettes*.

Virkningsbeskrivelsen som er nødvendig for å kunne gjennomføre en nytte-kostnadsanalyse, må da inkludere følgende:

1. Identifisering av de fysiske virkningene av tiltaket, dvs effektene.
2. Hvem blir påvirket av tiltaket, og hvilke fordeler og ulemper bringer det for dem? Dvs. hvilke konsekvenser får tiltaket?

Denne informasjonen gir grunnlag for å *verdsette* konsekvensene. Å verdsette konsekvensene i hver enkelt nyttekostnadsanalyse vil imidlertid kreve at det gjennomføres særskilte verdsettingsundersøkelser i hvert tilfelle. Dette er ikke realistisk. For noen konsekvenser, f.eks. konsekvensene av luftforurensninger, er det forutsatt at det under visse betingelser er en konstant sammenheng mellom de fysiske virkningene og konsekvensene. Når konsekvensene er blitt verdsatt en gang, kan sammenhengen mellom konsekvens og fysiske virkninger brukes til å regne om til en kostnad for den fysiske virkningen. For luftforurensninger, f.eks., oppgis kostnader per kg av forskjellige typer utslipp.

Det er fremdeles nødvendig å undersøke hvem som blir påvirket av tiltaket, og ikke bare de fysiske virkningene, for å kunne vurdere om standardpriser for de fysiske konsekvensene kan brukes i det aktuelle tilfellet.

I tillegg er det viktig å kartlegge hvem som blir berørt av tiltaket for å kunne vurdere de *fordelingsmessige* virkninger. Dette er informasjon som i følge Kostnadsberegningutvalget bør presenteres i tillegg til resultatet av nyttekostnadsanalysen.

4.3.4 Bestem tiltakenes økonomiske levetid og analyseperiode

Den økonomiske levetid er perioden hvor tiltaket medfører nytte eller har noen verdi. Dette behøver ikke være det samme som tiltakets tekniske levetid. Hvis det er økonomisk lønnsomt å erstatte gammelt utstyr som fremdeles kan brukes med nyere, fordi nytt utstyr er mer effektivt eller billigere i drift, er den økonomiske levetiden kortere enn den tekniske.

Analyseperioden er perioden der nytte og kostnader tas i betraktning. Denne kan være forskjellig både fra tiltakets økonomiske og tekniske levetid. I vegsektoren regner man f.eks. en teknisk (og økonomisk) levetid på 40 år, mens analyseperioden er satt til 25 år. Dette innebærer at ved analyseperiodens utløp har fremdeles infrastrukturen en viss verdi, restverdien. Når analyseperioden er kortere enn den økonomiske levetid, må restverdien tas med i nyttekostnadsanalysen. Spørsmålet er da hvordan denne restverdien skal bestemmes.

Den teoretisk riktige restverdien vil være avkastningen eller nytten av infrastruktur eller andre tiltak i perioden fra analyseperiodens slutt til slutten av den økonomiske levetida. Denne vil være vanskelig å bestemme. Som en praktisk tillempning forutsetter vegvesenet lineær avskrivning, og beregner restverdien til $15/40$ av investeringskostnaden. Vi følger denne metoden i analysene av kollektivtiltak, med unntak av kollektivselskapenes rullerende materiell, der vi anlegger det perspektivet at dette materiellet skal fornyes på nytt og på nytt så langt vi kan se.

I tilfeller hvor flere tiltak skal sammenliknes, må alle tiltakene vurderes over den samme analyseperioden. Hvis noe tiltak har kortere økonomisk levetid en analyseperioden, f.eks. hvis den tekniske levetid er kort, må dette tas hensyn til. Dette gjøres ved å betrakte tiltaket med kort levetid som en rekke av to eller flere gjentatte investeringer. Anta at varigheten av en investering er 15 år, slik at det må reinvesteres etter denne perioden. Man bruker da anskaffelsesverdien for den andre investeringen til å beregne restverdien etter 10 år, dvs. ved slutten av analyseperioden. Investeringskostnaden får følgende tre komponenter. Kostnaden av

den opprinnelige investeringen ved prosjektets start, kostnaden ved reinvesteringen etter 15 år og restverdien av reinvesteringen etter 25 år. For de to siste komponentene må nåverdien beregnes ved å diskontere ned med henholdsvis 15 og 25 år.

Alternativt kan tiltakene vurderes over den samme analyseperioden dersom en antar en uendelig analyseperiode. Det er dette vi vil gjøre for rullende materiell. Grunnen er at det erfaringsmessig lett oppstår et etterslep i materiellfornyelsen. Det vil være mest riktig å legge til grunn at et slikt etterslep ikke skal forekomme i framtida, og dette oppnås ved å beregne med uendelig tidshorisont.

4.3.5 Ta stilling til om tiltaket påvirker andre deler av transportsektoren

Dersom et tiltak fører til vesentlige virkninger for annen transport, bør det foretas en samordnet analyse. Et eksempel kan være bedre busstilbud til et havneområde hvor både hurtigbåter og lokale ferjer anløper. Et annet eksempel er anlegg av jernbane til en flyplass. Et tredje er å etablere et busstilbud som betjener samme marked som et togtilbud. "Vesentlige endringer" oppstår dersom reisetiden i tilstøtende transportnett endres, dersom kundegrunnlaget endres, eller dersom det oppstår behov for tiltak i tilstøtende transportnett av andre grunner.

Hovedregelen er at dersom tiltak påvirker andre transportsektorer, skal man anmode om at utredningsarbeid knyttet til tilstøtende sektorer gjennomføres. De berørte sektorer er ansvarlige for selve analysearbeidet. I denne veilederen legger vi opp til en samlet analyse av kollektivtiltak. Dette krever muligens et tettere samarbeid mellom ulike etater og instanser enn det som har vært vanlig til nå.

5 Klassifisering av kollektivtiltak, effekter og konsekvenser

5.1 Vi forutsetter at myndighetene kan styre direkte

Det finnes nært sagt uendelig mange typer av tiltak og virkemidler som kan brukes til å fremme og forbedre kollektivtransporten. Noen av dem må gjennomføres på nasjonalt nivå. Andre er kollektivselskapenes eget ansvar. Vår veileder er i første rekke innrettet på nyttekostnadsanalyse av tiltak som det tilligger kommunene, fylkeskommunene eller vegvesenets regionkontorer å utrede.

I denne veilederen går vi ut fra at myndighetene kan styre frekvens, takstnivå, materiellvalg osv. *direkte*. Slike tiltak inngår altså blant kollektivtiltakene i veilederen. Etterhvert vil dette kunne bli annerledes. Vi må anta at kollektivselskapene i økende grad vil stå fritt på en eller flere av disse punktene. Kollektivtiltak fra myndighetenes side vil da ta form av kontraktsbestemmelser og reguleringer som kollektivselskapet må holde seg innenfor i sin tilpasning. Nøyaktig hvordan de vil tilpasse seg vil være opp til dem. For å kunne gjøre en nyttekostnadsanalyse vil vi da trenge en oppfatning om kollektivselskapets tilpasning. Når det blir aktuelt, vil veilederen måtte suppleres med en vegledning i å kunne forutsi utfallet av konkurransen mellom kollektivselskapene og tilpasningen til de selskapene som vinner i konkurransen. For øyeblikket anses ikke det å være nødvendig.

5.2 Tiltaksgrupper

Vi deler våre kollektivtiltak i to hovedkategorier: Tilbudstiltak og etterspørselstiltak. Et tilbudstiltak vil naturligvis kunne påvirke etterspørselen, og et etterspørselstiltak vil kunne påvirke tilbudet. Inndelingen angår derfor ikke virkningen, men om det er etterspørselskurva eller tilbudskurva i kollektivmarkedet som endrer seg *først* når tiltaket settes inn. Dette har en praktisk betydning, fordi det er vanskeligere å anslå hvor mye etterspørselskurva vil forandre seg enn hvor mye tilbudskurva vil forandre seg med et tiltak. Tilbudstiltak er derfor enklere å nyttekostnadsberegne.

De to hovedkategoriene kan igjen deles i følgende tiltaksgrupper:

Tilbudstiltak

1. Infrastrukturtiltak for kollektiv
2. Drift og bruk av infrastrukturen
3. Drift av kollektivtrafikken

4. Materiellet til kollektivtrafikken
5. Pristiltak

Etterspørselstiltak

6. Trafikkdempende tiltak for bil
7. Gjennomgående kvalitetsforbedringer for kollektiv
8. Opplysning og holdningskampanjer
9. IT-tiltak
10. Arealbrukstiltak

5.3 Tilbudstiltak

5.3.1 Tiltaksgruppe 1: Infrastrukturentiltak for kollektivtransport

11 Kollektivfelt, kollektivgater

Dette vil øke framføringshastigheten for kollektivtrafikken, og dermed i de fleste tilfeller senke framføringstida. Dette kommer trafikkantene til gode. Den viktigste virkningen forøvrig er redusert behov for materiell og mannskaper for kollektivselskapet. For biltrafikken kan tiltaket eventuelt bety forverring.

12 Holdeplasstiltak

Dette er tiltak som innebærer flytting, nedlegging eller opprettelse av holdeplasser (121), eller forbedring av holdeplassens funksjon, f.eks. i form av lettere inn- og utkjøring, tryggere eller raskere påstigning (122).

13 Terminaltiltak

Dette dreier seg enten om 131 *Ny terminal* eller 132 *Forbedring av terminal*. En ny terminal vil danne grunnlag for en ny linjestruktur eller i det minste nye ruteplaner, hvilket vil innebære endrede reisetider og omstigningstider og gangavstander ved omstigning. Forbedring av terminalen vil kunne innebære kortere omstigningstider og gangavstander.

14 Park and ride

Dette tiltaket innebærer å anlegge parkeringsplass ved holdeplasser/stasjoner (141), eller å anlegge sykkelparkering samme steder (142). Disse infrastrukturtiltakene kan også være kombinert med driftstiltak som overvåking av parkeringen, og med pristiltak som rabatter.

5.3.2 Tiltaksgruppe 2: Drift og bruk av infrastrukturen

Dette omfatter trafikkstyring og –regulering for kollektivtrafikk.

21 Kollektivprioritering

Dette tiltaket prioriterer kollektivtrafikk i lyskryss (211), eller gjennom skilting (212), f.eks. i form av forkjørsrett og høyere fartsgrense i gater med kollektiv-

trafikk, eller i form av parkeringsforbud som sikrer framkommeligheten. Virkningene er av samme slag som for kollektivfelt.

22 Trafikkstyring for bane

Dette tiltaket gjelder signal- og sikkerhetssystemet for bane (221) eller prosedyrer for den daglige trafikkledelsen (222). Virkninger på framføringstid, regularitet, materiellbehov og kostnader, samt ulykkesrisiko.

5.3.3 Tiltaksgruppe 3: Driftstiltak

31 Ruteomlegging

Hit hører 311 *Økt antall avganger*, 312 *Ekspressruter* og 313 *Andre ruteomlegginger*. Virkningen er på framføringstider, ventetider, omstigningstider, materiellbehov og kostnader.

32 Elektronisk billettering

En sak for seg er at elektronisk billettering kan gi opphav til endringer i takstrukturen. Det som imidlertid lar seg nyttekostnadsberegne, er virkningen som billetteringssystemet måtte ha på påstigningstida og dermed framføringstida, materiellbehov og kostnader.

5.3.4 Tiltaksgruppe 4: Materiell

41 Materiellfornyelse

Dette tiltaket har alltid bedriftsøkonomiske virkninger på driftskostnader, avskrivninger og finanskostnader for kollektivselskapet. Virkningen for trafikantene varierer. Materiell med større dører og lettere ombordstigning vil kunne påvirke framføringstider. Komfort og sjansen for å få sitteplass vil kunne påvirkes. Miljøvirkninger kan forekomme. Det kan også være andre virkninger.

5.3.5 Tiltaksgruppe 5: Pristiltak

51 Endret takstnivå

Påvirker generalisert kostnad for kollektivreiser direkte.

52 Endret takststruktur

Dette omfatter 521 *Takstsamarbeid*, som endrer takstene på enkelte relasjoner, og 522 *Rabattordninger*, som i praksis vil være en tilnærming til ulike priser i høy- og lavbelastningsperioder. Videre har vi 523 *Endring i relativ pris mellom ulike billettyper*, som også omfatter introduksjon av nye billettyper.

Det er mulig å gjennomføre nyttekostnadsanalyser av verdien av å endre takstrukturen, men et av problemene er at man ikke kan benytte eksisterende transportmodeller i den forbindelsen, siden de bare opererer med en gjennomsnittlig billettpris på en relasjon. Billettprisen kan altså være ulik på hver relasjon, og også ulik på ulike tider av døgnet, men ikke forskjellig for ulike typer brukere.

Hovedproblemene med nyttekostnadsberegning av endret takststruktur vil kunne avklares i en seinere versjon av veilederen.

5.4 Etterspørselstiltak

Tiltak som påvirker etterspørselen kan ha tre hensikter. For det første kan hensikten være å få folk til å reise mindre, sjøl om transporttilbudet er det samme. For det andre kan hensikten være å avvikle en større del av reisene med kollektive transportmidler eller som gang- og sykkelturner, og en mindre del med privatbil. For det tredje kan hensikten være å avvikle en større del av reisene med privatbil som passasjer-reiser, dvs. oppnå flere reisende i hver bil.

Under etterspørselsregulering behandler vi bare slike tiltak som ikke direkte påvirker den generaliserte reisekostnaden for kollektivreiser. Med økonomenes språkbruk kan vi altså si at det dreier seg om tiltak som skal forårsake et *skift* i etterspørselskurvene for kollektivreiser.

Tiltakene i tiltaksgruppe 7, 8 og 9 kan ikke nytteberegnes med den ordinære metoden i denne veilederen. Tiltak i tiltaksgruppe 10 kan bare beregnes med veilederens metode i spesielle tilfeller. For endel tiltak i tiltaksgruppe 7 og 8 er nyttekostnadsanalyse mulig i form av et grovt overslag. Drøftingen av de øvrige tiltakene er tatt med til orientering i tvilstilfeller.

5.4.1 Tiltaksgruppe 6: Trafikkdempende tiltak

Direkte reguleringer og pristiltak med sikte på å gjøre det umulig, tidkrevende eller mindre forlokkende å velge privatbil til visse reiser, eller å velge visse ruter. Vi vil ta med slike tiltak som kollektivtiltak når de er ledd i en plan for å få flere til å velge kollektivt, og ikke når formålet er f.eks. å skjerme et boligområde for trafikk.

Under dette punktet faller *vegprising* (61) og *trafikkregulering* (62), herunder regulering av fart, trafikksanering m.m. når formålet er å redusere biltrafikken generelt. Nyttekostnadsanalyse er mulig.

5.4.2 Tiltaksgruppe 7: Gjennomgående kvalitetsforbedring

Under dette punktet hører bare den typen av kvalitetsforbedringer som ikke på noen måte kan relateres til generaliserte reisekostnader på den enkelte reise. Som sagt innledningsvis, grupperer vi under etterspørselsregulerende tiltak bare tiltak som gir et skift i etterspørselskurvene, ikke tiltak som gir en bevegelse langs etterspørselskurva.

Under gjennomgående kvalitetsforbedringer klassifiserer vi 71 *Økt trygghet*, 72 *Forbedret reinhold og vedlikehold i vognene*, 73 *Forbedret reinhold og vedlikehold på holdeplasser og terminaler*, 74 *Gjennomgående økt standard på holdeplasser, inkludert leskur, benker, innendørs venterom*. Tiltak som gir økt punktlighet og mindre trengsel/større sannsynlighet for sitteplass ombord, vil vi behandle annet sted (Tiltaksgruppe 1, 2, 3 og 4).

Vi kan ikke nyttekostnadsberegne slike standardforbedringer med vår vanlige metode. Dersom vi er villig til å anslå hvilken effekt tiltaket vil ha på kollektiv- etterspørselen, kan vi imidlertid gjøre en grov betraktning av hva det betyr av økte billettinntekter for selskapet, pluss eventuelt nytten for eksisterende passasjerer av økt frekvens, dersom det kan ventes når etterspørselen øker. Endelig må vi prøve å sette kroner og øre på den ulempen som de eksisterende passasjerene blir kvitt ved at standarden øker. Det finnes betalingsvillighetsundersøkelser som sier noe om det.⁹

5.4.3 Tiltaksgruppe 8: Opplysning og holdningskampanjer

Slike kampanjer kan ta sikte på å forandre folks preferanser, slik at de foretrekker mindre transportintensive aktiviteter eller bruker kollektivtransport til sine reiser (81). I mangel av generelle sammenhenger mellom tiltak og virkning har vi ikke annet valg enn å la være å nyttekostnadsberegne slike tiltak.

Slike kampanjer kan også ha til hensikt å informere om et valgalternativ som er lite kjent (82). Dersom vi kan måle hvor mange som kjenner alternativet før og etter kampanjen, kan effekten nytteberegnes. Normalt må vi imidlertid ikke regne med at effekten er særlig langvarig, ettersom det er trolig at folk ville fått kjennskap til alternativet også uten informasjonskampanjen, om enn noe seinere.

Ruteinformasjonstiltak (83) skal gjøre det lettere å holde seg informert om en hvilken som helst del av kollektivtilbudet. Generelt lettere tilgjengelig ruteinformasjon, og ruteinformasjon som er lett å huske, kan antas å ha en mer varig virkning på kollektiv etterspørselen. Tiltakene her er mer leservennlige rutetabeller, bedre spredning av rutetabellene, ruteopplysning på telefon og data, samt informasjon på holdeplasser og ombord.

Stive rutetabeller (84) har til hensikt å gjøre det enklere å huske når avgangen er. Dette tiltaket atskiller seg fra øvrige informasjonstiltak ved at det har en annerledes kostnadsside. Kostnadene er økningen i driftskostnadene for kollektivselskapet som forårsakes av eventuelle tillegg i snutidene (reguleringstidene).

En kunne også tenke seg informasjonsopplegg som skulle gjøre det enklere for folk å finne sammen til kameratkjøring.

I prinsippet er det mulig å gjennomføre enkle og grove nyttekostnadsberegninger av verdien av bedre informasjon. En måtte da først og fremst kunne anslå hva kollektiv etterspørselen ville være med og uten tiltaket. Poenget er nå å anta at de som skifter over til kollektivreiser, *ikke* har noen vesentlig nytte av det. Hadde de hatt det, ville de sannsynligvis funnet vegen til bussholdeplassen sjøl uten tiltaket. Det sikreste er også å utelate nytten av den bedre informasjonen for de som allerede reiser kollektivt. De fleste av dem vil allerede være tilstrekkelig informert. Dermed blir nytten den ekstra inntekten av de nye trafikantene for kollektivselskapet, pluss eventuelt reduserte ventetider mellom avgangene for alle kollektiv-

⁹ Bedre kollektivtransport (B Norheim og I Stangeby, TØI rapport 167/1993), Ny giv for kollektivtrafikk i Drammens regionen (B Norheim, K N Kjørstad og H Renolen, TØI rapport 241/1994), Kollektivtrafikantenes preferanser (K N Kjørstad, TØI rapport 312/1995), og Bedre kollektivtransport (B Norheim, TØI rapport 327/1996).

passasjerer, dersom de nye trafikantene gir grunnlag for økt frekvens. Kan man anslå hvor mange av de nye trafikantene som er overført fra privatbil, vil man kunne føye til nytten av reduserte køer i vegsystemet. Sannsynligvis er dette så marginalt at det kan utelates.

Med denne framgangsmåten skal vi altså la kollektivselskapet gjøre et overslag over hva de vil tjene på et informasjonstiltak, og hva det vil innebære i form av flere avganger. Deretter skal vi anslå hva eksisterende passasjerer tjener på den økte avgangshyppigheten, og legge dette til på nyttesida. Dersom denne siste effekten finns, bør vi følgelig påvirke kollektivselskapet til å gjennomføre informasjonskampanjer i større omfang enn hva de sjøl finner lønnsomt.

5.4.4 Tiltaksgruppe 9: IT-tiltak

IT-tiltak for å påvirke etterspørselen kan deles inn slik: 91 *Telekommunikasjon som alternativ til reiser*, 92 *Reiseinformasjon*. Reiseinformasjon er sanntids informasjon om køforhold etc. som gis før en reise starter, og har til hensikt å få en del til å utsette eller avlyse sine reiser når forholdene er ugunstige. IT-tiltak som skal styre og rettleie den trafikken som allerede er ute på vegene, behandles under tilbudssida, ikke etterspørselssida (tiltaksgruppe 2).

Telekommunikasjon som alternativ til reiser har et potensiale for å redusere antallet reiser. Det er imidlertid ikke full enighet om styrken av virkningene. Det er dessuten en mulighet for at det kan medføre mer spredt bosetting og langpendling. Siden det er en del av den generelle samfunnsutviklinga, snarere enn et virkemiddel for samferdselsmyndighetene, er det mer aktuelt å legge bruken av dette tiltaket inn som en forutsetning i de utenfra gitte prognosene enn som et fylkesvis eller lokalt tiltak. Vi vil sikkert måtte komme tilbake til hvordan dette skal behandles i nyttekostnadsanalyser, men det er ikke tatt med i denne veilederen.

I prinsippet kan nytten av reiseinformasjon beregnes. Man trenger å vite hvor mange som reagerer på meldingene, og hvordan de reagerer. Dessuten må man kunne beregne nytten av de unngåtte reisene for de som reiser i den ekstreme perioden, og ulempen som de utsatte reisene påfører de som reiser i de etterfølgende periodene. Nyttens for de som utsetter og avlyser sine reiser behøver man *ikke* å beregne. De har gjort et frivillig valg, og med mindre de er ført bak lyset av informasjon som viser seg å være feilaktig, har de stått seg bedre enn de ellers ville ha gjort. Men forskjellen er neppe stor.

5.4.5 Tiltaksgruppe 10: Arealbrukstiltak

Disse kan deles i tre: 101 *Boligbygging konsentreres langs kollektivårer*, 102 *Arbeidsplasser konsentreres i kollektivknutepunkter* og 103 *Kjøpesentre og andre trafikkskapende tilbud lokaliseres på steder med god kollektivtilgjengelighet eller god tilgjengelighet generelt*.

Ettersom myndighetene bare i mindre grad har direkte styring med boligbygging og arbeidsplasser, er det i hovedsak reguleringsplaner vi snakker om når det gjelder arealbruk som virkemiddel for å regulere etterspørselen etter transport.

Siden nybygging som regel vil bety tilflytting, nye arbeidsplasser som regel vil skape mer transport, og nye kommersielle tilbud av og til vil føre til flere fritidsreiser, er hensikten med arealbrukstiltakene ikke å dempe det totale antallet reiser, men å vri dem vekk fra privatbil. Arealbrukstiltak anses å være effektive virkemidler for dette formålet.

Nyttekostnadsanalyser av denne typen tiltak er meget kompliserte, og vi tar ikke sikte på å dekke dem i denne veilederen. Grunnene til det er følgende:

- Tiltakene vil som sagt kunne medføre flytting og omlokalisering fra fylke til fylke. Vi burde da ikke bare ta hensyn til hva som skjer på det stedet der nybygging skjer, men også på stedene som det flyttes fra.
- Tiltakene vil påvirke prisene i boligmarkedet, lønnsnivået, arbeidsledigheten osv. – alt sammen virkninger som en ikke kan forvente skal behandles tilfredsstillende av saksbehandlere i samferdselssektoren.
- Etter at tiltaket har ført til en ny likevekt i transportmarkedene, boligmarkedet osv., vil folk ha fått endret sitt nyttenivå av flere grunner. Noe av endringen kan avleses som endret trafikantnytte i transportsystemet, mens noe vil skyldes endrede boligpriser, endret konsum av boligareal, endring i det ytre miljøet rundt boligen osv. Å nøye seg med å beregne nytten i transportsystemet vil gi et skeivt bilde.

I noen tilfeller vil likevel nyttekostnadsanalyse av arealbrukstiltak kunne gjennomføres med en vanlig transportmodell. Dette er når en kan forutsette at befolkningen og produksjonen i området er den samme med og uten tiltaket, og hvis man bare sammenlikner alternativer der boligprisnivået, lønnsnivået, arbeidsledigheten, gjennomsnittlig boareal pr. hushold og gjennomsnittlige miljøkvaliteter ved boligen er de samme.

Anta f.eks. at man skal bygge et boligfelt med 1000 boliger, og kan plassere det på sted A eller sted B. Hvis boligfeltet har samme utforming uansett hvor det plasseres, og de ytre miljøkvalitetene ved sted A og B er de samme, vil hele forskjellen i nytte mellom de to plasseringene kunne avleses i transportmarkedene. Man kan da sammenlikne de to plasseringene ved å beregne trafikantnytte med en transportmodell. Det man derimot ikke kan gjøre, er å gjennomføre en nyttekostnadsanalyse av å etablere et nytt boligfelt på sted A som en rein samferdselsanalyse, siden dette vil medføre enten innflytting eller nye priser i boligmarkedet og ny tilpasning av boligkonsumet for de eksisterende innbyggerne.

Det finns en meget viktig konsekvens av at vi ikke kan gjennomføre nyttekostnadsanalyser av arealbrukstiltak. Den er at *i de nyttekostnadsanalysene som vi gjør, skal vi ikke anta at arealbruken forandrer seg fra det ene alternativet til det andre*. Arealbruken kan godt forandre seg i analysen, men ikke som et resultat av tiltaket vi analyserer, og heller ikke på forskjellig måte fra alternativ til alternativ. Følger vi denne retningslinja, kan vi unngå meget alvorlige feilslutninger.

5.5 Oppsummering – hvilke tiltak kan beregnes?

Vi har delt kollektivtiltak i to hovedkategorier – de som virker primært til å endre tilbudet, og de som virker primært til å endre etterspørselen. Det er definert fem tiltaksgrupper i hver hovedkategori.

Alle tilbudstiltak med unntak av endret takststruktur kan nytteberegnes med vår ordinære metode. Ingen etterspørselstiltak kan beregnes med vår ordinære metode, med unntak av vegprising, trafikkregulering og et spesialtilfelle av arealbrukstiltak. Dette spesialtilfellet er når et boligområde eller næringsområde skal bygges, men det er usikkert hvor. Vi kan da sammenlikne plasseringene ved å bruke en transportmodell, gitt at områdets utforming og miljø er det samme uansett plassering, og gitt at området ikke påfører omliggende områder negative eksterne virkninger som varierer mellom alternativene.

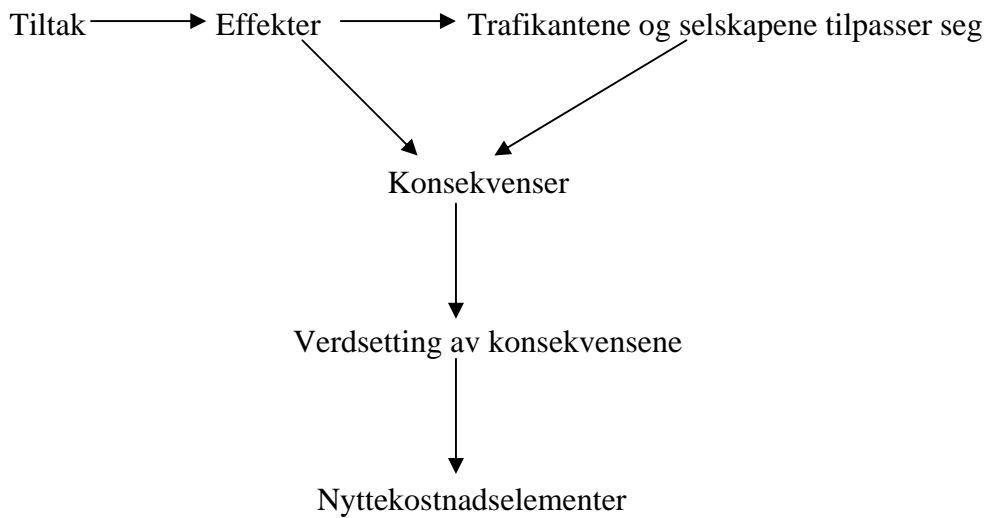
Vi har påvist forenklede metoder til å nyttekostnadsberegne visse informasjonstiltak og ruteopplysningstiltak. Dette kan ha en hensikt i de tilfellene der bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltaket er forskjellig, fordi de eksisterende passasjerene har en nytte av tiltaket som ikke kollektivselskapet tar hensyn til. Det vil ikke bli gitt nærmere retningslinjer for slike analyser, som i alle fall må være grove anslag på usikkert grunnlag.

5.6 Tiltak, effekter, konsekvenser og nyttekostnadselementer

Ifølge figur 5.1 er effektene av et tiltak av to slag: De som ikke påvirker hvordan trafikantene og kollektivselskapene tilpasser seg etter tiltaket, og de som kan føre til at trafikanter og operatører endrer tilpasning, slik at en ny likevekt i transportmarkedene oppstår. Konsekvensene av et tiltak er sluttresultatet etter at alle atferdsendringer i transportsystemet har funnet sted.

Det er naturligvis konsekvensene av tiltaket som skal nyttekostnadsberegnes. I det spesielle tilfellet der ingen endrer atferd som følge av tiltaket, faller konsekvenser og effekter sammen. (I EFFEKT-metodikken antar man at den eneste tilpasningen fra trafikantenes side er eventuelle endringer i rutevalget. Kollektivselskapene antas ikke å være aktører i det hele tatt. I EFFEKT-metodikken kan man derfor godt si at det er effektene man nyttekostnadsberegner. I metodikken i denne veilederen trenger vi imidlertid å skille mellom effekten av et tiltak før og etter at folk har fått anledning til å endre reisemål, transportmåte osv. Derfor skiller vi mellom effekter og konsekvenser).

Med effekter som virker *utenom* transportsystemet mener vi investerings- og vedlikeholdskostnader for det *offentlige*, i den utstrekning de følger direkte av tiltaket uten at etterspørsel eller rutevalg forandrer seg på noen måte, og effekter som påføres *tredjepart* i den utstrekning de følger direkte av tiltaket uten at etterspørsel eller rutevalg forandrer seg på noen måte.



Figur 5.1. Sammenhengen mellom tiltak, effekter, konsekvenser og nyttekostnads-komponenter.

Eksempel:

Et infrastrukturtiltak (tiltaksgruppe 1) medfører en anleggskostnad for det offentlige og et framtidig endret vedlikeholdsbehov av infrastrukturen. Det kan dessuten medføre eksterne miljøeffekter i form av barrierevirkninger, ødelegging av natur- og kulturlandskap, bygninger, fortidsminner etc., samt utslipp til luft og vann direkte fra anlegget. Alt dette er åpenbart inkludert i det vi mener med effekter som virker utenom transportsystemet.

Med effekter som virker *gjennom* transportsystemet mener vi effekter som endrer generaliserte reisekostnader i ett eller flere reisemarkeder, og effekter som kan medføre endret tilpasning for kollektivselskapene.

Eksempel:

Det samme infrastrukturtiltaket senker kollektivtrafikantenes reisetid. Enten de nå reagerer på dette ved å reise mer, eller de reiser akkurat som før, vil vi formelt si at denne effekten virker gjennom transportsystemet. Men i det siste tilfellet virker den på den måten at ingenting skjer. I det første tilfellet kan etterspørselsendringen føre til endret frekvens fra operatørens side og til endrede miljø- og ulykkeskostnader. Dette er i såfall det vi kaller konsekvenser av tiltaket.

Den totale virkningen av effektene som virker utenom og effektene som virker gjennom trafikksystemet er tiltakets konsekvenser. Konsekvensene oppleves av en eller flere av aktørene, dvs. av trafikantene, operatørselskapene, det offentlige eller tredjepart. De verdsetter konsekvensene i form av henholdvis trafikanntytte, endret overskudd (for kollektivselskapene), tiltakskostnader, endret tilskott og avgiftsinntekter (for det offentlige), og endrede miljø- og ulykkeskostnader (for tredjepart). Dette er våre nyttekostnadselementer.

5.7 Effekter

5.7.1 Effekter som virker utenom transportsystemet

1. *Anleggskostnader for det offentlige*
2. *Vedlikeholdskostnader for det offentlige (direkte virkning)*
3. *Miljøvirkninger direkte på grunn av tiltaket*
4. *Ulykkesvirkninger direkte på grunn av tiltaket*

5.7.2 Effekter som virker gjennom transportsystemet

5. *Endrede generaliserte kostnader for kollektivtrafikanter.* Når det gjelder generaliserte kostnader, så er det en sum av tidskostnader og pengekostnader. Tidskostnadene for kollektivreiser kan igjen deles i gangtid/tilbringertid, reisetid ombord på hovedtransportmidlet, omstigningstid, omstigningsulempe, ventetid og skjult ventetid, og muligens også en kostnad ved manglende punktlighet. Reisetida ombord er sammensatt av to komponenter, nemlig tida da kjøretøyet er under fart og stopptida på holdeplassene. Den sistnevnte komponenten er produktet av antall holdeplasser og tidstapet pr. stopp, som igjen består av tidstap i forbindelse med nedbremsing og akselerasjon inn og ut fra holdeplassen, av- og påstigningstid, og en minstetid pr. stopp (tida det tar fra kjøretøyet står stille til dørene åpnes, og tida fra alle er ombord til kjøretøyet setter seg i bevegelse).
6. *Endrede generaliserte kostnader for bilister.* Her vil effekten av et tiltak enten være en forandring i en eller flere lenkekostnader, eller en forandring i rutekostnadselementer som ikke er med i lenkekostnadene. Det siste er tilfellet når parkeringskostnadene endres, eller generelt når det innføres en avgift som avhenger av startzone eller destinasjonssone, men ikke av rutevalget.
7. *Endrede inntekter, drifts- og kapitalkostnader for kollektivselskaper (direkte virkning).* Dette er de fordeler og ulemper kollektivselskapet får av tiltaket før noen tilpasninger har skjedd i transportsystemet. F.eks. økte billettinntekter pga. prisøkning, lavere kostnader pga. nytt driftsopplegg (i den grad driftsopplegget var en del av tiltaket).

Når effektene er beregnet, skal de ikke umiddelbart verdsettes, men gis som input til det vi har kalt en likevekts transportmodell (kapittel 3). Sluttvirkningen av den initielle effekten når transportsystemet har tilpasset seg, kan være en helt annen endring i de generaliserte kostnadene enn den som følger umiddelbart av tiltaket. Naturligvis kan denne virkningen også ha spredt seg til mange reisemarkeder som ikke er direkte berørt av tiltaket. *Det er denne sluttvirkningen som skal danne utgangspunktet for nytteberegningene.*

Med en likevekts transportmodell kan vi mene alt fra en modell som ikke forandrer de initielle effektene i det hele tatt (dvs. vi forutsetter at transportsystemet som helhet ikke reagerer på tiltaket!), over et sett av to-tre enkle etterspørselsfunksjoner (dvs. vi forutsetter at rutevalg og kollektivselskapenes tilpasning ikke endrer seg, og at meget få reisemarkeder berøres), og til en meget komplisert lokal

transportmodell. Kapittel 7 er en systematisk veileder i hva slags kompleksitetsnivå for transportmodellen en skal velge, og hvordan man skal formulere den.

5.7.3 Effekter av ulike tiltak

Tabell 5.1 viser de effektene som vanligvis opptrer ved de ulike tiltakene. Den viser også hvilke tiltak som kan nyttekostnadsberegnes med metoden i denne veilederen, og hvilke som kanskje kan nyttekostnadsberegnes på en annen måte.

Tabell 5.1. Tiltak og deres effekter.

Tiltak	Nytte- beregnes	Effekter						
		Anleggs- kostnad	Vedlike- holds- kostnad	Miljø- virkning (direkte)	Ulykkes- virkning (direkte)	Genera- lisert kostnad, kollektiv	Genera- lisert kostnad, bil	Overskudd koll.selsk. (direkte)
11 Kollektiv-felt	Ja	x	x	x	-	x	x	x
12 Holdeplass-tiltak	Ja	x	-	-	x	x	-	x
13 Terminal-tiltak	Ja	x	x	x	x	x	-	x
14 Park and ride	Ja	x	x	x	-	-	x	x
21 Kollektiv-prioritering	Ja	x	-	x	-	x	x	x
22 Trafikkstyring bane	Ja	x	x	-	x	x	-	x
31 Rute-omlegging	Ja	-	-	x	x	x	x	x
32 Elektronisk billettering	Delvis	-	-	-	-	x	-	x
41 Materiell	Ja	-	-	x	-	x	-	x
51 Takstnivå	Ja	-	-	-	-	x	-	x
52 Takst-struktur	Neppe	-	-	-	-	x	-	x
61 Vegprising	Ja	x	x	-	-	-	x	-
62 Trafikk-regulering	Ja	-	x	x	x	-	x	-
71 Trygghet	egen metode	-	x	-	-	-	-	x
72 Reinhold, vogn	egen metode	-	-	-	-	-	-	x
73 Reinhold, holdepl.	egen metode	-	-	-	-	-	-	x
74 Holdepl.-standard	egen metode	-	-	-	-	-	-	x
81 Holdnings-kampanje	egen metode	-	-	-	-	-	-	x
82 Info nye tilbud	egen metode	-	-	-	-	-	-	x
83 Ruteinfo	egen metode	-	-	-	-	-	-	x
84 Stiv rutetabell	egen metode	-	-	-	-	x	-	x
91 Tele-pendling	egen metode	-	-	x	x	-	x	x
92 Reiseinformasjon	egen metode	-	-	x	x	x	x	x
101 Bolig langs koll.årer	I visse tilfeller	x	-	x	x	x	x	x
102 Arb.pl i koll.knutepunkt	I visse tilfeller	x	-	x	x	x	x	x
103 Kjøpe-sentra god tilgjengelighet	I visse tilfeller	x	-	x	x	x	x	x

5.8 Konsekvenser og verdsetting

Med *konsekvenser* av tiltaket mener vi:

1. Likevekts generaliserte kostnader og antall reiser i alle reisemarkeder (dvs. en ny OD-matrise og en ny reisekostnadsmatrise). Denne konsekvensen *verdsattes* så ved å beregne trafikantnytte (hvis vi bruker trapesformelen kan den splittes i et tids- og et penge-element, og også vises atskilt for hver av de ulike transportmåtene).

2. Kollektivselskapenes driftsopplegg, materiellbehov og mannskapsbehov i den nye likevekta. Denne konsekvensen *verdsettes* ved å beregne kollektivselskapenes overskudd. (Egentlig beregner vi da både kollektivselskapenes kostnader i den nye likevekta og deres inntekter. Dette er nødvendig fordi inntektene er en overføring fra trafikantene. Når trafikantoverskuddet er beregnet, har vi allerede implisitt regnet denne overføringen som minus hos trafikantene. Vi trenger altså å regne den som pluss hos kollektivselskapene).
3. Endringer i overskuddet til parkeringsselskaper og bompengeselskaper.
4. Endringer i myndighetenes skatte- og avgiftsinngang, tilskottsbehov, investeringskostnader og vedlikeholdskostnader.
5. Miljøkonsekvenser, ulykkeskonsekvenser og andre konsekvenser i den nye likevekta.
6. Endringer i bilholdet, lokalisering og andre aspekter ved aktørenes tilpasning. Disse aspektene ser vi bort fra i denne veilederen. Men det er kanskje dem som langsomt forandrer verden?

Det har liten hensikt å sette opp hvilke av disse konsekvensene som vil inntreffe ved de ulike typene av tiltak, siden det er helt avhengig av hva vi antar om transportsystemet. Har vi køer og valgmuligheter i rutevalget, vil f.eks. trafikkstrømmene på de fleste lenkene endre seg, og dermed generaliserte kostnader på mange av reiserelasjonene, dermed også etterspørselen, utkjørte kilometer og miljø- og ulykkeskostnader i systemet som helhet, bensinavgiftsinntektene for det offentlige osv. Nær sagt alt henger sammen og endres samtidig i et slikt system. Andre ganger er det realistisk å anta at bare de initielle effektene går igjen som konsekvenser, fordi ingen endrer atferd på grunn av dem.

5.9 Arbeidsgangen fra tiltak til effekter til konsekvenser

Ser vi tilbake til kapittel 4, ser vi at tiltaksbeskrivelsen er en del av spesifiseringen av alternativene – pkt. 3 i avsnitt 4.1 eller punkt 2 i avsnitt 4.2. Effektene som virker utenom transportsystemet er en umiddelbar følge av tiltaksbeskrivelsen. Effektene som virker gjennom transportsystemet kan også utledes av tiltaksbeskrivelsen. De ”oversettes” til endringer i transportnettverket – pkt. 6 i avsnitt 4.1 eller pkt. 3 eller 7 i avsnitt 4.2. Alt etter hva slags forutsetninger du har gjort om transportsystemet vil denne ”inputen” resultere i en ”output” fra trafikkanalysen. De generaliserte reisekostnadene, overskuddet for kollektivselskapene, miljø- og ulykkesvirkningene osv. som kan beskrives eller beregnes på grunnlag av denne outputen, er konsekvensene. Pkt. 10 og 14 i avsnitt 4.2 er nettopp beregningen av konsekvensene. Det samme er pkt. 3 eller 9 og pkt. 14 i avsnitt 4.2.

Avsnitt 4.3.2 og 4.3.3 omhandler effekter og konsekvenser på en mer allmenn måte.

Skulle vi sammenfatte arbeidsbeskrivelsen i kapittel 4 ved hjelp av begrepene i kapittel 5, ville hovedtrekkene se slik ut:

1. Avklar prosjektets målsetting og alternativene som foreligger. Beskriv utformingen av tiltaket i hvert av alternativene.

2. Kvantifiser effektene av tiltaket.
3. Konstruer en transportmodell som svarer til behovet i analysen.
4. Mat inn effektene i transportmodellen og beregn konsekvenser.
5. Beregn miljø- og ulykkeskonsekvenser på grunnlag av de direkte effektene av tiltaket og resultatet fra transportmodellen.
6. Verdsett konsekvensene, dvs. gjennomfør nyttekostnadsberegningen.
7. Presenter resultatene.

6 Trafikkanalysen - data

I dette kapitlet behandler vi hvilke data vi skal innhente, og hvordan vi skal bearbeide dem for å legge grunnlaget for nyttekostnadsanalysen. Det er fem trinn i arbeidet med data.

1. Ved trafikktegninger, spørreundersøkelser og på andre måter etablerer vi data om antall reiser pr. time eller pr. dag inn og ut av hver sone i studieområdet. Data må foreligge for hvert transportmåte separat. I tillegg til det må vi skaffe data om generaliserte reisekostnader på alle reiserelasjoner i studieområdet i det samme året. Disse bygges fortrinnsvis opp på grunnlag av data om mindre deler av transportnettverket (lenker).
2. Deretter gjør vi antakelser om hvordan disse størrelsene (antall reiser inn og ut av sonene og de generaliserte kostnadene på lenkenivå) vil utvikle seg i framtida. Til hjelp har vi eventuelt prognoser for befolkningsutviklingen, trafikkveksten i området som helhet e.l. Vi utnytter også kunnskap om kommende tiltak og byggearbeider. Det året vi i første rekke er interessert i å gjøre antakelser om, er et år rett etter at de tiltakene vi skal analysere eventuelt er satt iverk.
3. For dette framtidige året estimerer vi en OD-matrise på grunnlag av våre data. (Det har ingen praktisk interesse å også estimere en OD-matrise for det året vi samlet inn data, medmindre vi er villig til å bruke ekstraressurser på nye tellinger for å forbedre den).
4. Kostnadsdata for kollektivtrafikken i de ulike alternativene innhentes.
5. Miljø- og ulykkesdata kan først produseres etter at transportmodellen er bygget og kjørt for de ulike alternativene.

Dette kapitlet dekker punkt 1, 2 og 3, mens punkt 4 og 5 behandles i kapittel 9 og 8. Siden datainnsamling ikke kan foregå i et teoretisk og begrepsmessig vakuum, men forutsetter klare forestillinger og begreper, inneholder kapitlet også det som trengs av dette, sjøl om enkelte punkter er behandlet allerede i kapittel 3.

6.1 Forutsetninger. Enkel nettverksstruktur og ingen køer

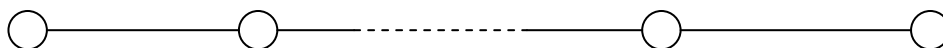
Vi understreket så sterkt vi kunne i kapittel 3 at vi trenger en OD-matrise for våre analyser av kollektivtiltak. Her ligger en vesentlig – kanskje den vesentligste – forskjellen mellom den metoden vi må anvende ved kollektivtiltak og den metoden vegvesenet ellers anvender (EFFEKT, Håndbok 140).

Det ligger en god del arbeid i å etablere denne OD-matrisen. Det vil også være uvant arbeid for de som tidligere har anvendt EFFEKT. På den andre sida er det til en viss grad en engangsinvestering. Hvis OD-matrisen er god, kan den brukes ved flere analyser. Sjøl om den er dårlig, vil den kunne danne utgangspunkt for

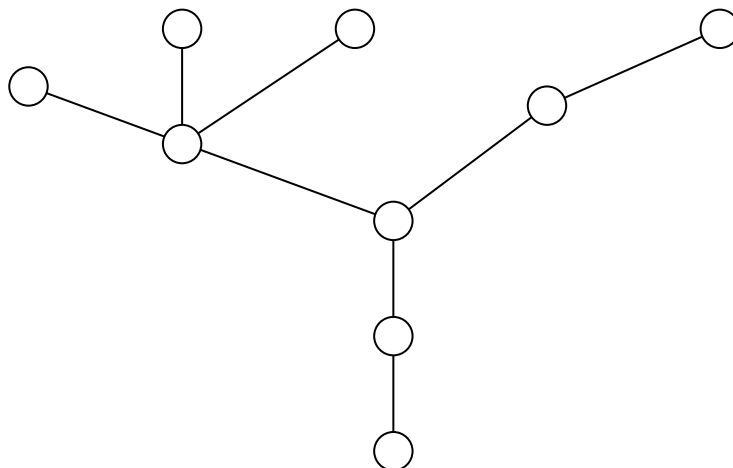
seinere arbeid for å skaffe en bedre. Og arbeidet vil til en viss grad være opplæring som gjør det lettere seinere å ta i bruk kommersielle programmer som EMME/2 og TRIPS.

Fokus i dette kapitlet er på de aller enkleste og oversiktligste tilfellene. For det første antar vi at det ikke finnes køproblemer å snakke om i studieområdet. For det andre antar vi at både vegnettet og kollektivnettet i studieområdet har en meget enkel struktur. Denne enkle strukturen er slik at det ikke eksisterer noe reelt rutevalgsproblem, verken for bilister eller kollektivtrafikanter. (Med rutevalg for kollektivtrafikanter mener vi at de har et valg mellom forskjellige linjer, og eventuelt også et valg av hvor de vil ta en overgang mellom linjer).

Figur 6.1 viser eksempler på nettverksstrukturer som er så enkle at det må være tilfelle.



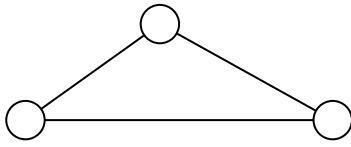
Figur 6.1 A Linjestruktur (korridor)



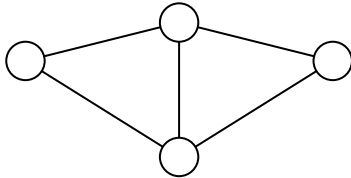
Figur 6.1 B Trestruktur

En stjernestruktur ville være et spesialtilfelle av trestrukturen i figur 6.1 B. Ta vekk to av "sidegreinene" øverst til venstre, og du har ei stjerne.

Sirklene i figur 6.1 kalles noder og strekene kalles lenker. Vi ser at hvis man skal reise fra en node til en annen i figur 6.1 A eller 6.1 B langsmed lenkene, har man ikke noe valg angående hvordan det kan gjøres (medmindre man da velger å dra tilbake til en node man har vært i før, hvilket vi ser bort fra). Det finnes bare en aktuell rute. Dette i motsetning til nettverkene i figur 6.2, som sjøl om de er enkle nok, likevel gir opphav til rutevalgsproblemer.



Figur 6.2 A. Direkte forbindelse mellom alle noder



Figur 6.2 B. To til tre mulige ruter mellom alle nodepar

Vi ser i figur 6.2 A at det er to mulige ruter for enhver reise mellom to noder i nettverket. Så lenge vi ikke har køer – f.eks. på den vannrette lenka mellom de to nederste nodene – kan det likevel være enkelt å fastslå hvilken rute som er den raskeste, og hvor lang tid den tar. Antar vi at alle velger raskeste rute på sine reiser, kan vi derfor se bort fra rutevalgsproblemet også i dette nettverket. Eller mer presist sagt: Vi kan løse rutevalgsproblemet i hodet på forhånd. Vi behøver altså ikke noe verktøy for det, og dermed kan vi uten videre anvende de metodene for estimering av OD-matrisen som vi skal gjøre greie for i dette kapitlet, også på et nettverk som i figur 6.2 A.

Men nettverket skal ikke bli så veldig komplisert før antall mulige ruter stiger til astronomiske proporsjoner. Det trengs da en egen rutine for å fastslå raskeste rute for enhver reise i nettverket. Den behandler vi ikke her. Er det i tillegg kjøproblemer, må vi bruke enda mer kompliserte rutiner for å løse rutevalgsproblemet.

I figur 6.2 B har vi satt sammen to trekanter av det slaget som nettverket i figur 6.2 A består av. Nå er det ikke direkte forbindelse mellom alle nodene lenger, men antallet mulige ruter har steget til tre for noen av reisene (hvilke?). Fremdeles er det lett overkommelig å etablere raskeste rute for alle reiser. Men det er faktisk slik at hvis det er køer i dette nettverket, kan det oppstå merkelige fenomener som en neppe ville ha tenkt seg på forhånd. Det kan være at vi vil oppleve lavere reisetider hvis vi fjerner den vertikale lenka mellom de to midterste nodene (Braess' paradoks).

Siden tilfelle 6.2 A er litt for enkelt til å være av interesse i praksis, og nettverk med mange direkte forbindelser mellom nodene fort gir kompliserte rutevalgsproblemer, så sikter vi i dette kapitlet først og fremst mot tilfeller uten kø og med en nettverksstruktur som i figur 6.1.

Vi trur og håper at det er realistisk å lage enkle nettverksbaserte transportmodeller basert på strukturene i figur 6.1 for en rekke områder i Norge. La oss tenke oss et område med et helt klart sentrum, der alle arbeidsplasser som man trenger å reise til, og alle større butikker, er plassert. Fra sentrum strekker bebyggelsen seg opp-

over og nedover dalen, og oppover i sidedalene. Hver dal har en eneste langsgående hovedveg og sin egen busslinje. Om det finnes køproblemer, er det bare i noen få kvartaler i sentrum. Dette området har både et vegnett og et kollektivnett med stjernestruktur. Hva mere er: Dersom svært lite av trafikken skal gjennom sentrum og ut på andre sida, kan vi behandle hver arm av stjerna for seg. Den blir da en korridor som i figur 6.1 A.

Hvis nå arbeidsplassene hadde vært mer spredt, eller det var planlagt et kjøpesenter i utkanten, ville vi måtte definere studieområdet videre, og ta med hele stjerne- eller trestrukturen. Dette tilsvarer figur 6.1 B.

Har vi ikke med dette dekket en rekke tettsteder og mindre byer i Norge – ja ofte mellomstore byer også? Det avgjørende synes å være at sentrum er så lite i utstrekning at vi kan ignorere reiser innafor sentrum, eller at vi hovedsakelig er interessert i litt lengre reiser til og fra bykjerna. Reiser på tvers mellom ”dalene” må enten være umulig på grunn av fjell osv., eller uaktuelt for andre formål enn en og annen fritidsreise (besøke venner, reise for å spille fotballkamp mot laget i den andre dalen o.l.).

Lokal- og intercitytrafikken på jernbanen kan også i hovedsak modelleres på grunnlag av figur 6.1 B, mens fjerntogtrafikken dekkes av figur 6.1 A. Det samme gjelder hurtigbåttrafikk. (Et alternativ er å anvende den nasjonale persontransportmodellen for fjerntog, og eksisterende lokale transportmodeller for lokaltrafikken i Oslo-området).

6.2 Elementene i modellen

Studieområdet er det området der generaliserte reisekostnader kan tenkes å endre seg som følge av minst ett av de tiltakene som skal vurderes, enten direkte på grunn av tiltaket eller indirekte på grunn av tilpasninger i transportsystemet.

Modellen vi skal bygge opp av studieområdet har to hovedkomponenter, et system av *soner* som det foregår reiser mellom, og et system av *transportnettverk*, ett for hver transportmåte som er definert. De to komponentene er knyttet sammen ved at enhver reise må benytte ett av transportnettverkene.

Formålet med modellen er i første omgang å estimere OD-matrisene for hver av de transportmåtene vi tar i betraktning. Det vil danne grunnlaget for de transportmodellene vi seinere skal bygge opp for studieområdet.

6.2.1 Soneinndelingen

Man må bestemme seg for en inndeling av studieområdet i soner. Det er følgende hovedhensyn å ta når en skal fastlegge soneinndelingen:

1. Sonene må deles inn slik at de dataene vi trenger om sonene, foreligger eller kan skaffes

Hvilke data dette er, avhenger litt av hvilken metode vi velger for estimeringen av OD-matrisen. Den metoden vi vil anvende, krever data om hvor mange reiser pr.

dag som går ut av hver sone, og hvor mange reiser pr. dag som skal til hver sone.¹⁰ Disse dataene må kunne skaffes eller beregnes for hver transportmåte separat, ettersom vi vil estimere OD-matrisene til hver transportmåte for seg.

Dersom alle reiser med en gitt transportmåte til og fra en sone passerer over et bestemt snitt (en eller flere veger, en eller flere holdeplasser), og ingen reisende som verken skal til eller fra vår sone, passerer over dette snittet, kan de nødvendige data for denne sonen skaffes gjennom trafikkteiling. Også i litt mindre strenge tilfeller kan dataene skaffes ved trafikkteiling. Anta f.eks. nettverket i figur 6.1 A. Hvis vi kan gå ut fra at ingen, eller et ubetydelig antall, har de mellomliggende nodene som endepunkt, vil trafikken i en retning fra hver av disse nodene kunne beregnes som differansen mellom trafikken over lenka foran og lenka etter noden. Samme metode vil kunne brukes når vi kan gå ut fra at ingen trafikk kommer fra noen av de mellomliggende nodene.

Når ingen av disse forutsetningene slår til, vil trafikkteilinger ikke kunne gi et entydig bilde av trafikken fra og til nodene. Anta f.eks. at trafikken mot venstre på den lenka i figur 6.1 A som ligger lengst til høyre i bildet, er 100, og trafikken på den neste lenka er 200. Det er da mulig at 100 nye trafikanter kommer ut på lenka gjennom node nr. 2 fra høyre, og ingen skal til denne noden. Men det er også mulig at 200 nye trafikanter kommer ut på denne lenka gjennom node nr. 2 fra høyre, mens alle de hundre som startet lengst til høyre, skal til node nr.2 fra høyre.

I noen tilfeller kan vi danne et bilde av hvor mange som skulle til en node i en viss tidsperiode gjennom å telle biler på parkeringsplassene i tilknytning til noden. Kombineres det med en nummerskiltanalyse av de parkerte bilene, kan vi til og med trekke slutninger om hvor bilene reiste fra.

Hvis trafikkteilinger ikke fører fram, kan vi likevel nå fram ved hjelp av tilleggsopplysninger. Metodene for det tar vi ikke opp her. I stedet peker vi på en helt annen metode til å skaffe de nødvendige dataene om hver sone, basert på innbyggertall i sonene og reisehyppigheten pr. innbygger.

Når det gjelder reiser ut av en sone, er antall reiser produktet av antall innbyggere (over en viss alder) og antall reiser pr. innbygger. For å bruke denne tilnærminga, må vi altså velge soneinndeling slik at det foreligger pålitelige data om innbyggertallet. Antall reiser pr. innbygger pr. dag kan enten etableres gjennom spørreundersøkelser i studieområdet (reisevaneundersøkelser), eller en kan ta data fra eksisterende reisevaneundersøkelser. Det foreligger reisevaneundersøkelser på nasjonalt nivå (Stangeby, Haukeland og Skogli, 1999) og fylkesvise undersøkelser for Oslo-Akershus (Stangeby, 1999a) og Møre og Romsdal (Stangeby, 1999b). En velger da fra en av disse undersøkelsene den reisehyppigheten pr. periode som best svarer til den befolkningssammensetningen en har i hver av sonene i studieområdet og til områdets kjennetegn forøvrig. Disse tallene kan sjølsagt kontrolleres gjennom mindre spørreundersøkelser og trafikkteilinger.

¹⁰ Hvis det ikke eksisterer køer, er dette tilstrekkelig. Hvis det eksisterer køer, må vi ha separate opplysninger om hvor mange reiser som går ut av hver sone og skal til hver sone i den tida da de største køproblemene oppstår (rushtida), og i den tida det ikke er køproblemer (resten av døgnet).

Når det gjelder reiser til en sone, er antallet en funksjon av antall arbeids- og skoleplasser i sonen (for reisehensikten arbeidsreiser) og antall kvadratmeter butikkareale (for reisehensikten handlereiser). Dette kan vi benytte i mangel av noe bedre. Andre kjennetegn ved sonen, som totalt næringsareale eller spesielle attraksjoner, kan også være relevante data.

Enten vi benytter den ene eller andre metoden, er det data om det totale antall reiser inn og ut av sonen i løpet av en dag som vi skal finne. Vi må altså velge soneinndeling slik at disse dataene finnes, kan skaffes eller beregnes.

Til nyttekostnadsanalysene trenger vi dessuten OD-matriser for framtidige år. Disse kan vi f.eks. skaffe oss ved å øke alle elementer i OD-matrisen for nåværende år med en fast vekstfaktor, samt gjøre korreksjoner for det vi veit om endringer i folketallet i hver av sonene. Det er altså en viss fordel å ha definert sonene slik at det foreligger pålitelige demografiske framskrivninger for dem. For tida gjelder det i høyden kommuner, og ikke mindre områder.

2. Sonene bør være mest mulig homogene

Siden vi skal behandle alle innbyggerne i en sone som om de var like – eller egentlig som om de var en og samme person – bør sonene være mest mulig homogene med hensyn til sosioøkonomiske kjennetegn ved husholdningene, slik som inntekt, alderssammensetning, bilhold osv.

3. Forholdet til kollektivnettet

Det ville være en fordel i vår sammenheng om man kunne etablere en en-til-en tilknytning mellom soner og holdeplasser, slik at hver holdeplass har et ”oppland” av innbyggere som ”sogner til” holdeplassen. Noe absolutt krav er det imidlertid langt fra.

4. Små eller store soner?

Ved valg av antall soner må det gjøres en avveining mellom mange små og noen få store soner. Små soner gir mindre variasjoner mellom innbyggerne når det gjelder hvor lang gangveg de har til holdeplassene, hvilket naturligvis gir en bedre modell. Det gir dessuten mulighet til soner med mer homogene husholdninger. Baksida er at det kanskje ikke finnes data på dette nivået, ihvertfall ikke framskrivninger av folkemengden for flere tiår framover. Sjøøl om data finnes, vil utviklinga i framtida være mer usikker for små enn for store soner. Dessuten vil regnearbeidet øke med antall soner.

Når soneinndelingen er valgt, må vi navngi (nummerere) sonene.

6.2.2 Sentroidene

For hver sone velger vi et punkt i sonen, sentroiden. I vår modell vil vi anta at all trafikk til og fra sonen har sitt opphav og sitt endepunkt i sentroiden. Vanligvis bør vi velge sentroiden som befolkningstyngdepunktet i sonen. (Del sonen i ruter og noter befolkningen n_j i hver rute. Finn det punktet (x_0, y_0) som minimerer

$$\sum_j n_j \sqrt{(x_j - x_0)^2 + (y_j - y_0)^2} \quad , \text{ der } (x_j, y_j) \text{ er et punkt i rute } j.)$$

6.2.3 OD-matriser

Anta at vi vil regne med M transportmåter i vår transportmodell. I de fleste tilfellene vil vi ha $M = 2$, nemlig bil og kollektiv, men vi kunne også la sjåfør og passasjer i privatbil være to forskjellige transportmåter, og skille mellom buss, tog, båt, T-bane, trikk osv. på kollektivsida.

Anta videre at studieområdet nå er delt inn i N soner. Det er vanlig å bruke indeks i på startsoner og indeks j på endepunktssoner. Vi lar x_{ij} bety antall reiser mellom startsoner i og endepunktssone j i løpet av en tidsperiode (en dag, dersom vi ikke har køer). $x_{N,1}$ vil f.eks. være antall reiser fra sone N til sone 1, og $x_{1,N}$ er antall reiser fra sone 1 til sone N . Alle våre soner vil samtidig være startsoner for noen reiser (f.eks. reiser til arbeid) og endepunktssoner for andre reiser (f.eks. reiser hjem fra arbeid). Setter vi opp alle sonene for startsoner nedover i en tabell, samtidig som vi fører opp endepunktssoner bortover i tabellen, får vi en kvadratisk tabell av dette slaget:

$$\begin{array}{ccccc}
 x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1,N-1} & x_{1,N} \\
 x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2,N-1} & x_{2,N} \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\
 x_{N-1,1} & x_{N-1,2} & \cdots & x_{N-1,N-1} & x_{N-1,N} \\
 x_{N,1} & x_{N,2} & \cdots & x_{N,N-1} & x_{N,N}
 \end{array}$$

Denne tabellen er OD-matrisen eller fra/til-matrisen for vårt studieområde med N soner. Vi vil se bort fra reiser innen sonene, så alle elementene på diagonalen er null. Dersom ingen noensinne ”tok seg en avstikker” på veg hjem, men alltid reiste rett hjem igjen etter hvert reise hjemmefra, ville matrisen vært symmetrisk ($x_{ij} = x_{ji}$ for alle i og j). Det antar vi ikke nødvendigvis er tilfelle.

Det er alle elementene i denne tabellen vi ønsker å finne. Det er imidlertid ikke disse dataene som vi samler inn direkte. For det første samler vi inn data om hver transportmåte for seg, og må følgelig summere til slutt for å komme fram til (den totale) OD-matrisen. Kaller vi antall reiser med bil mellom sone i og sone j for x_{ij}^{bil} , og antall reiser med kollektiv for x_{ij}^{koll} , så er det altså separate matriser av følgende slag vi først kommer fram til:

$$\begin{array}{ccccc}
 x_{11}^{bil} & x_{12}^{bil} & \cdots & x_{1,N-1}^{bil} & x_{1,N}^{bil} \\
 x_{21}^{bil} & x_{22}^{bil} & \cdots & x_{2,N-1}^{bil} & x_{2,N}^{bil} \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\
 x_{N-1,1}^{bil} & x_{N-1,2}^{bil} & \cdots & x_{N-1,N-1}^{bil} & x_{N-1,N}^{bil} \\
 x_{N,1}^{bil} & x_{N,2}^{bil} & \cdots & x_{N,N-1}^{bil} & x_{N,N}^{bil}
 \end{array}
 \quad \text{og} \quad
 \begin{array}{ccccc}
 x_{11}^{koll} & x_{12}^{koll} & \cdots & x_{1,N-1}^{koll} & x_{1,N}^{koll} \\
 x_{21}^{koll} & x_{22}^{koll} & \cdots & x_{2,N-1}^{koll} & x_{2,N}^{koll} \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\
 x_{N-1,1}^{koll} & x_{N-1,2}^{koll} & \cdots & x_{N-1,N-1}^{koll} & x_{N-1,N}^{koll} \\
 x_{N,1}^{koll} & x_{N,2}^{koll} & \cdots & x_{N,N-1}^{koll} & x_{N,N}^{koll}
 \end{array}$$

Disse må altså summeres til slutt, idet $x_{ij} = x_{ij}^{bil} + x_{ij}^{koll}$ for hver i og j i matrisene.

For det andre er det i første omgang ikke de enkelte elementene x_{ij}^{bil} og x_{ij}^{koll} i de to matrisene som vi samler inn data for å bestemme, men rad- og kolonnesummene i de to matrisene. For transportmåten bil er det med andre ord a-ene og b-ene i følgende likninger:

$$\begin{aligned} x_{11}^{bil} + x_{12}^{bil} + \dots + x_{1N}^{bil} &= a_1^{bil} \\ x_{21}^{bil} + x_{22}^{bil} + \dots + x_{2N}^{bil} &= a_2^{bil} \\ \vdots & \\ x_{N1}^{bil} + x_{N2}^{bil} + \dots + x_{NN}^{bil} &= a_N^{bil} \\ x_{11}^{bil} + x_{21}^{bil} + \dots + x_{N1}^{bil} &= b_1^{bil} \\ x_{12}^{bil} + x_{22}^{bil} + \dots + x_{N2}^{bil} &= b_2^{bil} \\ \vdots & \\ x_{1N}^{bil} + x_{2N}^{bil} + \dots + x_{NN}^{bil} &= b_N^{bil} \end{aligned}$$

og helt tilsvarende for kollektivtransport, naturligvis. For å vise samlet hva vil skal estimere og hva vi veit (etter trafikktellinger, reisevaneundersøkelser e.l.), kan vi skrive OD-matrisen, f.eks. for bil, slik:

$$\begin{array}{cccc|c} x_{11}^{bil} & x_{12}^{bil} & \dots & x_{1,N-1}^{bil} & x_{1,N}^{bil} & a_1^{bil} \\ x_{21}^{bil} & x_{22}^{bil} & \dots & x_{2,N-1}^{bil} & x_{2,N}^{bil} & a_2^{bil} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{N-1,1}^{bil} & x_{N-1,2}^{bil} & \dots & x_{N-1,N-1}^{bil} & x_{N-1,N}^{bil} & a_{N-1}^{bil} \\ x_{N,1}^{bil} & x_{N,2}^{bil} & \dots & x_{N,N-1}^{bil} & x_{N,N}^{bil} & a_N^{bil} \\ \hline b_1^{bil} & b_2^{bil} & \dots & b_{N-1}^{bil} & b_N^{bil} & \end{array}$$

Etter å ha samlet inn dataene om a-ene og b-ene, har vi $2N$ likninger – N kolonnesummer og N radsummer – men hele N^2 ukjente vi skal finne. Vi får derfor ikke på noen måte bestemt reisevolumene på alle reiserelasjonene, dvs. alle x_{ij}^{bil} og x_{ij}^{koll} , ved hjelp av de dataene vi har samlet inn, men må innføre et ekstra prinsipp for å få estimert hele OD-matrisen. Dette problemet vender vi tilbake til nedenfor, men først må vi se nærmere på den andre hovedkomponenten i modellen vår, nettverket.

6.2.4 Nettverkene. Nodene og lenkene

Den primære hensikten med å ha et detaljert og nøyaktig nettverk som en del av modellen, er å finne ut hva det koster av tid, penger og andre ulemper å reise på enhver reiserelasjon. De tilfellene hvor det kan være tvil om det, er når det kan eksistere køer, når det finnes mange rutevalgsmuligheter, og når begge deler er

tilfelle. I vårt primære tilfelle, som er nettverksstrukturer som i figur 1A og B og ingen kjøproblemer, kan man vurdere disse kostnadene direkte, og har ingen bruk for en nettverksmodell. For systematikkens skyld er det likevel å anbefale at man i det minste skisserer opp nettverket og forsikrer seg om at de reisekostnadene man opererer med, faktisk er summen av hva det koster å passere gjennom nettverket fra start til endepunkt for reisen. Vi anbefaler også å lage seg et lite regneark som på den ene sida inneholder opplysninger om lenkelengder, strekningshastigheter på hver av lenkene osv., og på den andre sida benytter disse opplysningene til å summere tidskostnad og pengeutlegg for hele reisa som en funksjon av hvilke lenker som passerer.

Hvis $M = 2$ (se over), så er det to nettverk i modellen vår: Nettverket for privatbil og nettverket for kollektiv. Hvis den kollektive transportmåten er buss, og det verken finns egne bussfiler eller planer om det, faller de to nettverkene i stor grad sammen. Prinsipielt er det imidlertid best å holde dem fra hverandre, sjøl om de skulle være like.

Det er to slags noder i hvert av nettverkene: sentroider og andre noder. Sentroidene er noder der trafikk oppstår og går til grunne. De er de samme i begge nettverk.

De andre nodene i *kollektivnettverket* er i hovedsak holdeplassene og terminalene. Etter vår oppfatning er dette tilstrekkelig i de analysene vi skal foreta. Det kan imidlertid være aktuelt å innføre holdeplasser og terminaler som egne lenker, dvs. innføre en node før og etter holdeplassen, eller modellere terminalene enda mer detaljert. På den måten sikrer man seg at man tar med det riktige antall stopptider og tids- og ulempekostnadene ved eventuelle overganger.

Dersom man har tilgang til en kommersiell programpakke for nettverksanalyse, er det mulig at en vil ønske å lage nettverket mer detaljert. En må da innføre noder der vegstandarden eller skiltingen endrer seg, eller kort sagt overalt der framføringshastigheten og/eller kjørekostnaden endrer seg.

De andre nodene i *nettverket for privatbil* er i hovedsak de punktene der trafikken fra sentroidene antas å komme inn på hovedvegsystemet. Etter vår oppfatning er dette tilstrekkelig for vårt formål dersom nettverksstrukturen er den enkle korridoren eller en enkel trestruktur.

Det er imidlertid mulig at en vil lage et mer detaljert vegnettverk, eller at en allerede disponerer en nettverksrepresentasjon av vegsystemet i området. I et slikt nettverk vil alle vegkryss, eller i det minste alle viktige vegkryss, inngå. Hvis nettverksstrukturen i området er komplisert, er et mer detaljert nettverk i alle fall nødvendig for å kunne vurdere kjørelengder og kjørekostnader på alle reiserelasjoner.

Nodene i nettverket er forbundet med lenker, som representerer vegstrekninger eller banestrekninger – i noen tilfeller også ”vegen gjennom” andre komponenter i systemet, som holdeplasser, terminaler, parkeringsplasser eller vegkryss. Lenkene fra sentroidene til systemet forøvrig vil være spesielle. De kalles ofte konnektorer, og utgjør forbindelsen mellom sonekomponenten i modellen vår og nettverkskomponenten. De representerer ikke noe faktisk vegsystem, men den gjennomsnittlige avstanden for folk i en sone fra boligen til holdeplassen eller til hovedvegssystemet.

Lenkene må gis navn, på samme måte som nodene og sonene. Ofte brukes indeksen a for lenker.

6.2.5 Ruter og rutekostnader

En rute mellom sone i og sone j er en samling av lenker, inkludert konnektorene i begge ender, som fører fra i til j. Vi antar ofte at trafikanten ikke har noen spesiell preferanse for den ene eller den andre ruta, men vil søke å velge den som gir minst reisekostnad. Rutekostnaden er summen av lenkekostnadene. En bør imidlertid ikke glemme eventuelle bompenger, parkeringskostnader osv. som hører naturlig med til rutekostnaden. Bompengene kan plasseres som pengeutlegg på den lenka der de innkreves, mens parkeringskostnader og eventuelle kostnader ved å leite etter parkeringsplass kan legges inn på en ekstra (virtuell) lenke som må passeres for å komme til sentroiden.

Reisekostnaden består da av rutekostnaden pluss en eventuell ulempeskostnad som knytter seg til den transportmåten (det nettverket) en har valgt for reisa. Det siste kommer vi tilbake til, ettersom det er irrelevant når vi nå skal finne OD-matrisen for hver transportmåte separat.

6.2.6 Lenkekostnader

De fleste lenkene vil ha en primær egenskap, nemlig lengde. Kombinert med strekningshastigheten på lenka gir det kjøretida eller framføringstida over lenka. I privatbilnettverket vil dessuten hver lenke ha en (privat, opplevd) kjørekostnad pr. kilometer, som kombinert med lenkelengda gir kjørekostnaden over lenka. Vi forutsetter at denne kjørekostnaden er lik for alle privatbiler. Eventuelle bompenger på lenka kommer i tillegg. Til sammen gir dette grunnlag for å beregne en generalisert reisekostnad på lenka.

Ved beregning av lenkekostnad for privatbil på vanlige veglenker, benyttes prinsippene og metodene fra EFFEKT. I denne forstand er vår metode konsistent med EFFEKT. Fordi det er essensielt for oss å sammenlikne totalkostnaden for en reise med bil og med et kollektivt transportmiddel, kommer det imidlertid en del kostnader i tillegg til de som beregnes på vanlige veglenker, nemlig kostnadene knyttet til parkering – eventuelt også gang til og fra parkeringsplass. En annen forskjell er behandlingen av avgifter (kapittel 1, 8 og 12).

En forskjell mellom lenkekostnadene på de to nettverkene, bil og kollektiv, vil være at for kollektiv består de bare av tidskostnader, med mindre takstsystemet er så fininddelt i soner at billettprisen kan omgjøres til en kilometerpris. Når billettprisen er den samme uansett distanse, er det bedre å legge inn billettprisen som kostnaden for en ekstra (virtuell) lenke, tilsvarende hva vi anbefalte for parkeringskostnadene. Tilsvarende kan ventetider på holdeplasser og stasjoner, og overgangssulemper, legges inn som kostnadene ved å passere ekstra lenker mellom konnektoren og kollektivsystemet, og mellom to ulike kollektivlinjer.

Ved beregning av tids- og ventekostnader for kollektivtransport kunne en brukt satsene fra EFFEKT. Vi bruker imidlertid satsene fra Killi (1999).

Kort sagt er det på lenkenivå at det vil foreligge overensstemmelse mellom nyttekostnadsverktøyet for kollektivtiltak og EFFEKT. Det er fordi EFFEKT, slik det vanligvis brukes, egentlig ikke har noe rutenivå, siden begrepet rute er uinteressant når det ikke opereres med reiserelasjoner og OD-matriser.

6.2.7 Volume-delayfunksjoner

Vi er primært ikke interessert i lenkekostnader, men i generaliserte kostnader for hele reisa. Hvorfor behøver vi splitte dem opp på lenkekostnader? Et svar kan være at det gir oss muligheten til å bygge opp rutekostnaden på en systematisk måte i et regneark der opplysninger om lenkene er lagret. Et annet svar er at det gir oss muligheten til å praktisere metoder og prinsipper fra EFFEKT på en konsistent måte. Dette lar seg bare gjøre på lenkenivå. Det tredje svaret er at dersom det finnes køer, eller nettverket ikke er helt enkelt, er det absolutt nødvendig. Da vil nemlig enten

- rutevalget (valg av lenker fra start til mål) ikke være opplagt i alle situasjoner, eller
- trafikkforholdene ikke være de samme på hele reisa. Køene oppstår etter alt å dømme bare på visse lenker, og dette er av betydning.

Vi behøver ikke se på et mer komplisert tilfelle enn vår enkle korridor for å se dette. En reisende fra sentroiden lengst oppe i dalen vil til å begynne med ikke oppleve annen trafikk enn de andre som reiser fra den. Men etterhvert som han nærmer seg byen, vil trafikk fra andre sentroider komme inn på vegen, og eventuelt skape køer som forsinker vår mann. Siden kjøretida på de siste lenkene er bestemt av helt andre faktorer enn kjøretida på de første, taper vi mye informasjon og nøyaktighet om vi ikke bestemmer kjøretida lenke for lenke.

I kollektivnettverket oppstår det samme behovet for å se på reisekostnadene lenke for lenke dersom bussen ikke har egen fil, eller dersom rutevalget ikke er opplagt.

Når trafikkvolumet på en lenke er fastlagt, kan man om ønskelig gå til EFFEKT for å beregne kjøretida over denne lenka under disse kjøreforholdene. Når det er køproblemer, vil vi imidlertid anbefale at man istedet benytter enkle *volume-delayfunksjoner*. Grunnen til det er at vi tar sikte på å oppnå likevekt mellom tilbud og etterspørsel (se kapittel 5). Vi må derfor kontrollere at med de kjøretidene (generaliserte reisekostnadene) som de fastlagte trafikkvolumene på lenkene medfører, vil etterspørselen faktisk bli slik at vi får de trafikkvolumene på lenkene som vi antok. Er det ikke tilfelle, må vi iterere oss fram til likevektpunktet. Det er da tungvint å gå ut til EFFEKT for hver iterasjon.

Anbefalte volume-delayfunksjoner for ulike vegtyper vil eventuelt bli innarbeidet i seinere versjoner av veilederen.

6.2.8 Kommersielle programpakker

En kan benytte egne programpakker til å modellere ("kode") nettverkene (EMME/2, TRIPS). Men i det enkle tilfellet vi hovedsaklig tar sikte på, tror vi

ikke det er nødvendig. Uansett, hvis ekspertisen og programmet er tilgjengelig, er det en fordel.

6.3 Prognoser

Ved trafikktegninger, spørreundersøkelser og empirisk observasjon har vi nå etablert data om antall reiser pr. time eller pr. dag inn og ut av hver sone i studieområdet i det undersøkte året. Data foreligger for hvert transportmåte separat. I tillegg til det har vi data om generaliserte reisekostnader på alle reiserelasjoner i studieområdet i det samme året.

De tiltakene vi skal nyttekostnadsberegne, vil imidlertid sjelden la seg gjennomføre umiddelbart. Siden alle alternativene som skal evalueres vil ha samme utvikling fram til det punktet der tiltak settes i verk, har det ingen interesse å etablere en OD-matrise for det året da vi samlet inn data.¹¹ Det som har praktisk interesse, er OD-matrisen for et år snart etter at tiltaket eller tiltakene kan være etablert, pluss eventuelt et år lenger fram i tida. La oss kalle disse årene prediksjonsår.

Vi må altså modifisere de opprinnelige data om reiser til og fra sonene (a-ene og b-ene) og de generaliserte kostnadene (g_{ij} -ene) slik at de reflekterer situasjonen i det framtidige prediksjonsåret.

De generaliserte reisekostnadene for bil kan endre seg på grunn av prosjekter som vil bli gjennomført i studieområdet uavhengig av de tiltakene vi ser på, på grunn av endringer i bilavgifter, bompenger, parkeringskostnader og bensinavgifter målt i faste kroner, eller på grunn av en generell teknisk utvikling som f.eks. reduserer bensinforbruket. Teoretisk sett kan også tidsverdien endre seg på grunn av realinntektsøkning. De generaliserte reisekostnadene for kollektiv kan endre seg på grunn av endringer i linjestruktur, frekvens og strekningshastigheter (som kommer uavhengig av de tiltakene vi ser på), og teoretisk sett også på grunn av endringer i tidsverdien og endringer i gjennomsnittlig belegg, som påvirker på- og avstigningstider og ulemper ved å ikke få sitteplass. For å holde en konsistent linje i forhold til det som forutsettes i EFFEKT, vil vi ignorere alle endringer som ikke direkte skyldes vedtatte eller sannsynlige infrastrukturendringer og endringer i kollektivtilbudet i området.

Endring i det totale antall reiser inn og ut av sonene kan skyldes tilflytting og utbygging, etablering av nye arbeidsplasser og andre attraksjoner (kjøpesentre, fritidstilbud), samt endringer i reisehyppigheten. Den gjennomsnittlige reisehyppigheten i en sone kan endre seg med alderssammensetning og andre demografiske og økonomiske endringer i befolkningen i sonen (sjøl om antall innbyggere er konstant). For å holde en konservativ linje vil vi ignorere alle endringer som ikke følger direkte av vedtatte eller sannsynlige utbyggingsplaner eller av overordnede prognoser for reisehyppigheten.

¹¹ Unntaket er hvis vi først vil etablere en foreløpig OD-matrise, og deretter kontrollere kvaliteten på den gjennom å sammenlikne trafikkstrømmene i henhold til OD-matrisen med nye data som innhentes. Det kan naturligvis bare gjøres ved å lage en matrise for det samme året som datainnsamlingen foregår. Vi antar at en slik tottrinns framgangsmåte ikke er aktuell her.

Det foreligger offisielle prognoser for den årlige veksten i biltrafikken pr. fylke. Trafikken er da målt i kjøretøykilometer. Kan vi bruke dem direkte til å øke alle a-ene og b-ene med samme prosent fra det undersøkte året til det året vi vil estimere OD-matrisen for? Nei, ikke hvis ikke gjennomsnittslengda pr. tur kan antas å være konstant. Vi trenger prognoser for utviklinga i antall turer, mens de offisielle prognosene er produktet av antall turer og lengda pr. tur. Basert på resultater fra den nasjonale persontransportmodellen og andre kilder vil det imidlertid kunne finnes en prosentvis økning som kan brukes likt på alle a-ene og b-ene. Justeringer for demografiske og økonomiske endringer i studieområdet kommer da i tillegg.

Vi har et problem når vi skal endre a-ene og b-ene på en ikke-proporsjonal måte. Endringene må foretas slik at summen av a-ene er lik summen av b-ene, ellers er det ikke lenger en ordentlig OD-matrise. Anta f.eks. at befolkningen i området vokser med 1000 på grunn av et byggeprosjekt i en bestemt sone. Samtidig kjenner vi ikke til prosjekter i endepunktssonene som vil øke antall arbeidsreiser, f.eks., tilsvarende. Hvor mange nye reiser skal vi regne med at de 1000 gir opphav til, og hvordan skal vi fordele de nye reisene ut på b-ene?

Vi har to muligheter når vi skal løse problemet. Det ene er å basere seg på skjønn, og sørge for at summen av b-ene gjøres lik summen av a-ene ved skjønnsmessige justeringer. Det andre er å ta de skjønnsmessige verdiene som tilstrebede verdier (target values) snarere enn endelige verdier, og gjennomføre estimeringen av OD-matrisen på en noe mer komplisert måte enn den vi gjør greie for nedenfor (se f.eks. Erlander og Stewart (1990) avsnitt 6.8). Den siste metoden anbefales naturligvis til dem som har tilgang på kommersielle programpakker.

Til nå har vi snakket om å estimere en OD-matrise for ett eller flere prediksjonsår i det tilfellet da tiltaket vårt ikke blir gjennomført. Vi har nå to muligheter: Vi kan estimere nye OD-matriser for prediksjonsårene for det tilfellet der tiltaket blir gjennomført, eller vi kan la være. Det første er nødvendig om vi ønsker en analyse der de reisende antas å endre destinasjonsvalg som følge av tiltaket. Det andre impliserer at vi ikke regner med noen slik tilpasning, men opererer med en fast OD-matrise.

Uansett om vi velger en fast eller en variabel (tiltaksavhengig) OD-matrise, så bør vi legge alle forandringer i reisekostnader og totaltallene for reiser inn og ut av sonene (bortsett fra en generell vekst) til prediksjonsårene. Dette vil til en viss grad være å øve vold på virkeligheten. Hvis man synes det er for galt, må man innføre flere prediksjonsår. Hensikten med våre prediksjonsår er nettopp å fokusere på de tidspunktene da det skjer forandringer, på grunn av tiltaket eller av andre grunner, og finne OD-matriser som best mulig tilsvarer situasjonen umiddelbart *etter* de utenfra gitte forandringene, men *både før og etter* forandringene på grunn av tiltaket.

6.4 Matrise-estimering

Matrise-estimeringen foregår separat for hver transportmåte. Vi antar i det følgende at transportmåten er klar, og dropper for enkelthets skyld de indeksene for transportmåte som vi benyttet i avsnitt 2.

Anta det finnes N soner. La nå x_{ij} være antall reiser med vår transportmåte fra sone i til sone j i løpet av tidsperioden. Dette er våre ukjente, som vi skal finne. Det finnes N^2 slike x_{ij} . Kall det totale antall reiser fra sone i i perioden a_i , og det totale antall reiser til sone j for b_j . Dette er våre kjente størrelser (de nødvendige dataene). Det finns $2N$ slike opplysninger. I tråd med hele opplegget i dette kapitlet antar vi at a -ene og b -ene gjelder for et visst framtidig år, og at den matrisen vi skal estimere, gjelder for det året og ikke nåsituasjonen. Framgangsmåten er uansett den samme, bare dataene er forskjellige.

Ettersom antall ukjente, N^2 , langt overstiger de $2N$ kjente sammenhengene, kan vi ikke bestemme alle x_{ij} med full sikkerhet ut fra de dataene vi har. Vi er overlatt til en sannsynlighetsbetraktning, eller til å trekke inn ett eller flere andre prinsipper som gjør det mulig å fastlegge alle x_{ij} . La oss kalle en fullstendig liste over alle reisene til alle individene i systemet for et aktivitetsmønster. Et aktivitetsmønster er mye mer detaljert enn en OD-matrise, idet det sier ikke bare hvor mange reiser som foretas på hver reiserelasjon, men også hvilke individer som vil foreta disse reisene. De to prinsippene vi påberoper oss, er:

1. Alle aktivitetsmønstre som gir de samme rad- og kolonnesummene og som gir den samme gjennomsnittlige reisekostnaden i systemet, er like sannsynlige.
2. Den mest sannsynlige OD-matrisen vil bli realisert.

Fra disse prinsippene kan en faktisk utlede den såkalte dobbeltbeskrankede gravitasjonsmodellen for fastleggelse av alle x_{ij} (Wilson 1967, Erlander og Stewart 1990).

Det andre prinsippet er faktisk ganske rimelig hvis vi aksepterer det første, siden det første prinsippet aleine gir til resultat at den mest sannsynlige OD-matrisen er mye mer sannsynlig enn alle andre når antall reiser totalt er stort. Men det første prinsippet er også rimelig i den forstand at vi ikke har empiriske opplysninger som skulle tilsi noe annet.¹²

6.4.1 Den dobbeltbeskrankede gravitasjonsmodellen

La x_{ij} være trafikken fra sone i til sone j , dvs. elementet (i,j) i OD-matrisen. La videre g_{ij} være reisekostnaden mellom i og j . Vi vil her måle reisekostnaden som generaliserte kostnader på den raskeste ruta mellom i og j . Modellen kan imidlertid godt anvendes med reisetider.

¹² Skulle vi ha empiriske opplysninger i tillegg til a -ene, b -ene og reisekostnadene, så er ikke alle aktivitetsmønstre som gir de samme rad- og kolonnesummene og som gir den samme gjennomsnittlige reisekostnaden i systemet, like sannsynlige lenger. Veit vi f.eks at $x_{21} = 212$, så har de aktivitetsmønstrene som ikke samsvarer med denne nye opplysningen, en sannsynlighet på 0, mens de som samsvarer med den, har en positiv sannsynlighet.

Da er:

$$x_{ij} = A_i B_j a_i b_j e^{-\beta g_{ij}} \quad \text{for alle reiserelasjoner (i, j)}$$

$$(1) \quad A_i = \left[\sum_j B_j b_j e^{-\beta g_{ij}} \right]^{-1} \quad \text{for alle startsoner i}$$

$$B_j = \left[\sum_i A_i a_i e^{-\beta g_{ij}} \right]^{-1} \quad \text{for alle endepunktsoner j}$$

Første linje i (1) er N^2 likninger i de N^2 ukjente x_{ij} . Det inngår imidlertid noen nye ukjente i disse likningene – de såkalte balanseringsfaktorene A_i og B_j , samt ”spredningsparameteren” β . Heldigvis har vi i andre og tredje linje $2N$ likninger i de $2N$ ukjente A-ene og B-ene. For en gitt verdi av β kan vi da bruke disse to linjene til å finne alle A_i og B_j , og så regne ut x_{ij} av første linje for alle (i,j).

Vi ser at de empiriske opplysningene som vi må ha for å løse problemet med å beregne venstresidevariablene i (1) er nettopp de aggregerte opplysningene om det totale antall reiser inn og ut av hvert sone, dvs. a-ene og b-ene, pluss reisekostnadene på alle reiserelasjonene, g_{ij} . Men dessuten trenger vi jo også β , som i virkeligheten langtfra er gitt. Hvordan fastlegger vi den?

Vi trenger en empirisk opplysning til, nemlig de gjennomsnittlige generaliserte kostnadene for reiser i systemet. Kall dem g . Denne gjennomsnittskostnaden må finnes gjennom en liten utvalgsundersøkelse i området, eller på annen måte, dersom en ikke har råd til en spørreundersøkelse. Vi har da:

$$(2) \quad \frac{1}{x} \sum_i \sum_j g_{ij} x_{ij} = \frac{1}{x} \sum_i \sum_j g_{ij} A_i B_j a_i b_j e^{-\beta g_{ij}} = g \quad \text{der } x = \sum_i a_i = \sum_j b_j$$

Her er x det totale antall reiser i systemet i perioden vi ser på. Den første likninga i formel (2) sier derfor at den gjennomsnittlige tida brukt på en reise i hele systemet er g . Når vi tar hensyn til at x_{ij} er en funksjon av β som vist i første linje i (1), gir formel (2) en mulighet til å beregne β om vi kjenner A-ene og B-ene, slik den midterste likningen i (2) viser.

En kan vise at gjennomsnittskostnaden for en reise i systemet synker når β øker.

Dette gir oss i virkeligheten alt vi trenger for å beregne OD-matrisen. Vi har laget et lite dataprogram for den avgjørende delen av beregningene, den såkalte *balanseringen*. Hele framgangsmåten er skissert i neste avsnitt.

6.4.2 Framgangsmåten for å beregne en OD-matrise

1. Ta vekk de reiserelasjonene som vi veit skal være null (her er det diagonalelementene i matrisen). Disse skal ikke være med i beregningene.
2. Sett en vilkårlig β .

3. Balansering. Beregn A-ene og B-ene av andre og tredje linje i (1) ved hjelp av dataprogrammet "balansering" eller ved hjelp av kommersielle programpakker.
4. Finn OD-matrisen for den valgte β , dvs. finn de N^2 x_{ij} -elementene ved å sette inn A-ene og B-ene i første linje i (1).
5. Bruk disse x_{ij} -elementene til å beregne gjennomsnittstida pr. reise (se (2)). Sammenlikn resultatet med g . Hvis resultatet er større enn g , velg en mindre β og gjenta prosessen fra pkt 2 av. Hvis resultatet er mindre enn g , velg en større β og gjenta prosessen med den.
6. Fortsett til du har valgt en β som viser seg å gi gjennomsnittlig reisekostnad ganske nær g . Resultatene fra denne siste runden er de endelige.

6.5 Organisering av data

La oss fortsatt kalle året vi nå har estimert OD-matriser for, for prediksjonsåret. Det kan tenkes å være flere enn ett prediksjonsår, avhengig av hvor presis vi ønsker å gjøre vår analyse. For eksempel kan prediksjonsårene være år 2002 og 2010. Har vi bare ett prediksjonsår, antar vi at alle andre år i studieperioden er lik prediksjonsåret, bortsett eventuelt fra en fast veksttakt fra år til år som anvendes på alle elementene i OD-matrisen. Har vi flere prediksjonsår, antar vi på samme måte at OD-matrisen i årene etter det første prediksjonsåret er lik prediksjonsåret bortsett fra en årlig proposjonal vekst i alle elementene. Dette fortsetter helt til det andre prediksjonsåret, hvoretter det samme skjer på grunnlag av den nye OD-matrisen for dette prediksjonsåret.

Vi lagrer data for prediksjonsårene for seg. For hvert prediksjonsår foreligger da:

1. En OD-matrise for hver transportmåte, pluss summen av dem, den totale OD-matrisen. Gi dem navn som skiller dem fra andre OD-matriser, f.eks. også fra matrisene som blei produsert med en feilaktig verdi for spredningsparameteren β . Lagre dem sammen med forklaringer på hvilke forutsetninger de bygger på, hvilke data som er anvendt, når de er produsert og av hvem. Det er meget lett å komme i en situasjon hvor man anvender en feil matrise, eller hvor man ikke veit hva matrisen egentlig innebærer.
2. Til OD-matrisen for en bestemt transportmåte i et bestemt prediksjonsår, svarer det et sett av rutekostnadsmatriser (med elementene g_{ij}). Dette settet består minimum av en kostnadsmatrise for hvert alternativ som skal analyseres. Som forklart i avsnitt 2, er kostnadsmatrisen igjen bygd opp av lenkekostnadene, som lagres for seg og summeres opp til reisekostnadsmatrisene ved hjelp av ei liste over hvilke lenker som inngår i den kostnadsminimale ruta på hver reisereelasjon. Bak lenkekostnadslistene kan det igjen ligge lister over egenskapene ved lenkene (lengde, strekningshastighet m.m.), som kombinert med enhetskostnader gir lenkekostnaden. Viktigheten av navngiving og forklaring for hver liste eller matrise gjelder naturligvis også her.
3. Har man estimert egne OD-matriser for hvert alternativ, eller i det minste en for situasjonen med og en for situasjonen uten tiltaket, lagres OD-matrisene

for hvert alternativ for seg sammen med de tilsvarende kostnadsmatrisene, og gis høvelige navn som skiller dem fra hverandre.

6.6 Bruk av dataene

Nyttekostnadsanalysen dekker en analyseperiode på 25 år. Dersom det i løpet av denne perioden kan oppstå ikke uvesentlige kjøproblemer i minst ett av alternativene, er vi nødt til å gjøre beregninger på flere av disse årene – i hvertfall fra og med den tida da kjøproblemene kan oppstå. I det tilfellet kan vi etterhvert ikke bruke kostnadsmatrisen for det opprinnelige prediksjonsåret lenger. For minst ett år noe lenger fram i tid må vi da gå tilbake til grunndata om lenkene og beregne en ny reisekostnadsmatrise på grunnlag av disse og volume-delayfunksjonene. Ofte vil det da være urimelig å anta at den nye reisekostnadsmatrisen er konsistent med den opprinnelige OD-matrisen (eventuelt blåst opp med en utenfra gitt årlig trafikkvekst). OD-matrisens $\mathbf{X} = \mathbf{D}(\mathbf{G})$ er ikke lenger i likevekt med kostnadsmatrisens $\mathbf{G} = \mathbf{S}(\mathbf{X})$, jfr. kapittel 3. Følgelig kreves det også en eller annen form for nyestimering av OD-matrisen for dette året. Den vil på sin side gi en ny kostnadsmatrise når en legger den nye etterspørselen ut i nettet, osv. til en har fått rimelig konsistens.

I dette kompliserte tilfellet er de lagrede matrisene altså bare utgangspunktet for en lengre beregningsprosess. Vi ser nå bort fra dette tilfellet.

I vedlegget til dette kapitlet viser vi at under bestemte forutsetninger trenger vi ingen OD-matriser og kostnadsmatriser for mer enn ett prediksjonsår for å gjennomføre nyttekostnadsberegningene. Dermed eliminerer vi arbeidet med å etablere en OD-matrise og flere kostnadsmatriser for flere av de 25 årene i analyseperioden, og reduserer nyttekostnadsberegningene fra i prinsipp 25 separate beregninger med neddiskontering til en enkelt beregning for det ene prediksjonsåret.

Dette er åpenbart ønskelig. Forutsetningene er at vi benytter trapesformelen til å beregne trafikantnyten og at det ikke finnes kjøproblemer. Hvis vi da er villig til å si at alle endringer i priser, kjøretider, frekvenser – kort sagt alle endringer i generaliserte kostnader – gjennomføres samlet i ett bestemt år, så kan vi nøye oss med å beregne trafikantnyten for dette ene året. Poenget ligger i at vi bruker en modifisert kalkulasjonsrente på en del av trafikantnyten for å ta hensyn til veksten i trafikken. Bompengainntekter, parkeringsinntekter, en mindre del av kollektivselskapets kostnader samt miljø- og ulykkeskostnader på vegsida kan alle behandles på samme måte som trafikantnyten. De øvrige elementene i regnestykket er uavhengige av trafikkvolumer. Dermed kan hele regnestykket gjennomføres på det ene året.

Det samme gjelder hvis vi antar at det ikke finnes overført trafikk (dvs. vegvesenets hovedmetode). Hvis veksten i trafikken i henhold til prognosene endrer seg fra år til år, kan vi framleis benytte denne enkle framgangsmåten, men med ørlite grann mer arbeid på forhånd for å beregne den rette diskonteringsfaktoren.

Som en hovedregel nøyer vi oss derfor med å etablere data for prediksjonsårene.

Vedlegg til kapittel 6

Anta vi benytter trapesformelen til å beregne trafikantnyten i det enkelte år og at det ikke finnes køproblemer. Hvis vi da er villig til å si at alle endringer i priser, kjøretider, frekvenser – kort sagt alle endringer i generaliserte kostnader – gjennomføres samlet i ett bestemt år, så kan vi nøye oss med å beregne trafikantnyten for dette ene året. Vi trenger følgelig heller ingen OD-matriser og kostnadsmatriser for andre år.

Øker vi alle a-ene og b-ene i matrise-estimeringsproblemet med v prosent, vil alle trafikkvolumer på reiserelasjonene øke med den samme prosenten. Videre vil andelen som velger hver transportmåte være den samme, uansett det totale reisevolumet på reiserelasjonen. Dette er fakta om våre metoder for matrise-estimering og fordeling av trafikken på transportmidler. Disse fakta sammen med at trafikantnyten er en lineær funksjon av trafikkvolumene, er årsaka til at beregningene kan baseres direkte på data for prediksjonsåret aleine.

Anta nå at v er veksttakten i trafikken i henhold til en overordnet prognose. Denne veksten er uavhengig av om tiltakene er gjennomført eller ikke. Trafikkvolumene på alle reiserelasjonene vil derfor alle øke med v prosent i året, og fortsette å gjøre det i årene framover, uansett om tiltakene er gjennomført eller ikke. Men når det gjelder reisekostnadene, vil de enten bli endret i prediksjonsåret når tiltakene settes ut i livet, eller de vil ikke bli endret hverken da eller siden. I begge tilfeller fortsetter de å være de samme i årene framover.

Kall generaliserte kostnader og trafikkvolumet på reiserelasjon t i prediksjonsåret umiddelbart før tiltak for G_t^0 og X_t^0 . Hvis tiltakene gjennomføres, er generalisert kostnad fra og med prediksjonsåret konstant lik G_t , mens trafikkvolumet øker med årene og er X_t^{i0} i året i dersom tiltaket ikke gjennomføres, og X_t^i i året i dersom tiltakene gjennomføres. Veksttakten v er bestemt av den alminnelige samfunnsutviklinga, og er altså lik for X_t^{i0} og X_t^i . Trafikantnyten på reiserelasjon t i år i er

$$UB_i = \frac{1}{2}(G_t^0 - G_t)(X_t^{i0} + X_t^i)$$

UB_i er en lineær funksjon av X_t^i , trafikkvolumet i året i med tiltaket, såvel som av X_t^{i0} , trafikkvolumet i år i uten tiltaket.

Trafikantnyten det neste året er

$$UB_{i+1} = \frac{1}{2}(G_t^0 - G_t)(X_t^{i+1,0} + X_t^{i+1}) = \frac{1}{2}(G_t^0 - G_t)(1+v)(X_t^{i0} + X_t^i)$$

Vi kan altså klare oss helt ut med opplysninger om år i når vi skal beregne nyten i år $(i + 1)$. Det samme gjelder alle etterfølgende år.

Nåverdien av trafikantnyten i år $(i + 1)$, henført til år i , er $1/(1+r)UB_{i+1}$, der r er kalkulasjonsrenta. Denne nåverdien kan videre skrives

$$\frac{1}{1+r} UB_{i+1} = \frac{1+v}{1+r} \frac{1}{2} (G_t^0 - G_t) (X_t^{i0} + X_t^i)$$

Vi har:

$$\frac{1+v}{1+r} = \frac{1}{1 + \frac{r-v}{1+v}}$$

Riktig framgangsmåte er derfor å bruke kalkulasjonsrenta $(r-v)/(1+v)$ og trafikkvolumene fra prediksjonsåret til å beregne nåverdien av trafikantnyten. Med henføringsår satt til prediksjonsåret og med trafikkvolumene i prediksjonsåret med og uten tiltak skrevet uten indeks for år, blir nåverdien:

$$NV_{UB} = \frac{1}{2} (G_t^0 - G_t) (X_t^0 + X_t) \sum_{i=1}^{25} \frac{1}{\left(1 + \frac{r-v}{1+v}\right)^i}$$

Summen i formelen kan beregnes på forhånd og vil være en fast diskonteringsfaktor.

Det samme prinsippet gjelder alle elementer i nyttekostnadsberegningene som er lineært avhengige av trafikkvolumer. Det kan være bompenginntekter, parkeringsinntekter, en mindre del av kollektivselskapets kostnader samt miljø- og ulykkeskostnader på vegsida. Elementer i nytteberegningene som ikke avhenger av trafikkvolumer, skal derimot neddiskonteres med r .

Anta nå at veksttakta er v i de første fem år etter at tiltaket er satt ut i livet, men deretter synker til w . Nåverdiberegninga av trafikantnyten blir:

$$NV_{UB} = \frac{1}{2} (G_t^0 - G_t) (X_t^0 + X_t) \left[\sum_{i=1}^5 \frac{1}{\left(1 + \frac{r-v}{1+v}\right)^i} + \frac{1}{(1+r)^5} \sum_{i=1}^{20} \frac{1}{\left(1 + \frac{r-w}{1+w}\right)^i} \right]$$

Også i dette tilfellet skal altså trafikantnyten i prediksjonsåret ganges med en på forhånd beregnet diskonteringsfaktor.

Det forekommer at man anslår nyskapt trafikk ved å anta en raskere årlig vekst med enn uten tiltaket. Dette er en framgangsmåte vi aldri vil benytte, og det er ikke det tilfellet som dekkes av formelen. Tvert imot må veksten være lik med og uten tiltaket.

7 Trafikkanalysen – etterspørselsfunksjoner

7.1 Har du en transportmodell?

Har du en transportmodell tilgjengelig som du planlegger å bruke? Faller alle trafikale konsekvenser av tiltaket som skal evalueres, innenfor modellens område? Kan du si at alle viktige trafikale konsekvenser som kan ventes, behandles på en god måte i modellen? Har du muligheten til å programmere endringene som tiltaket medfører for transporttilbudet i den valgte modellen, enten sjøl eller ved hjelp av andre?

Kan du svare ja på alle disse spørsmålene, behøver du ikke resten av dette kapitlet. Hvis du må svare nei på noen av dem, se om du kan gjøre tiltak slik at du likevel kan få brukt modellen. Hvis dette ikke går, eller hvis du av andre grunner velger å bygge din egen lille transportmodell, går du videre i dette kapitlet.

7.2 Hva slags transportmodell må du lage?

Du skal nå bygge opp din egen lille etterspørselsmodell. Den kan enten være *ad hoc*, dvs. bare til bruk i dette ene prosjektet, eller kunne brukes til også å evaluere tilgrensende prosjekter og tiltak *nå*, eller tilsvarende prosjekter *seinere*. Det kan være at når man først er igang, er det like greit å lage et verktøy som kan brukes også i andre sammenhenger. På den andre sida koster det tid og penger å lage en modell som dekker et større område enn strengt tatt nødvendig, enten geografisk eller når det gjelder antall reisemåter.

Avhengig av hvordan du svarer på avgrensningsspørsmålene nedenfor, ledes du til å velge en av seks hovedtyper av etterspørselsmodell, se tabell 7. Ingen av de etterspørselsmodellene vi angir forutsetter nærmere kunnskap om transportmodellering eller tilgang til avanserte estimeringsverktøy, men du bør kunne enkel regresjonsanalyse i EXEL.

Vi bruker nå betegnelsen *tiltaket* på det eller de alternativene som du skal nytteberegne nå, og *tiltakene* på alle de anvendelsene du vil lage etterspørselsmodellen for å dekke.

7.2.1 Unimodal (bare kollektiv) eller multimodal (bil og kollektiv)?

En unimodal analyse er en analyse der generaliserte kostnader ikke endrer seg på mer enn ett transportmiddel – i vårt tilfelle kollektivtransport. Etterspørselen etter kollektivreiser kan da antas å være en funksjon av generaliserte kostnader for kollektivreiser aleine. Disse etterspørselsfunksjonene kan imidlertid likevel være mer eller mindre kompliserte – fra tilfellet hvor etterspørselen antas å være kon-

stant, uavhengig av endringene på grunn av tiltaket, over tilfellet hvor etterspørselen på en reiserelasjon er en funksjon av generalisert kostnad på denne relasjonen alene, til tilfellet hvor kostnadene på andre reiserelasjoner kan spille inn. Kall de tre tilfellene K0, K1 og KM (M for mange).

En multimodal analyse er en analyse der de reisende på en eller flere av reiserelasjonene kan velge mellom ulike transportmåter. Etterspørselen etter reiser med et transportmiddel er da – i hvert fall for noen – en funksjon av de generaliserte reisekostnadene både på dette og andre transportmidler. I vår sammenheng antar vi bare at det finnes to transportmåter – bil og kollektiv. En vanlig etterspørselsmodell for valget mellom bil og kollektiv er den såkalte binomiske logitmodellen. Den forutsetter at de reisende ikke vil endre reisefrekvens eller bestemmelsested. Vi skal også gi deg et alternativ hvis denne forutsetningen ikke er realistisk, basert på nestede CES-funksjoner. Det vil være den mest avanserte etterspørselsmodellen som omhandles i dette kapitlet. Kall de to tilfellene BK2 og BKM. For fullstendighetens skyld har vi også et alternativ der etterspørselen er konstant – BK0. Når det er realistisk å bruke den, kunne vi like gjerne gjort to unimodale analyser.

Tabell 7.1. Klassifisering av etterspørselsmodeller

Type	Kjennetegn	Forslag til modeller og trafikantnytte-beregning	Behandles i avsnitt
K0	Bare kollektiv Etterspørsel på alle relasjoner er konstant	X_{ij} = konstant for alle i, j EFFEKT-metoden (kostnadsminimering)	7.3
K1	Bare kollektiv Etterspørsel på alle relasjoner er funksjon av egen generalisert kostnad	Lineær, potens- eller eksponensiell Trapesformelen eller annen nyttemaksimering	7.4
KM	Bare kollektiv Etterspørsel på alle relasjoner er funksjon av alle generaliserte kostnader	Wilson's gravitasjonsmodell, multinomisk logit Trapesformelen eller annen nyttemaksimering	7.5
BK0	Bil og kollektiv Etterspørsel på alle relasjoner er konstant	X_{ij} = konstant for alle i, j EFFEKT-metoden (kostnadsminimering)	7.3
BK2	Bil og kollektiv Etterspørsel på en relasjon er funksjon av gen.kost for bil og koll. på denne relasjonen	Binomisk logit Trapesformelen eller annen nyttemaksimering	7.6
BKM	Bil og kollektiv Etterspørsel på en relasjon funksjon av alle generaliserte kostnader på reiserelasjoner med samme startpunkt	Nested CES Trapesformelen eller annen nyttemaksimering	7.7

Hvordan skal du velge mellom en unimodal og en multimodal modell? Du må besvare følgende spørsmål:

Omfatter tiltakene enkelttiltak på mer en ett transportmiddel? Vil tiltakene kunne ha effekter på steder der det nå eller i framtida er køproblemer på vegene, kapasitetsproblemer på jernbanesporet eller andre former for trengselskostnader? Vil

tiltakene kunne flytte så mye trafikk fra et kollektivt transportmiddel til et annet at det kan ha betydning for hvilken frekvens som kan tilbys der trafikkgrunlaget går ned? Vil tiltakenes lønnsomhet være følsom for endringer i kollektivtilbudet med andre transportmidler, eller for planlagte forbedringer i vegsystemet?

Kan du svare nei på alle disse spørsmålene, har du ikke bruk for å trekke flere transportmåter inn i nyttekostnadsanalysen. Du kan da bruke en unimodal etterspørselsmodell. I avsnitt 7.2.2 undersøker vi videre hvor enkel eller komplisert du behøver å gjøre denne modellen – dvs. valget mellom K0, K1 og KM. Men hvis du må svare ja på noen av spørsmålene, kreves det en multimodal analyse. Avsnitt 7.2.3 gir deg videre vegledning.

7.2.2 K0, K1 eller KM?

Gjennom å svare på spørsmålene ovenfor har vi funnet ut at vi kan gjøre en nyttekostnadsanalyse som er enkel i den forstand at den bare involverer en transportmåte, kollektivtrafikk. Hovedgrunnen til at dette er godt nok, er at det ikke er køproblemer på de transportmåtene som ikke berøres direkte av tiltaket. Det er heller ikke fare for at tilbudet for de som blir igjen på de andre transportmåtene blir dårligere når tiltaket er etablert. De reisende der er altså akkurat like godt eller dårlig stilt som før.

Vår analyse kan likevel være komplisert i andre henseende. Formålet med dette avsnittet er å avgjøre hvor komplisert den trenger å være.

Vi kan begynne med å spørre om tiltaket etablerer et reisemarked som ikke eksisterte før? (Se definisjonen av reisemarked i kapittel 3). Hvis det gjør det – hvis altså befolkningen i en eller flere soner får tilgang til en ny transportmåte for noen av sine reiser – kan vi utelukke etterspørselsmodellen K0, i hvert fall for disse soneparene. Konstant etterspørsel betyr jo at ingen vil bruke den nye transportmåten! Vi kan også straks advare mot visse varianter av K1 i slike tilfeller, nemlig lineære etterspørselsfunksjoner eller potensfunksjoner. Heller ikke bør man anvende trapesformelen til trafikantnytteberegningen.

Anta nå at tiltaket ikke etablerer et nytt reisemarked, men forbedrer eksisterende. Når kan vi bruke konstant etterspørsel (K0)? Det kan vi gjøre hvis det er få som vil skifte destinasjon som følge av tiltaket og få som vil reise hyppigere. I et studieområde der hver reisehensikt langt på veg bare kan oppfylles på en bestemt destinasjon, vil få skifte destinasjon på grunn av tiltaket. Det er altså ikke noe stort spørsmål om *hvor* man skal jobbe, *hvor* man skal handle, *hvor* man skal drive idrett osv. Eller med andre ord: Det er ikke mange konkurrerende aktivitetstilbud på ulike steder i studieområdet. Når det gjelder reisehyppighet, vil den være nokså gitt for arbeidsreiser, og mer variabel for andre reiseformål. Hvis altså arbeidsreiser er en vesentlig del av reisene mellom soner i vårt studieområdet, kan det tale for K0.

Når tiltaket er lite i den forstand at det ikke endrer generaliserte kostnader på noen reiserelasjon med mer enn la oss si 5%, og det heller ikke finnes trengselsproblemer i kollektivtrafikken, vil antallet reisende som skifter destinasjon eller reisehyppighet være så lavt at vil kan anvende K0.

Det taler også for K0 hvis det er litt, men ikke mye trengsel og problemer med å holde rutetidene på det kollektive transportmidlet. Årsaka er at nye passasjerer da vil påføre de eksisterende passasjerene kostnader i form av ståplass, lengre og hyppigere stopp ved holdeplassene o.l. Dette tapet for de eksisterende passasjerene motsvarer kanskje omtrent gevinsten for de nye passasjerene, slik at vi like gjerne kan regne som om de nye passasjerene ikke fantes. Vi har da sett bort fra at flere passasjerer kan føre til hyppigere avganger. Hvis det skulle være tilfelle, taler det på den andre sida mot K0.

På den praktiske sida taler det for K0 at vi da kan anvende kostnadsminimeringsmetoden, hvilket gir betydelig enklere arbeid (jfr. avsnitt 4.1 og 4.2). Derfor vil vi anvende K0 også i tvilstilfeller hvis det ikke er krav om en nøyaktig analyse, og hvis ressursene til analysearbeidet er små eller tidsfristen stram. Det taler altså for K0 om vi venter oss et meget klart svar på analysen (meget lønnsomt eller meget ulønnsomt), siden nøyaktighet da ikke er avgjørende.

Anta nå at en har funnet det mest forsvarlig å regne med elastisk etterspørsel, dvs. K1 eller KM. Hvilken av dem er mest riktig? Forskjellen mellom dem er at KM tar hensyn til destinasjonsvalg. Hvis vi altså har konkurranse mellom flere steder hvor viktige reisemål kan bli oppfylt (spredt beliggenhet av arbeidsplassene, flere kjøpesentra osv.), bør vi velge KM. K1 lar destinasjonsvalget være gitt. Det vi tar hensyn til med K1, er reisehyppighet og overført trafikk fra andre transportmåter (når denne overførte trafikken forutsetningsvis ikke endrer generaliserte kostnader på transportmåtene den kommer fra). Dermed er det gitt at K1 bør brukes hvis disse virkningene anses å være viktige, og destinasjonsendringer relativt uviktige.

7.2.3 BK0, BK2 eller BKM?

Vi bruker BK0 når tiltaket har *effekter* både i bil- og kollektivmarkedene, samtidig som mengden av overført trafikk er neglisjerbar og vilkårene forøvrig, både i bil- og kollektivmarkedene, tilfredsstillende for å bruke K0. Forenklede analyser av kollektivfelt og signalprioritering kan være eksempler, siden disse tiltakene vil medføre fordeler for kollektivpassasjerene og ulemper for bilistene.

BK2 og BKM kommer inn i bildet når overført trafikk ikke er neglisjerbar. Overført trafikk er ikke neglisjerbar hvis kollektivtransport er et konkurransedyktig alternativ etter tiltaket, også for husholdninger som disponerer bil, for en eller flere reisemål og på en eller flere reiserelasjoner. Omvendt kan vi ignorere overført trafikk hvis situasjonen er at bare de som ikke har bil disponibel, noen sinne bruker kollektiv, og denne situasjonen fortsetter etter tiltaket.

Hvis det er kjøproblemer på bilsida eller trengsels- og kapasitetsproblemer i kollektivtrafikken, eller hvis kollektivtilbudet er meget avhengig av passasjergrunnet, vil du ha blitt ledet til å bruke en multimodal analyse gjennom spørsmålene du fikk i avsnitt 7.2.1. Årsaka er at i disse tilfellene vil sjøl mindre mengder overført trafikk medføre større endringer i generaliserte kostnader for alle bilister eller alle kollektivtrafikanter. Den overførte trafikken behøver altså ikke være særlig stor for å være ikke-neglisjerbar i slike situasjoner.

Anta nå at du har kommet til at overført trafikk er ikke-neglisjerbar i ditt tilfelle. Hvordan velger du mellom BK2 og BKM? Svaret er enkelt: Hvis destinasjonsvalgsmulighetene er små, velger du BK2, men hvis det finnes flere konkurrerende destinasjoner for noen av de viktige reisehensiktene, bruker du BKM. Du velger altså mellom BK2 eller BKM på samme grunnlag som du velger mellom K1 og KM (se forrige avsnitt).

7.3 K0 og BK0

I kapittel 6 så vi hvordan du kunne estimere en OD-matrise for bil og en OD-matrise for kollektivtransport. La oss først holde oss til OD-matrisen for kollektivtransport. Elementene i denne matrisen kalte vi x_{ij}^{koll} , der i er startsonen og j destinasjonssonen. Det tilsvarende elementet i bilmatrisen var x_{ij}^{bil} . La etterspørselen etter kollektivreiser mellom i og j være X_{ij}^{koll} , og etterspørselen etter bilreiser X_{ij}^{bil} . Vår etterspørselsmodell i tilfellene K0 og BK0 er rett og slett å sette etterspørselen overalt, både før og etter tiltaket, lik det den var i OD-matrisen, altså:

$$(1) \quad \begin{aligned} X_{ij}^{koll} &= x_{ij}^{koll} \\ X_{ij}^{bil} &= x_{ij}^{bil} \\ i &= 1, \dots, n \text{ og } j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

I modell K0 antar vi at ingenting skjer med kostnadene i bilreisemarkedene, og i det tilfellet har vi ikke bruk for noen opplysninger om OD-matrisen for bil. I modell BK0 trenger vi i utgangspunktet begge OD-matrisene.

Men som vi så i avsnitt 4.2, så er det slik at hvis det ikke finnes rutevalgalternativer, eller hvis vi er sikre på at rutevalget ikke endrer seg for noen som en følge av tiltaket, behøver vi egentlig ikke noen OD-matrise, hverken for bil eller kollektiv. I det tilfellet holder det å observere antall reisende som passerer de punktene i nettverket som er forbedret. Nyten for trafikantene er kostnadsbesparelsen på de forbedrede lenkene multiplisert med det observerte antall reisende over disse lenkene.

Med rutevalgsmuligheter på bilsida eller kollektivsida blir trafikantnytteberegningen litt mer komplisert. Det kreves OD-matriser og at vi fastlegger billigste rute for hver reiserelasjon før og etter tiltaket. På det grunnlaget kan endringen i generaliserte reisekostnader på hver reiserelasjon beregnes. Trafikantnyten for denne reiserelasjonen er endringen i generaliserte reisekostnader på reiserelasjonen multiplisert med antall reisende. Den samlede trafikantnyten framkommer ved å summere trafikantnyten over alle reiserelasjoner.

Til etterspørselsmodellen (1) for BK0-tilfellet svarer altså trafikantnytteberegning etter kostnadsminimeringsmetoden. Etterspørselsmodellen for K0-tilfellet, som er (1) minus andre linje, gir også opphav til trafikantnytteberegning etter kostnadsminimeringsmetoden.

Kostnadsminimeringsmetoden anvendt på transportmåten bil er naturligvis den metoden som er beskrevet i Håndbok 140 (EFFEKT). Anvendelsen på transportmåten kollektiv følger de samme prinsipper, men det er klokt å være mer nøyaktig

med antall busser og belegget i dem enn det man vanligvis er i EFFEKT. Hvis tiltaket medfører endret avgangshyppighet, kommer endret skjult og åpen ventetid for den gitte mengden reisende inn i bildet. Dette er ikke behandlet i EFFEKT.

7.4 K1

For tilfellet der vi kun betrakter kollektivtrafikk, og etterspørselen på alle relasjoner er en funksjon av kun egen generalisert kostnad, skal vi se på fire forslag til modeller: lineære funksjoner, potensfunksjoner, eksponensialfunksjoner og en tilnærming basert på elastisitet.

7.4.1 Lineære funksjoner

Etterspørselsmodellen

$$(2) \quad X = a - bG$$

er matematisk veldig enkel. b bestemmer etterspørselens prisfølsomhet (dX/dG), mens a bestemmer nivået på etterspørselen. a sier også hvor mange som ville reise dersom $G = 0$. G må være mindre enn a/b for at noen i det hele tatt vil reise.

Etterspørselens elastisitet med hensyn på generalisert kostnad er

$$(3) \quad \frac{dX}{dG} \frac{G}{X} = -\frac{bG}{a - bG}$$

Kalibrering

Elastisiteten $\varepsilon_G = (dX/dG) \cdot (G/X)$ er ofte estimert i empiriske studier (jf. avsnitt 7.8 nedenfor). Når etterspørsel og priser i nullalternativet er kjent, kan man så bruke de to likningene (2) og (3) til å bestemme de to konstantene a og b .

Nytteberegning

Trapesregelen egner seg perfekt i det lineære tilfellet.

Potensfunksjoner

$$(4) \quad X = aG^{-b}$$

Også her er a en nivåparameter, mens b uttrykker prisfølsomheten. $-b$ er priselastisiteten, som altså er konstant:

$$(5) \quad \frac{dX}{dG} \frac{G}{X} = -b$$

Vi skal se senere at det er nødvendig at b er større enn 1, ellers konvergerer ikke konsumentoverskuddet. Dette tilsier at modellen passer best for lange fritidsreiser

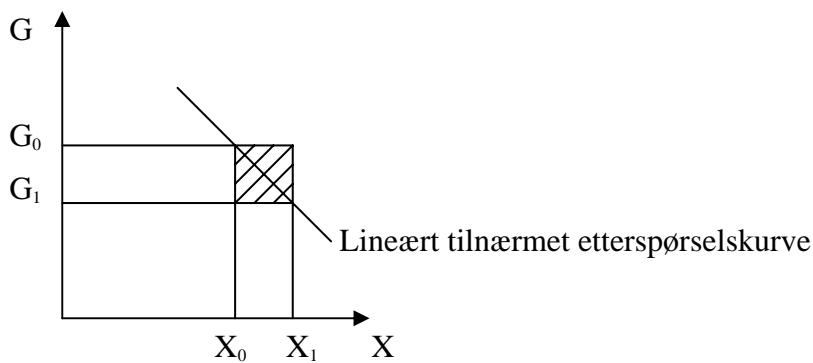
og tjenestereiser, siden korte reiser og reiser til og fra arbeid antas å ha lav absoluttverdi av elastisiteten.

Kalibrering

Hvis det finnes et relevant anslag for elastisiteten (se avsnitt 7.8), har vi verdien på b . Når b er kjent, tilpasser vi a ved hjelp av data for X og G i nullalternativet.

Nytteberegning

Når vi skal beregne konsumentoverskuddet ved tiltaket kan vi være litt unøyaktige og anta at etterspørselsfunksjonen er tilnærmet lineær i det området vi studerer, slik at vi kan bruke trapesformelen. Hvis etterspørselsendringene som følger av endringer i generaliserte kostnader er store, blir avvikene mellom faktisk og beregnet konsumentoverskudd store. Da bør vi i stedet beregne integralet nedenfor. Når vi bruker trapesformelen, antar vi implisitt at nytteøkningen for nye trafikanter er halvparten av hva nytteøkningen hadde vært hvis disse var "gamle" trafikanter, dvs. halvparten av den skraverte firkanten i figur 7.2 regnes med i konsumentoverskuddet. Neuberger (1971) gir følgende tommelfingerregel for valget mellom trapesformel og mer nøyaktig beregning: Hvis maksimumsberegningen (hele firkanten er med) er mindre enn det dobbelte av minimumsberegningen (firkanten er ikke med), blir avviket ved å bruke trapesformel istedenfor integral mindre enn 5 %.



Figur 7.2: Vedr. nytteberegning for økt trafikk

Siden etterspørselskurven ikke er lineær, men en potensfunksjon, må vi bruke et integral hvis vi skal beregne arealet under kurven nøyaktig:

$$(6) \quad UB = - \int_{G_0}^{G_1} aG^{-b} dG = - \frac{a}{1-b} (G_1^{1-b} - G_0^{1-b})$$

Som nevnt ovenfor, er det nødvendig at $b > 1$. Se på hva som skjer med UB når G går mot uendelig (her er $G_1 = G$ og $G_0 = 0$):

$$(7) \quad \lim_{b \rightarrow 1} \frac{a}{1-b} G^{1-b} = \lim_{b \rightarrow 1} \frac{a}{(b-1)G^{b-1}} \rightarrow 0$$

forutsatt at $b > 1$. Hvis $b < 1$, ville uttrykket ikke konvergere, men gå mot $-\infty$.

7.4.3 Eksponensialfunksjoner

Eksponensielle etterspørselsfunksjoner kan være av typen

$$(8) \quad X = ae^{-bG}$$

der elastisiteten av etterspørselen med hensyn på pris er

$$(9) \quad \frac{dX}{dG} \frac{G}{X} = -bG$$

slik at også her er b en elastisitetsparameter og a en nivåparameter. Til forskjell fra potensfunksjonene, hvor elastisiteten er konstant (jf. likning 5), varierer elastisiteten ved eksponensialfunksjonene med nivået på G . Dette er ofte en mer realistisk forutsetning. (9) innebærer at hvis prisen for en reise er høy i utgangspunktet, vil en prisøkning føre til et større bortfall i etterspørsel enn om prisenivået hadde vært lavt før prisøkningen. Det vil si at kollektivselskapets potensiale for å øke billettinntektene ved å øke takstene, avtar jo høyere takstene er (Wardman, 1997).

Elastisiteter varierer ikke bare med nivået på G , men også konkurransesituasjonen i forhold til andre transportmidler har betydning, i følge Wardman (1997). For eksempel kan man vente at hvis markedsandelen for et transportmiddel er stor, vil en prisreduksjon ha mindre effekt på etterspørselen enn hvis markedsandelen er liten, for ved stor markedsandel har man allerede fanget opp en stor del av de aktuelle trafikantene. (8) kan bygges ut for å ta hensyn til dette:

$$(10) \quad X_{koll} = a * \exp(-b\pi^\gamma G_{koll})$$

$\pi = G_{koll} / G_{bil}$ er en indikator på konkurransesituasjonen for kollektivtransport i forhold til privatbilisme. Dersom $\gamma = 0$, blir (10) lik (8).

Kalibrering

Vi tar for oss eksponensialfunksjoner av typen i likning (8). Hvis det finnes relevante anslag for elastisiteten (se avsnitt 7.8), kan vi velge b som elastisitetsanslaget delt på gjennomsnittlig generalisert kostnad fra dataene vi har om nullalternativet. Når b er kjent, tilpasser vi a ved hjelp av dataene for X og G i nullalternativet.

Nytteberegning

Som i tilfellet med potensfunksjoner, er trapesregelen en brukbar tilnærming forutsatt at avvikene ikke blir for store. Beregningen blir mer nøyaktig hvis vi bruker

$$(11) \quad UB = - \int_{G_0}^{G_1} a e^{-bG} dG = \frac{a}{b} (e^{-bG_1} - e^{-bG_0})$$

7.4.4 Enkel elastisitetsmodell

Hvis elastisiteten av X med hensyn på G er kjent, kan vi ta utgangspunkt i tilnærmingen

$$(12) \quad \frac{dX}{dG} \cdot \frac{G}{X} \approx \frac{G_0}{X_0} \cdot \frac{(X_1 - X_0)}{(G_1 - G_0)} = \varepsilon_G$$

Fotskrift 0 og 1 refererer til henholdsvis null- og tiltaksalternativet. Løses likning (12) med hensyn på X_1 , framkommer etterspørselsmodellen

$$(13) \quad X_1 = X_0 \left(1 + \varepsilon_G \cdot \frac{G_1 - G_0}{G_0} \right)$$

Kalibrering

Alle variablene på høyre side i likning (13) er kjente.

Nytteberegning

Som en tilnærming kan trapesformelen brukes.

7.5 KM

Fremdeles studerer vi kun kollektivreiser, men vi åpner nå for destinasjonsvalg. Antallet kollektivreiser som starter i sone i er X_i . Hvordan fordeler disse reisene seg på ulike destinasjoner j ? Etterspørselen på hver relasjon ij er en funksjon av generaliserte kostnader på alle relasjoner.

Vi kan bruke en multinomisk logitmodell:

$$(14) \quad X_{ij} = X_i \frac{e^{-\lambda G_{ij}}}{\sum_{j=1}^J e^{-\lambda G_{ij}}} \quad \forall i, j$$

Denne modellen sprer reisene ut på destinasjonene etter hvor mye det koster å reise til dem, men tar ikke hensyn til at det kan være hyggeligere å besøke det ene stedet enn det andre. Helst bør modellen gjøres mer realistisk ved å ta hensyn til at ulike destinasjoner har ulik attraktivitet A_j :

$$(15) \quad X_{ij} = X_i \frac{A_j e^{-\lambda G_{ij}}}{\sum_{k=1}^J A_k e^{-\lambda G_{ik}}} \quad \forall i, j$$

Attraktivitetsindikatoren A_j kan her være antall arbeidsplasser i sone j for reiser fra og til arbeid, antall kvadratmeter butikklokaler for handlereiser osv. Legg altså

merke til at vi her helst vil estimere etterspørselen og beregne nytta for hvert reiseformål separat.

7.5.1 Kalibrering

Det er ikke vanlig å beregne elastisiteter knyttet til destinasjonsvalg. Å benytte seg av elastisiteter er derfor ikke vegen å gå for å kalibrere modellen. Hvis alle G_{ij} , X_{ij} , X_i og A_j er kjente, kan λ beregnes ved å bruke to etterspørselsfunksjoner av formen (15), dele den ene på den andre og ta logaritmen på begge sider av likhetstegnet:

$$(16) \quad \ln \frac{X_{ij}}{X_{ik}} = \ln \frac{A_j}{A_k} - \lambda(G_{ij} - G_{ik})$$

Dette gir et empirisk materiale til beregning av λ ved enkel regresjon.

7.5.2 Nyttetberegning

Fra litteraturen om multinomiske logitmodeller har vi at konsumentoverskuddet blir

$$(17) \quad UB = -\frac{X_i}{\lambda} \ln \left(\sum_{j=1}^J A_j e^{-\lambda G_{ij}} \right) \Bigg|_{G^1}^{G^0} \quad \forall i$$

At dette er den antideriverte av etterspørselsfunksjonen, kan vi konstatere ved å derivere UB med hensyn på G_{ij} .

En alternativ måte å beregne nytten på er å bruke trapesformelen, hvis avvikene blir små (jf. avsnitt 7.4.2.2). Trapesformelen blir her en sum:

$$(18) \quad UB = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^J (X_{ij}^0 + X_{ij}^1) (G_{ij}^0 - G_{ij}^1) \quad \forall i$$

7.6 BK2

Nå skal vi se bort fra destinasjonsvalg, men åpne for transportmiddelvalg.

7.6.1 Binomisk logitmodell

Antall reiser fra i til j , X_{ij} , er gitt, men hvordan fordeler etterspørselen seg mellom privatbilreiser og kollektivreiser? I en binomisk logitmodell er etterspørselen etter reiser fra i til j med transportmiddel m ($m = \text{bil eller kollektiv}$) en funksjon av generaliserte kostnader ved begge transportmidlene på relasjon ij :

$$(19) \quad X_{ijm} = X_{ij} \frac{e^{-\lambda G_{ijm}}}{\sum_{m=1}^M e^{-\lambda G_{ijm}}}$$

eller, litt mer spesifisert,

$$(20) \quad X_{ij}^{bil} = X_{ij} \frac{e^{-\lambda G_{ij}^{bil}}}{e^{-\lambda G_{ij}^{bil}} + e^{-\lambda G_{ij}^{koll}}}, \quad X_{ij}^{koll} = X_{ij} \frac{e^{-\lambda G_{ij}^{koll}}}{e^{-\lambda G_{ij}^{bil}} + e^{-\lambda G_{ij}^{koll}}}$$

Elastisiteten til X_{ijm} med hensyn på G_{ijm} er

$$(21) \quad \frac{\partial X_{ijm}}{\partial G_{ijm}} \frac{G_{ijm}}{X_{ijm}} = -\lambda \left(1 - \frac{X_{ijm}}{X_{ij}} \right) G_{ijm}$$

Kalibrering

For å finne λ trenger vi å kjenne elastisiteten (se avsnitt 7.8), etterspørselen og prisene i nullalternativet. Da finner vi λ ved hjelp av likning (21). Eventuelt kan denne metoden sammenliknes med metoden i forrige avsnitt, dvs del X^{bil} på X^{koll} for hver reiserelasjon, ta logaritmen og estimer λ med enkel regresjon på dette materialet.

Nytteberegning

Vi henter følgende resultat fra litteraturen om logitmodeller:

$$(22) \quad UB = -\frac{X_{ij}}{\lambda} \ln(e^{-\lambda G_{ij}^{bil}} + e^{-\lambda G_{ij}^{koll}}) \Bigg|_{G_1}^{G_0} \quad \forall i, j$$

Alternativt kan trapesformelen brukes. Den blir en sum tilsvarende likning (18), men nå er det transportmidlene det summeres over.

7.6.2 Potensfunksjon med krysspriselastisitet

Dette er en forenklet versjon av en modell hentet fra en belgisk studie (De Borger et al, 1996):

$$(23) \quad X_{koll} = a_{koll} P_{koll}^{\eta_{koll,koll}} P_{bil}^{\eta_{koll,bil}} GT_{koll}^{\tau_{koll,koll}}$$

$$(24) \quad X_{bil} = a_{bil} P_{bil}^{\eta_{bil,bil}} GT_{bil}^{\tau_{bil,bil}}$$

Modellen gjelder for en bestemt relasjon ij . Her er generalisert reisekostnad splittet opp i faktorer for pris (pengeutlegg) P og generalisert tid (ventetid, gangtid o.l.) GT . τ er direkte tidselastisitet. $\eta_{m1,m2}$ er elastisiteten for etterspørselen etter transportmiddel $m1$ med hensyn på prisen på transportmiddel $m2$. Når $m1 \neq m2$ er dette en krysspriselastisitet. De Borger et al. fant at prisene for kollektivreiser hadde liten innvirkning på etterspørselen etter bilreiser. Kollektivprisen er derfor utelatt fra likning (24).

Kalibrering

Har vi estimater for elastisitetene, finner vi a for henholdsvis kollektiv- og bilreiser ved å bruke data fra nullalternativet. Estimater fra Belgia (De Borger et al., 1996) er:

	Rushtid	Utenom rush
$\eta_{koll,koll}$	-0,35	-0,87
$\eta_{koll,bil}$	0,708	0,578
$\eta_{bil,bil}$	-0,3	-0,6

Basert på De Borger et al. kan tidselastisiteten τ anslås til -0,8 for kollektivreiser og -0,2 for bilreiser.

Nytteberegning

En måte å beregne konsumentnytte på i denne modellen, er å finne endringen i generalisert kostnad og bruke trapesformelen. Hvis generalisert tid GT er oppgitt i minutter, blir generalisert kostnad G

$$(25) \quad G_i = \frac{GT_i}{60} * tidsverdi + P_i, \quad i = koll, bil$$

Konsumentnyttens blir da

$$(26) \quad UB = \frac{1}{2} \sum_i (G_i^0 - G_i^1)(X_i^0 + X_i^1), \quad i = koll, bil$$

7.7 BKM

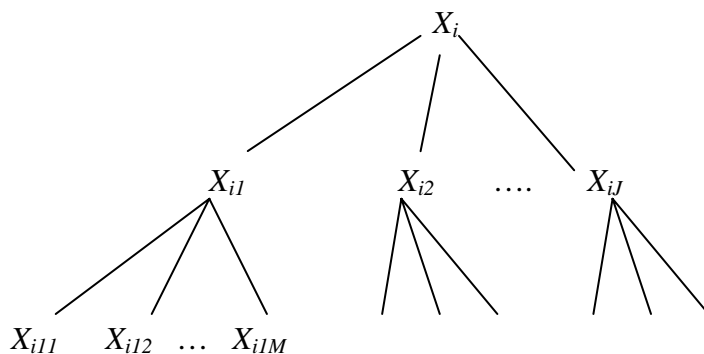
Her velger trafikanten både destinasjon og transportmiddel. Etterspørselen etter reiser fra startsted i til destinasjon j med transportmiddel m ($m = bil$ eller kollektiv) er en funksjon av generaliserte kostnader ved begge transportmidlene på alle relasjoner med startsted i .

Når valgene har mer enn én dimensjon, bruker vi såkalte "nested models". Aktuelle modeller er "nested" multinomisk logit og "nested" CES (*constant elasticity of substitution*). Selv i vårt tilfelle, der valget har kun to dimensjoner, blir slike modeller relativt kompliserte å behandle analytisk (i hvert fall uten dataverktøy).

Vi skal presentere en nested CES-modell (Minken og Samstad 2000 gir alle detaljer om modellen). Figur 7.3 illustrerer at reisene fra startsted i fordeler seg på ulike destinasjoner j , som igjen kan nås med ulike transportmidler m .

Selv om valgene skjer simultant, kan vi tenke oss prosessen i to trinn: På nedre trinn fordeles reisene på ulike transportmidler, og på øvre trinn på destinasjoner. På begge trinn skjer valgene i henhold til en nyttefunksjon som er av formen CES.

Siden nyttemaksimeringen på øvre trinn er koplet sammen med nyttemaksimeringen på nedre trinn, sier man at problemet sett under ett er *nested*.



Figur 7.3: Skisse for transportmiddel- og destinasjonsvalg

I utledningen av etterspørselsfunksjonen for en representativ konsument, har det vist seg at det er til hjelp å definere to indekser:

$$(27) \quad P_{ij} = \left(\sum_m \beta_{ijm} \left(\frac{G_{ijm}}{\beta_{ijm}} \right)^{\frac{\mu}{1-\mu}} \right)^{-1}$$

$$(28) \quad S_{ij} = \sum_m \left(\frac{G_{ijm}}{\beta_{ijm}} \right)^{\frac{1}{1-\mu}}$$

G er som før generalisert reisekostnad. β_{ijm} er parametre som bestemmes (metoden er vist nedenfor). μ er en parameter som kan regnes om til substitusjonselastisiteten for valget mellom ulike transportmidler. $(P_{ij}S_{ij})^{-1}$ kan oppfattes som kostnaden ved å reise til destinasjon j .

Etterspørselsfunksjonen for en representativ konsument blir

$$(29) \quad X_{ijm} = P_{ij} \frac{\alpha_{ij}^{\frac{1}{1-\rho}} (P_{ij}S_{ij})^{\frac{\rho}{1-\rho}} R_i \left(\frac{G_{ijm}}{\beta_{ijm}} \right)^{\frac{1}{1-\mu}}}{\sum_k \alpha_{ik}^{\frac{1}{1-\rho}} (P_{ik}S_{ik})^{\frac{\rho}{1-\rho}}}$$

α_{ij} er parametre som vi skal vise beregningen av nedenfor. ρ er en parameter som kan regnes om til substitusjonselastisiteten for valget mellom ulike destinasjoner. R_i er konsumentens reisebudsjett.

For å beregne total etterspørsel etter reiser til destinasjon j med transportmiddel m , må etterspørselen i (29) ganges med antall individer.

7.7.1 Kalibrering og estimering

Parametrene som skal estimeres er ρ og μ . Videre skal spredningsparametrene α_{ij} og β_{ij} bestemmes.

μ estimeres ved å utnytte førsteordensbetingelsene fra nyttemaksimeringsproblemet på det nedre nivået:

$$(30) \quad \text{Maks. } u_{ij} = \left(\sum_m \beta_{ijm} X_{ijm}^\mu \right)^{\frac{1}{\mu}} \quad \text{gitt} \quad \sum_m G_{ijm} X_{ijm} = R_{ij}$$

der R_{ij} er en andel av reisebudsjettet.

Vi velger to betingelser knyttet til samme destinasjonsvalg, men ulikt transportmiddelvalg, deler den ene på den andre og ordner:

$$(31) \quad \left(\frac{X_{ijm}}{X_{ijn}} \right)^{1-\mu} = \frac{\beta_{ijm}}{\beta_{ijn}} \left(\frac{G_{ijm}}{G_{ijn}} \right)^{-1}$$

Sett $\sigma = 1/(1-\mu)$ og ta logaritmen på begge sider av likhetstegnet:

$$(32) \quad \ln \frac{X_{ijm}}{X_{ijn}} = \sigma \ln \frac{\beta_{ijm}}{\beta_{ijn}} - \sigma \ln \frac{G_{ijm}}{G_{ijn}} = K - \sigma \ln \frac{G_{ijm}}{G_{ijn}}$$

Dette er en lineær sammenheng med stigningstall σ . Vi kan estimere stigningstallet og dermed μ . For å gjøre dette trenger vi data for etterspørselen X_{ijm} og de generaliserte kostnadene G_{ijm} . Stigningstallet kan estimeres i for eksempel Excel.

Samme metode brukes for å estimere ρ . Her utnyttes optimumsbetingelsene fra det øverste nivået i totrinnsproblemet, dvs. fra maksimeringsproblemet

$$(33) \quad \text{Maks. } u_i = \left(\sum_j \alpha_{ij} X_{ij}^\rho \right)^{\frac{1}{\rho}} \quad \text{gitt} \quad \sum_j (P_{ij} S_{ij})^{-1} X_{ij} = R_i$$

Når vi deler en optimumsbetingelse på en annen, får vi

$$(34) \quad \left(\frac{X_{ij}}{X_{ik}} \right)^{1-\rho} = \frac{\alpha_{ij} P_{ij} S_{ij}}{\alpha_{ik} P_{ik} S_{ik}}$$

Vi setter $\tau = 1/(1-\rho)$ og tar logaritmen på begge sider av likhetstegnet.

$$(35) \quad \ln \frac{X_{ij}}{X_{ik}} = \tau \ln \frac{\alpha_{ij}}{\alpha_{ik}} + \tau \ln \frac{P_{ij} S_{ij}}{P_{ik} S_{ik}} = K + \tau \ln \frac{P_{ij} S_{ij}}{P_{ik} S_{ik}}$$

Denne lineære sammenhengen kan brukes til å estimere τ og dermed ρ . Data for etterspørselen X_{ij} og for produktet av indeksene P_{ij} og S_{ij} er nødvendig. $P_{ij} S_{ij}$ kan beregnes når X_{ij} og R_{ij} er kjente, fordi $X_{ij} = P_{ij} S_{ij} R_{ij}$ i optimum.

Vanligvis kjenner vi ikke R_{ij} , dvs. den delen av reisebudsjettet som brukes på reiser til j . Vi kan likevel beregne indeksene P_{ij} og S_{ij} hvis vi kjenner alle β_{ijm} og μ , som formlene (27) og (28) viser. Nedenfor viser vi hvordan alle β_{ijm} kan

beregnes når vi først har estimert μ . Dermed har vi det vi trenger til å beregne $P_{ij}S_{ij}$, og dermed til å estimere τ fra likning (35).

Spredningsparametrene α_{ij} og β_{ijm} kan beregnes ved hjelp av etterspørselsfunksjonene, samt restriksjonene $\sum_j \alpha_{ij} = 1$ og $\sum_m \beta_{ijm} = 1$. For en gitt j deles to etterspørselsfunksjoner på hverandre:

$$(36) \quad \frac{X_{ijm}}{X_{ijn}} = \frac{\left(\frac{G_{ijm}}{\beta_{ijm}}\right)^{\frac{1}{1-\mu}}}{\left(\frac{G_{ijn}}{\beta_{ijn}}\right)^{\frac{1}{1-\mu}}}$$

De eneste ukjente her er β_{ijm} og β_{ijn} . Forholdet mellom disse kan uttrykkes eksplisitt som

$$(37) \quad \frac{\beta_{ijm}}{\beta_{ijn}} = \left(\frac{X_{ijm}}{X_{ijn}}\right)^{1-\mu} \frac{G_{ijm}}{G_{ijn}}$$

Med disse forholdstallene og restriksjonen $\sum_m \beta_{ijm} = 1$ får vi bestemt alle β_{ijm} .

For å bestemme alle α_{ij} , benyttes etterspørselsfunksjonene for det øverste nivået. Hvis vi dividerer en slik funksjon på en annen og forkorter, får vi

$$(38) \quad \frac{X_{ij}}{X_{ik}} = \left(\frac{\alpha_{ij}}{\alpha_{ik}}\right)^{\frac{1}{1-\rho}} \left(\frac{P_{ij}S_{ij}}{P_{ik}S_{ik}}\right)^{\frac{1}{1-\rho}}$$

Her er kun α_{ij} og α_{ik} ukjente. Forholdet mellom dem er

$$(39) \quad \frac{\alpha_{ij}}{\alpha_{ik}} = \left(\frac{X_{ij}}{X_{ik}}\right)^{1-\rho} \left(\frac{P_{ij}S_{ij}}{P_{ik}S_{ik}}\right)^{-1}$$

Med disse forholdstallene og restriksjonen $\sum_j \alpha_{ij} = 1$ får vi bestemt alle α_{ij} .

7.7.2 Nytteberegning

Vi kan bruke såkalt ekvivalent variasjon som mål på konsumentoverskuddet. La toppskrift 0 bety situasjonen før tiltaket, og toppskrift 1 etter tiltaket. Ekvivalent variasjon EV_i for den representative konsumenten kan skrives

$$(40) \quad EV_i = \frac{\left[\sum_j \alpha_{ij}^{\frac{1}{1-\rho}} (P_{ij}^1 S_{ij}^1)^{\frac{\rho}{1-\rho}} \right]^{\frac{1-\rho}{\rho}}}{\left[\sum_j \alpha_{ij}^{\frac{1}{1-\rho}} (P_{ij}^0 S_{ij}^0)^{\frac{\rho}{1-\rho}} \right]^{\frac{1-\rho}{\rho}}} R_i^1 - R_i^0$$

Uten å utdype hva som ligger bak uttrykket, kan vi gi følgende tolkning: Det første leddet er et uttrykk for hvor stort budsjett konsumenten måtte ha disponert til reiser hvis han skulle komme like godt ut ved prisene $(P_{ij}^0 S_{ij}^0)^{-1}$ (før tiltaket) som når prisene er $(P_{ij}^1 S_{ij}^1)^{-1}$ og reisebudsjettet R_i^1 (etter tiltaket). Differansen mellom dette og faktisk reisebudsjett R_i^0 , er altså et mål på konsumentoverskuddet. Merk at beregningen gjelder den representative konsumenten, og derfor må ganges med antall individer. Merk også at (40) kan brukes selv om tiltaket ikke påvirker R_i , dvs. når $R_i = R_i^0 = R_i^1$.

For å benytte (40) trenger vi et anslag på reisebudsjettet for et gjennomsnittsindivid i sone i , R_i . Siden vi opererer med generaliserte kostnader her, er reisebudsjettet en sum av totale pengekostnader ved reiser i studieområdet i den perioden på dagen som vi ser på, pluss tidskostnadene. Tidskostnadene må finnes ved å ta gjennomsnittstida brukt til reising i studieområdet i denne perioden av dagen, og multiplisere med en gjennomsnittlig tidsverdi fra Killi (1999). Vi antar at det er mulig å gi anslag på de nødvendige gjennomsnittstørrelsene, enten fra undersøkelser i forbindelse med trafikkanalysen eller på annen måte.

7.8 Elastisiteter i etterspørselsmodellene

For å beregne konstantene (kalibrering) i modellene vi har gjennomgått, trengs det i de fleste tilfellene estimater for etterspørselens elastisitet.

Først ser vi på kollektivreiser isolert. Lindjord og Christensen (1997) har anslått priselastisiteten ved kollektivtrafikk til $-0,4$. Da er det ikke skilt mellom rushtid og reiser utenom rush. Vi antar at reiser i rushtiden for en stor del er arbeidsreiser, slik at (absoluttverdien av) elastisiteten er lav for tidsperioder med rush – anslagsvis ned mot $-0,25$. Utenom rush er det større innslag av reiser som ikke gjøres av nødvendighet, slik at det er rimelig å forvente høyere priselastisitet for disse periodene, løst antatt mellom $-0,5$ og -1 .

Det beregnes egne elastisiteter for transportmiddelvalg. De er gjerne lavere enn etterspørselstelasitetene, siden de kun tar hensyn til overføring av trafikanter mellom transportmidler, og ikke at trafikanter kommer til eller går ut av markedet. Lindjord og Christensen (1997) presenterer estimater fra flere studier. Disse er naturlig nok sprikende, siden det ligger ulike forutsetninger bak ulike empiriske undersøkelser. Blant annet varierer transportmiddelalternativene fra tilfelle til tilfelle. For å gi en pekepinn om størrelsesordenen på disse elastisitetene, kan vi si at de fleste estimatene som gjelder rushtidstrafikk ligger over $-0,5$ (dvs. de er alle negative og har absoluttverdi under $0,5$), mens estimater for trafikk utenom rush har noe høyere absoluttverdier (de er også negative).

For destinasjonsvalg er det ikke vanlig å beregne elastisiteter.

Elastisitetsanslagene ovenfor gjelder priselastisiteter. Ved prisendringer vil etterspørselstelasiteten med hensyn på pris p være høyere enn etterspørselstelasiteten med hensyn på generalisert kostnad G . Dette fordi prisen er en del av generalisert kostnad, slik at relativ endring i p blir større enn relativ endring i G .

For å beregne elasticiteten med hensyn på generalisert kostnad når priselastisiteten er kjent, må G spesifiseres:

$$(41) \quad G = p + \theta \left(\sum_{s=1}^5 w_s t_s \right)$$

s er en indeks som viser til henholdsvis gangtid, ventetid, tid ombord, omstigningstid og omstigningsulempe (jf. avsnitt 8.3.1). Prisen p og tidsbruken t er som regel kjent i det enkelte tilfelle. Tidsverdien θ er avhengig av hva slags reise det gjelder. For θ og for de ulike vektene w finner vi anbefalte verdier i Killi (1999), som vi har gjengitt i avsnitt 8.1. Sammenhengen mellom etterspørselselasticiteten med hensyn på G , ε_G , og etterspørselselasticiteten med hensyn på en komponent k på høyre side i (41), ε_k , er:

$$(42) \quad \varepsilon_k = \varepsilon_G \frac{\partial G}{\partial k} \frac{k}{G}$$

For eksempel er etterspørselselasticiteten med hensyn på pris lik $(p/G)\varepsilon_G$, slik at når ε_p er kjent, kan vi beregne etterspørselselasticiteten med hensyn på generalisert kostnad som $\varepsilon_G = (G/p)\varepsilon_p$.

De ulike priselastisitetene vi har antydnet er forsøkt oppsummert i tabell 7.2. Med disse kan vi bruke likning (42) til å beregne ønsket elasticitet, så sant pris og tidsbruk i likning (41) er kjent.

Tabell 7.2. Anslag på etterspørselselasticiteter for kollektivtrafikk (kortere reiser), med hensyn på billettpris

	Etterspørselselasticiteter for markedet	Elastisiteter for transportmiddelvalg
Rushtid	-0,28	-0,22
Utenom rush	-0,75	-0,55

7.9 Ennå litt om geografisk avgrensning

Vi vil nå revurdere den lista vi opprinnelig laget over hvilke reisemarkeder som skal være med i etterspørselsmodellen.

Vil tiltakene kunne flytte så mye trafikk fra en rute til en annen innen for det kollektive transportmidlet vi ser på, at det kan ha betydning for hvilken frekvens som kan tilbys der trafikkgrunnlaget går ned? Du må da ta et bredt syn på hvor store deler av reisemarkedene som skal være med i etterspørselsmodellen, etter som tiltakene kan få betydning for reisemarkeder som ikke direkte berøres. Blant de tingene du må vurdere, er muligheten for at tiltakene kan medføre at det lønner seg for folk i en sone som tilhører en holdeplass, å gå/sykle/kjøre til en annen holdeplass, der frekvensen nå er økt, eller der tilbudet er forbedret på annen måte. Tilsvarende for holdeplasser der frekvensen av aktuelle ruter nå kan ha gått ned.

Lag en kvadratisk tabell der alle holdeplasser/stasjoner der trafikken overhode kan tenkes å bli berørt av tiltakene, føres opp både som rader og kolonner. Studer

enten alle cellene over eller under diagonalen. Kan dette reisemarkedet overhode tenkes å bli berørt av tiltakene, direkte eller indirekte? Hvis nei, sett kryss i vedkommende celle, idet du forsikrer deg om at det samme også gjelder for reisene i motsatt retning og krysser ut den. Hvis du har kryssset ut en hel rad eller kolonne, fjerner du den.

Du har nå en tabell over de reisemarkedene du skal lage etterspørselsmodell for. Spørsmålet er om den kan forenkles ytterligere ved å slå sammen beslektede reisemarkeder. I utgangspunktet vil vi tru at reisemarkeder der reisa tar omtrent samme tid, tilbringerreisa tar omtrent samme tid og billetten koster omtrent det samme, både i utgangspunktet og i alle de alternative tiltakene vi kan komme til å studere, kan slås sammen. Dette gjelder sjølsagt spesielt for reisemarkeder som begynner og slutter i samme område, som f.eks. reiser fra Øvre Groruddalen til sentrum i Oslo. Muligheten for at reisetider og kostnader i ulike markeder skal endre seg på samme måte i alle alternative tiltak, øker også når det finnes få eller ingen muligheter for å velge alternative ruter for noen av reisemarkedene, og når tiltakene ikke er lokalisert til bestemte steder i nettet (f.eks. pristiltak).

Studer tabellen din med dette utgangspunktet. Du vil oppdage at når du slår sammen reisemarkeder i tabellen, forsvinner reisene internt i det sammenslåtte reisemarkedet fra tabellen. Slår du f.eks. sammen bussreiser fra Mortensrud til byen og fra Bjørndal til byen, finnes det ikke lenger bussreiser fra Mortensrud til Bjørndal i tabellen. I noen tilfeller er dette greitt nok – enten fordi det er så få reiser der, eller fordi dette reisemarkedet ikke kan tenkes å få endrede forhold på tilbudssida på grunn av tiltakene.

Hvis reiser som burde vært med i modellen, forsvinner under aggregeringen, kan du enten ta sikte på å lage to modeller – en for relativt lange reiser i studieområdet, og en for de korte lokale reisene som blir berørt, eller du må ta med reiser i diagonalen. Hvis ikke, må du gjøre om på sammenslåingen.

Gjennomfør den forsvarlige graden av aggregering.

8 Nytteberegningen for ett år – nytte- og kostnadskomponenter

Første del av dette kapitlet handler om å beregne trafikantnytte for et enkelt år. Videre tar vi opp beregningen av bompengeselskapets, kollektivselskapenes og parkeringsetatens, samt det offentliges inntekter i dette året. Til slutt behandles beregningen av miljø- og ulykkeskostnader. Operatørens kostnader tas ikke opp i dette kapitlet, men behandles i kapittel 9.

8.1 Tidsverdier¹³

8.1.1 Korte reiser

Korte reiser er under 50 kilometer. Vi skiller ikke mellom forskjellige kollektive transportmidler når det gjelder korte reiser. Tabell 8.1 viser de anbefalte tidsverdiene inndelt etter transportmiddel (bil og kollektiv) og reisehensikt (tjenestereiser, reiser til og fra arbeid og private reiser, der private reiser er alle reiser utenom reiser i arbeid og til og fra arbeid).

Bruken av disse verdiene er slik: Hvis det er kjent at trafikken på en kollektiv reiserelasjon i en bestemt tidsperiode fordeler seg med en andel x på tjenestereiser, y på reiser til og fra arbeid og z private reiser, brukes tidsverdien

$$\frac{113x + 41y + 26z}{x + y + z}.$$

Det antas da at fordelingen på reisehensikter er den samme før og etter tiltaket. Hvis det ikke er tilfelle, bør man heller beregne OD-matriser, kostnadsmatriser og trafikantnytte for hver reisehensikt for seg. Framgangsmåten for en bilreiserelasjon er helt tilsvarende, naturligvis. Bilpassasjerer regnes å ha samme tidsverdi som bilførere.

Hvis intet er kjent om reisehensiktsfordelingen, og det ikke er spesielle grunner for at den skal avvike fra landsgjennomsnittet av korte reiser, brukes tidsverdien for alle reiser.

¹³ Dette avsnittet bygger i høy grad på Killi (1999). Tabellene og deler av teksten er hentet derfra.

Tabell 8.1. Tidsverdier (1998 kr/time) for korte reiser etter transportmiddel og reiseformål

	Bilfører	Kollektivt
Alle reiser	44	34
Tjeneste/forretningsreiser	145	113
Reiser til/fra arbeid	42	41
Alle private reiser*	39	26
Vektfaktor for ventetid 0-7.5 min		1,8
Vektfaktor for ventetid 7.5-15 min		1,2
Vektfaktor for ventetid 15 min og mer		0,4
Vektfaktor for gangtid		1,8
Vektfaktor for forsinkelser		3,0
Verdsetting av omstigning		(10 min)

Vektfaktorene for ventetid brukes ved omstigninger fra et kjøretøy til et annet. Varer ventetida mindre enn 7,5 minutter, brukes satsen 1,8 ganger tidsverdien. Varer den f.eks. 10 minutter, brukes satsen 1,8 ganger tidsverdien på de første 7,5 minuttene, og satsen 1,2 ganger ventetida på de neste 2,5 minuttene, osv. I tillegg kommer en omstigningsulempe på 10 minutter. For f.eks. reiser til og fra arbeid er altså omstigningsulempen $41 \text{ kroner} \times 10/60 = 6,83 \text{ kroner}$.

Vektfaktoren for forsinkelser vil naturligvis bare brukes når man kjenner omfanget av forsinkelser før og etter tiltaket. Anta f.eks. at 10% av avgangene er 5 minutter forsinket før tiltaket, mens ingen forsinkelse skjer etter tiltaket. Det gir en gjennomsnittlig forsinkelseskostnad pr. reise på $3 \times 41 \text{ kroner} \times 5/60 \times 0,1 = \text{kr. } 1,03$, som altså spares med tiltaket.

For de tilfellene hvor den detaljerte fordelinga av trafikken på reisehensikter er kjent, gjengir vi tidsverdiene for dem (tabell 8.2). Denne tabellen viser også det gjennomsnittlige bilbelegget. Dersom man ønsker å bruke en egen verdi for bilbelegget, bør man vite at barn under tolv år ikke er regnet med i bilbelegget i tabellen, og heller ikke bør regnes med.

Tabell 8.2. Tidsverdier (1998 kr/time) for korte reiser etter transportmiddel og reiseformål

	Bilfører	Bilbelegg	Bil	Kollektivt
Alle reiser	44	1,21	53	34
Tjeneste/forretningsreiser	145	1,10	160	113
Reiser til/fra arbeid	42	1,08	46	41
Alle private reiser*	39	1,29	51	26
Private ærend	29	1,07	31	22
Innkjøpsreiser	38	1,18	45	34
Fritidsreiser	54	1,52	82	30
Besøksreiser	39	1,34	53	13
Andre private reiser	39	1,29	51	25

Ved starten av reisa kan det forekomme skjult ventetid. Skjult ventetid er avviket mellom det tidspunktet man helst skulle reist på, og det tidspunktet som det er mulig å reise på i henhold til ruteplanen. Dette er ventetid som man kan tilbringe hjemme eller på arbeidsplassen, og som derfor ofte kan brukes til noe nyttig eller behagelig. Den teller derfor ikke like mye som ventetid på holdeplassen.

Den skjulte og åpne ventetida ved starten av reisa kan ikke tilsammen være større enn tida mellom avgangene. Vi anvender derfor tida mellom avgangene som mål på omfanget av skjult pluss åpen ventetid ved starten av reisa, men gir denne tida en lav tidsverdi – dvs. en lav vektfaktor i forhold til tidsverdien ombord.

Tabell 8.3. Verdsetting av redusert tid mellom avganger for korte kollektivreiser

	Vektfaktor private reiser	Vektfaktor tjenestereiser
Tid mellom avganger i gj.snitt	0,5	0,6
Tid mellom avganger 0-15 min	0,9	
Tid mellom avganger 16-30 min	0,6	
Tid mellom avganger 31+ min	0,2	

Tabellen viser at verdsettingen av redusert tid mellom avganger for de korte reisene synker når avgangsintervallet øker. Dette kan forklares med at skjult ventetid øker mens faktisk ventetid omtrent er konstant, og at reduksjoner i skjult ventetid verdsettes lavere enn reduksjoner i faktisk ventetid.

I tabellen ser vi at vekt faktoren for *tid mellom avganger* opp til 15 minutter er 0,9. Hvis trafikantene i gjennomsnitt venter halvparten av tiden mellom avgangene, vil vekt faktoren for *redusert ventetid* i forhold til reisetid i dette intervallet være 1,8, som er ganske nær den verdsettingen som tradisjonelt er benyttet i analyser for kollektivprosjekter i byområder.

For enkelhets skyld kan man godt bruke de samme verdiene for tid mellom avganger for tjenestereiser som for private reiser.

Vi kan tenke oss et eksempel der man vurderer å øke frekvensen på en kollektiv-rute som i utgangspunktet kjøres med 45 minutter mellom avgangene. Man vurderer å kjøre ruten med 10 minutter mellom avgangene. En trafikants verdsetting kan nå finnes på følgende måte:

$$\{(15-10)*0,9 + (30-15)*0,6 + (45-30)*0,2\} * 34/60 = \text{kr } 9,40$$

Det første leddet i likningen er verdsettingen av at det maksimalt er 10 minutter mellom avgangene og at man derfor ikke behøver å vente lenger. Det andre og tredje leddet er verdsettingen av at det ikke lenger er så mye som 15 til 45 minutter mellom avgangene. Dette verdsettes da til kr 9,40, hvor tidsverdien på 34 kr/t er hentet fra tabell 8.2.

8.1.2 Lange reiser

Noen av våre reiserelasjoner kan være over 50 kilometer. Da kan man bruke tidsverdiene for lange reiser. Tabellene for lange reiser gjengis her uten kommentarer. Forklaringer og kommentarer finns under korte reiser.

Tabell 8.4 gir de grunnleggende verdiene. En finere oppdeling av tidsverdiene på ulike typer private reiser finnes i tabell 8.5. Her finns også tall for bilbelegg.

Tabell 8.4. Tidsverdier (1998 kr/time) for lange reiser etter transportmiddel og reiseformål

	Bilfører	Tog	Fly	Buss
Alle reiser	115	70	221	52
Tjeneste/forretningsreiser	192	123	213	80
Reiser til/fra arbeid	137	82	415	51
Private reiser*	96	56	184	50
Vektfaktor for tid mellom avganger		0,1	0,2	0,1
Vektfaktor for tilbringertid		1,0	1,0	1,0
Vektfaktor for forsinkelser		1,5	1,5	1,5
Verdsetting av omstigning		(10 min)	(10 min)	(10 min)

Tabell 8.5. Tidsverdier (1998 kr/time) for lange reiser etter transportmiddel og reiseformål

	Bilfører	Bilbelegg	Bil	Tog	Fly	Buss
Alle reiser	115	1,38	160	70	221	52
Tjeneste/forretningsreiser	192	1,19	228	123	213	80
Reiser til/fra arbeid	137	1,18	162	82	415	51
Private reiser	96	1,58	154	56	184	50
Innkjøp/private ærend	99	1,45	143	65	223	33
Fritidsreiser	102	1,68	172	51	229	55
Besøksreiser	88	1,58	139	57	149	56
Andre private reiser	91	1,48	135	49	183	55

Tabell 8.6: Verdsetting av redusert tid mellom avganger for lange private reiser

	Tog	Fly	Buss	Ferge
Private reiser				
Vektfaktor tid mellom avganger	0,1	0,1	0,1	0,4
Tjenestereiser				
Vektfaktor tid mellom avganger	0,1	0,2	0,1	0,7
Vektfaktor for alle reiser	0,1	0,2	0,1	0,5

Vi kan ved et enkelt eksempel vise hvordan vekt faktoren kan benyttes til å beregne verdsettingen av redusert tid mellom avganger. Hvis frekvensen på en bussrute økes fra 2 til 4 avganger pr døgn, kan man, hvis avgangene er jevnt fordelt over et driftsdøgn¹⁴, regne med at tiden mellom avgangene reduseres fra 540 til 270 minutter, dvs med 270 minutter eller 4,5 timer. Dette verdsettes da ifølge disse tallene til $0,1 * 52 * 270 / 60 = 23$ kr, hvor tidsverdien på 52 kr/t er hentet fra tabell 8.4.

¹⁴ For praktiske formål regner vi med at et driftsdøgn har 18 timer.

Ferjer er som regel ikke hovedtransportmidlet på en reise. Vi bruker derfor tidsverdiene for bilførere på ferjereiser (korte eller lange reiser etter hvordan trafikken er sammensatt), og tidsverdien for kollektivtrafikanter (korte reiser) for passasjerer uten bil. I tillegg antar vi en ulempekostnad ved omstigning tilsvarende 10 minutters kjøretid, og en tidskostnad for venting på ferja, som anført i tabell 8.6. Når verdien av redusert tid mellom avganger ifølge tabell 8.6 er høyere for ferjer enn andre transportmidler, kan årsaka enten være at venting på kaia er mer ubehagelig enn annen venting, eller at det er vanskeligere å ankomme ferja i rett tid.

8.1.3 Godstransport

Tidsverdien for tunge kjøretøyer i Håndbok 140 brukes som tidsverdi for gods-transport med bil. Den omfatter sjåførkostnad og tidsavhengige kostnader for kjøretøyet. For godstransport med bane brukes ingen tidsverdi ut over de tidsavhengige kostnadene for transportselskapet, slik de kan beregnes etter metoden i kapittel 9. Det betyr at under ingen omstendighet tar vi med besparelsen for vareeieren av raskere transport. Dette kan sies å være en mangel, men utgjør som regel små beløp.

8.2 Pengekostnader

8.2.1 Kollektivtransport

Pengekostnaden ved en reise fra i til j med et kollektivt transportmiddel på tidspunkt k , er det billetten koster på denne relasjonen på dette tidspunktet. Billettprisen er imidlertid ikke noen entydig størrelse, men er forskjellig om man har månedskort, klippekort eller må løse enkeltbillett. Det kan også være rabatter til visse grupper av reisende, spesielt barn og trygdede.

Vi vil som regel anta at billettprisen er lik den gjennomsnittlige prisen pr. reise som de reisende betaler.

Vi gjennomfører altså som regel våre analyser under forutsetningen av at etterspørselen kan sees som etterspørselen fra mange like gjennomsnittsindivider, som står overfor gjennomsnittlige priser og har gjennomsnittlige tidsverdier. I spesielle tilfeller er dette ikke godt nok, og vi må se på ulike trafikantgrupper. Et slikt tilfelle foreligger hvis tiltaket består av innføring av nye billettyper. Da er det vesentlig å finne ut hvor mange som vil etterspørre hver av typene, hvilket innebærer å se på hvordan ulike trafikantgrupper velger. Som tidligere nevnt er dette noe vi ønsket å komme tilbake til i seinere versjoner av veilederen.

8.2.2 Biltransport

Pengekostnaden ved en reise fra i til j som bilfører på tidspunkt k , består av tre deler, nemlig *kjørekostnaden*, eventuelle *bompenger*, og eventuelle *parkeringskostnader*.

Kjørekostnader

Kjørekostnadene ved en biltur inkluderer utgifter til drivstoff, olje, dekkslitasje, reparasjon/service og en andel av kapitalkostnadene. De skal regnes inklusive særavgifter og moms, siden det er bilistenes opplevde kostnader som har betydning for trafikantnytta. Fra Larsen og Rekdal (1997) henter vi tabell 8.7 og 8.8, som gir landsgjennomsnittlige kjørekostnader pr. kilometer.

Tabell 8.7. Gjennomsnittlige km-avhengige kjørekostnader fordelt på privatøkonomiske og realøkonomiske kostnader og særavgifter. Personbiler

Delkostnad	Kjørekostnad (inkl. mva)	Realøkonomisk driftskostnad	Særavgifter
Drivstoff	0,76	0,21	0,42
Olje	0,04	0,03	0,00
Dekk	0,07	0,06	0,00
Rep og service	0,28	0,23	0,00
Kapitalkostnad	0,46	0,26	0,11
Sum	1,60	0,79	0.53

Kostnadene i tabellen er 1997-verdier. Særavgiftene i tabellen inkluderer drivstoffavgifter, CO₂-avgifter, svovelavgifter og et distanseavhengig element av engangsavgiften. Engangsavgiften på bilene inneholder et element av distanseavhengighet, ettersom bilene forringes jo mer de kjøres. De totale kjørekostnadene inkluderer merverdiavgifter.

Tabell 8.8. Gjennomsnittlige km-avhengige kjørekostnader fordelt på privatøkonomiske og realøkonomiske kostnader og særavgifter. Vare- og godsbiler.

Delkostnad	Kjørekostnad	Realøkonomisk driftskostnad	Særavgifter
Drivstoff	1,79	0,81	0,98
Olje	0,04	0,04	0,00
Dekk	0,32	0,32	0,00
Rep og service	0,86	0,86	0,00
Avskrivning	0,33	0,31	0,02
Sum	3,34	2,34	1.00

Kostnadene i tabellen er i 1997-verdier. Kjørekostnaden i tabell 8.8 inkluderer ikke moms. Det forutsettes altså at bilene i tabellen tilhører bedrifter som får den inngående mosen refundert.

Ved bruk av disse tabellene er det to forhold man må merke seg. For det første vil kjørekostnaden pr. kilometer i virkeligheten være avhengig av farta. Dette er meget utpreget ved køkjøring. *Dersom det er kjøproblemer i studieområdet, må man ta hensyn til dette.* Det vises til Larsen og Rekdal (1997), kapittel 4, for en metode til beregning av kjørekostnadene i købelastede strøk.

For det andre er det den første kolonnen i tabellene, kolonnen for kjørekostnader, som skal brukes i vårt tilfelle. Den skal brukes til å beregne generaliserte reisekostnader (se pkt 8.3), som så inngår i etterspørselsfunksjonene og i trafikantnytteberegningene. Den

tredje kolonnen skal anvendes til å beregne endringer i avgiftsinntektene for det offentlige.

Kjørekostnadene i henhold til Håndbok 140 er satt sammen på en helt annen måte enn kjørekostnaden i tabellene. Vi kan altså ikke bruke Håndbok 140 ved nyttekostnadsberegning av kollektivtransporttiltak, unntatt i det tilfellet da etterspørselen antas å være konstant (tilfelle BK0 i kapittel 7). Grunnen til det er at når etterspørselen er elastisk, er det de *opplevde* kostnadene som er relevante for etterspørselsberegningen.

Ifølge Håndbok 140 er distanseavhengige realøkonomiske driftskostnader kr. 0.86 /km for lette biler og kr. 2.42 /km for tunge biler. Begge tallene er eksklusive drivstoffavgifter, merverdiavgifter og importavgift, men inkluderer CO₂-avgifta og svovelavgifta. Disse avgiftene utgjør i sum ca 9 øre/km for begge kjøretøyklassene. Hvis man anvender etterspørselsmodell BK0 og ønsker å bruke satsene fra Håndbok 140, skal det ikke tas med noen korreksjoner i offentlige inntekter, og heller ikke skal det beregnes eksterne kostnader ved globale utslipp.

Håndbok 140 bruker en nettoføring av kostnadene, der overføringer i utgangspunktet er eliminert, mens vi i denne veilederen bruker en bruttoføring, der kostnadene føres slik de oppleves av den aktørgruppa som bærer dem, og overføringer tas til inntekt hos de aktørene som mottar dem. Slik bruttoføring er det eneste riktige når aktørene antas å tilpasse seg i tråd med de kostnadene de opplever, og for systematikkens skyld vil vi helst at den også brukes i tilfellene K0 og BK0.

Bompenger

Bompenger påløper eventuelt på en eller flere av lenkene i den ruta som bilføreren velger. De er derfor en del av rutekostnaden, som tidskostnadene og kjørekostnadene.

Parkeringskostnader

Parkeringskostnader er en spesiell del av kostnaden ved å reise til j som bilfører på tidspunkt k. De er nemlig ikke en del av rutekostnadene, siden de er helt uavhengige av hvilken rute som velges og hvor man starter.

Parkeringskostnadene kan antas å bestå av ulike elementer. Det mest åpenbare er parkeringsavgifta på stedet. Men i tillegg kan det være aktuelt å føye til en gjennomsnittlig kostnad ved å finne parkeringsplass, dersom dette er vanskelig. Den består da av en tidskostnad og en kjørekostnad ved å kjøre rundt og leite.

Parkeringsavgifta må beregnes som et gjennomsnitt for bilreiser til den aktuelle destinasjonen. Ofte vil det finnes en blanding av parkeringsplasser med betaling og plasser som er gratis. Dette må gjenspeile seg i den satsen man velger. Likeledes vil det finnes ulike satser for korttids- og langtidsparkering, og oppholdet på destinasjonen vil være av ulik varighet, slik at parkeringsutgiftene varierer også av den grunn. Alt dette må man ta i betraktning når man fastsetter en gjennomsnittlig parkeringsavgift for reiser til j på tidspunkt k.

I noen tilfeller er antall parkeringsmuligheter fysisk begrenset (eller begrenset gjennom parkeringsvaktens aktivitet for å forhindre feilparkering). I disse tilfellene kan det være aktuelt å regne med en *skyggekostnad* på parkering, som skal gjenspeile den marginale nytten for en trafikanter av at antall parkeringsplasser blir utvidet med en. I praksis skal en slik skyggekostnad settes slik at når den er inklu-

dert i de generaliserte kostnadene, vil antallet bilister som velger den destinasjonen som har en slik parkeringskostnad, samsvare med antall parkeringsmuligheter. *Åpenbart er det bare aktuelt å inkludere en slik skyggekostnad på parkering dersom det foreligger en mulighet til å velge transportmåte og/eller destinasjon.* Like åpenbart er det at den ikke kan settes større enn kostnaden ved å parkere på et nærliggende og lovlig sted, og gå derfra. Den kan heller ikke settes lavere enn den faktiske parkeringsavgiften.

Hvis en regner med en skyggekostnad på parkering, skal en ikke inkludere parkeringsavgift i tillegg.

8.3 Generaliserte kostnader som en funksjon av tid og distanse

Generaliserte reisekostnader ved en reise med hhv. kollektivtransport eller bil fra i til j på tidspunkt k langs med rute r , kan nå ved hjelp av enhetsprisene i pkt. 8.1 og 8.2 uttrykkes som en funksjon av antall kilometer og tidsbruken pr. kilometer på hver av lenkene i denne ruta.

8.3.1 Kollektivtransport

Å lage et nettverk for kollektivtrafikantenes reisemuligheter som er slik at ethvert kostnadselement ved en bestemt reise er plassert ut som en kostnad på en bestemt lenke, krever endel kunstgrep, og vi skal ikke her forutsette at det er gjort. Vi ser istedet på kollektivreise som helhet. Vi antar at det i noen tilfeller kan være snakk om et valg mellom ulike ruter, som f.eks. et valg mellom å gå til den ene bussholdeplassen eller den andre, eller å gå til den ene bussholdeplassen og ta en av to forskjellige busser, avhengig av hvilken som kommer først. Vi vil derfor snakke om kollektivreiser fra i til j langs rute r , også når det gjelder kollektivtransport. Den generaliserte reisekostnaden for en slik kollektivreise på tidspunkt k kan skrives

$$G_{ijk}^{koll} = p_{ijk}^{koll} + \theta^{koll} \left(\sum_{s=1}^5 w_s t_{ijrks}^{koll} \right)$$

der

$s = 1$ for gange til startholdeplassen og fra endeholdeplassen,

$s = 2$ for åpen og skjult ventetid på startholdeplassen, målt ved tida mellom avganger,

$s = 3$ for tid ombord,

$s = 4$ for ventetid i forbindelse med omstigning,

$s = 5$ for omstigningsulempen.

Vektfaktorene w_s tas da fra tabellene for korte eller lange reiser i avsnitt 8.1 (tabellene for lange reiser mangler verdier for $s = 4$, verdiene for korte reiser brukes). w_3 er naturligvis lik 1.

p^{koll} er naturligvis billettprisen, og θ^{koll} er tidsverdien for den reisehensikten eller de kombinasjonene av reisehensikter det er tale om.

Vi ser at når verdiene fra tabellene i avsnitt 8.1 er satt inn, blir den generaliserte kostnaden en funksjon av billettprisen og tidsforbruket t på de ulike aktivitetene som reisa medfører. Vi kjenner forøvrig allerede t_{ijr5} , som er 10/60 time ifølge tabellene.

Vår første oppgave i forbindelse med beregningen av trafikanntnytte blir da å beregne disse funksjonene G_{ijrk} for tilfellet med og uten tiltaket. Hvis rutevalget er opplagt eller det bare finns en rute, både før og etter, betyr det å beregne G_{ijk} for alle (i,j) -par før og etter tiltaket. Resultatene samles i kostnadsmatriser for kollektivtransporten i før- og ettersituasjonen – en for hver tidsperiode på dagen, dersom kollektivtilbudet endrer seg med tidspunkt k .

Hvis det finnes ulike rutevalgsmuligheter, kan man enten leite seg fram til den kostnadsminimale ruta for hvert av (i,j) -parene før og etter, eller man kan måtte bygge opp et nettverk for kollektivtransporten og beregne rutevalget med en rutevalgsmoell. Det siste er nødvendig i større byområder med et komplisert kollektivnettverk.

Legg forøvrig merke til at vi ikke har tatt med forsinkelseskostnadene i disse funksjonene. Vi tror at verdien av færre forsinkelser best beregnes separat, og ikke bør legges inn i generaliserte kostnader.

8.3.2 Biltransport

Når det gjelder reiser som bilfører, bør reisemulighetene kanskje skisseres ved å lage en nettverksmodell, sjøl i de enklere tilfellene. Vi skal anta at det er gjort, og at bilreisa mellom i og j på tidspunkt k langs rute r kan stykkes opp i reisa over de ulike lenkene som tilhører rute r . Vi indekserer alle lenkene med indeksen a . Den generaliserte kostnadene kan da uttrykkes som summen av lenkekostnadene:

$$G_{ijrk}^{\text{bil}} = \sum_{a \in r} (q_a a_a + B_{ak} + \theta^{\text{bil}} t_a) + P_{jk}$$

der $a \in r$ betyr at det summeres over alle lenker a som er med i rute r . a_a er distansen til lenke a , q_a er kjørekostnadene pr. kilometer i henhold til avsnitt 8.2, B_{ak} er en eventuell bomavgift på lenke a i tidsperioden k , θ^{bil} er tidsverdien og t_a er tida det tar å kjøre lenke a . Den avhenger naturligvis av strekningshastigheten og distansen. Endelig er P_{jk} en eventuell parkeringskostnad på destinasjon j .

Den første og den siste lenka i rute r kan være ganglenker, der q_a og B_a naturligvis er 0. Legg ellers merke til at om vi antar en fast kjørekostnad pr. kilometer, blir q_a for alle lenkene unntatt disse ganglenkene like. På samme måte vil også t_a bare anta noen få faste verdier (avhengig av skiltet fart på lenka) dersom vi ser bort fra kø.

Vi har ikke sagt noe om eventuelle bilpassasjerer. Dem kan vi behandle på en av to måter. Enten kan vi definere en egen generalisert kostnad for dem. Den inneholder da bare tidskostnadselementene, ikke pengekostnader. Eller vi kan blåse opp tidsverdien θ^{bil} med den relevante faktoren for antall passasjerer i bilen,

se tabell 8.2 og 8.5. Det er det siste som er enklest, og som vi skal anta som hovedmetoden.

Vi har ikke indikert at størrelsen på t_a er avhengig av reisetidspunktet k . Det vil den heller ikke være medmindre det er køer. Når det er køer, er t_a en funksjon av trafikken på lenke a , som kan variere med tidsperioden k , og dette må man i så fall ta hensyn til når generaliserte kostnader skal beregnes.

Når alle verdiene fra tabellene i avsnitt 8.1 og 8.2 er på plass, blir de generaliserte kostnadene for en reise fra i til j langs rute r funksjoner av lenkelengder og tidsbruk på lenkene, eller om en vil: av lenkelengder og strekningshastigheter på lenkene.

Vår interesse knytter seg først og fremst til *en* av disse generaliserte kostnadene, nemlig kostnaden fra i til j langs den kostnadsminimale ruta r^* . For å finne den, kan det være nødvendig å kjøre et rutevalgsprogram. I denne veilederen har vi imidlertid mest konsentrert oss om tilfellet hvor rutevalget er så enkelt at vi straks kan identifisere r^* . *Når den kostnadsminimale ruta er identifisert, kan vi beregne generaliserte bilreisekostnader for alle (i,j) -par før og etter tiltaket. Disse kostnadene beregnes og samles i kostnadsmatriser for før- og ettersituasjonen. Om nødvendig på grunn av kjø eller tidsavhengige parkeringskostnader eller bomkostnader, gjøres dette for ulike tidsperioder.*

8.3.3 En eller flere reisehensikter?

Et forhold som vi ikke har tatt eksplisitt hensyn til i avsnitt 8.3, er at generaliserte reisekostnader kan avhenge av reisehensikten gjennom tidsverdien, som er forskjellig for forskjellige reisehensikter. Vi har altså framstilt det som om alle reisehensikter er slått sammen, slik at tidsverdien for alle reiser gjelder. Opererer vi med flere reisehensikter, må vi ha kostnadsmatriser og etterspørselsfunksjoner for hver av dem. Siden dette øker arbeidet, vil vi i det lengste anta at reisehensiktene kan slås sammen. Der hvor det kreves høy nøyaktighet i beregningene, bør en oppdeling i to eller tre reisehensikter gjøres.

8.4 Trafikantnytteberegningen

Kostnadsmatrisene for bil og kollektiv i før- og ettersituasjonen, slik de er beregnet i avsnitt 8.3, settes så inn i etterspørselsmodellen, og etterspørselsmatriser for før- og ettersituasjonen beregnes (kapittel 7). Når dette er gjort, er beregningen av trafikantnytta som følger av tiltaket, i prinsippet en enkel sak. Dette er allerede tatt opp i kapittel 7, men behandles videre i pkt. 8.4.2. Vi vil imidlertid først vende tilbake til spørsmålet om likevekt.

8.4.1 Likevekt

Etter å ha funnet billigste ruter, var vi i stand til å beregne de generaliserte reisekostnadene på alle reiserelasjoner. Vi setter så disse kostnadene inn i etterspørselsmodellen og finner etterspørselsmatriser i før- og ettersituasjonen. Dette er første runde i arbeidet, og heldigvis trenger vi ikke ta førsterunden om igjen hvis

det ikke finnes køer. Men hvis det er køer, og vi har tatt hensyn til det gjennom å gjøre tidsbruken på lenke a, t_a i pkt. 8.3.2, til en funksjon av trafikkvolumet på lenke a, kan det trenges å gjøre første runde om igjen – la oss si 3 til 5 ganger. Vi tar da den beregnede etterspørselsmatrisen til utgangspunkt for et nytt forsøk på å finne kostnadsminimale ruter ved hjelp av en rutevalgmodell. Dette gir nye generaliserte kostnadsmatriser, osv. Når etterspørsel og kostnader har sluttet å forandre seg fra runde til runde, har vi oppnådd likevekt. Endringene kan være store fra de kostnadene vi beregnet til å begynne med til de kostnadene som opptrer andre og tredje gang vi prøver. Det er grunnen til at nytteberegninger uten et forsøk på å oppnå likevekt kan gi misvisende resultater.

8.4.2 Trafikantnytteberegningen

Til trafikantnytteberegningen vil vi bruke trapesformelen i sin mest generelle form. For visse etterspørselsmodeller finnes det også andre alternativer, f.eks. de såkalte logsummene for logitmodellene. Disse alternativene er berørt i kapittel 7.

La oss nå skille mellom ulike reisehensikter, indeksert med h. Hver reisehensikt har sine egne generaliserte kostnader på grunn av tidsverdien, og sin egen etterspørselsmodell. Trafikantnytta for en enkelt tidsperiode k, UB_k , kan skrives

$$UB_k = \sum_h \sum_i \sum_j \sum_m \frac{1}{2} (G_{hijmk}^0 - G_{hijmk}^1) (X_{hijmk}^0 + X_{hijmk}^1)$$

Her er toppskrift 0 brukt på situasjonen uten tiltaket, og toppskrift 1 på situasjonen med tiltaket. Når vi har kostnads- og etterspørselsmatrisene, er beregningen av UB_k for hånd ofte en overkommelig oppgave. Imidlertid kan en også bruke et dataprogram.

Om man anser det nødvendig, kan også godstrafikken innpasses i denne formelen. Det er en egen reisehensikt. Vi antar at etterspørselen er den samme før og etter tiltaket. De generaliserte kostnadene er vi også istand til å beregne ut fra det som er sagt om tidskostnader i avsnitt 8.1 og kilometerkostnader i avsnitt 8.2.

Beregningen av UB , trafikantnytta pr. år, foregår nå ved å finne hvor mange perioder av hver type k det er i et år, og summere over periodene med dette antall som vekter.

8.5 Beregningen av det offentlige nytte

Tvers gjennom veilederen antas det at bilholdet er uendret i alle alternativer. Endringen i avgiftsinntektene for det offentlige er derfor en følge av at det kjøres flere eller færre kilometer pr. år med de ulike typer av kjøretøyer, og/eller at avgiftssatsene pr. kilometer endres.

La T^j være avgiftssatsen pr. kilometer for kjøretøy av type j. På privatbilsida regner vi med to slags j-er, nemlig personbiler og vare- og godsbiler. Vi ser av tabell 8.7 at for hver kilometer med personbil får staten 81 øre (kr. 1,60 – kr. 0,79). Dette er altså $T^{\text{personbil}}$. På samme måte ser vi av tabell 8.8 at $T^{\text{vare- og godsbil}}$ er

kr. 1,00. Disse satsene vil endre seg relativt ofte, som følge av ny teknologi og endringer i skattesystemet.

La KM^j være totalt antall kilometer kjørt med kjøretøytype j i løpet av et år. Dette tallet må for hvert alternativ beregnes ut fra etterspørselsmatrisene for hver tidsperiode, antall timer av hver tidsperiode i løpet av et år, og distansen langs den kostnadsminimale ruta på hver reiserelasjon.

I prinsipp er økningen i statens avgiftsinntekter i situasjon 1 (med tiltaket) i forhold til situasjon 0 (uten tiltaket)

$$\begin{aligned} T^j &= T^{j1}KM^{j1} - T^{j0}KM^{j0} \\ &= T^{j1}KM^{j1} - T^{j0}KM^{j1} + T^{j0}KM^{j1} - T^{j0}KM^{j0} \\ &= T^{j0}(KM^{j1} - KM^{j0}) + KM^{j1}(T^{j1} - T^{j0}) \end{aligned}$$

Endringen kan altså dekomponeres i ett ledd som skyldes kilometerendringen, vurdert ved gammel avgiftssats, og en som skyldes avgiftssatsendringen, vurdert ved utkjørt distanse etter tiltaket. Dette er samme form av dekomponering som vi f.eks. vil bruke ved ulykkesberegning, der første ledd kalles beregning etter frekvensmetoden og siste ledd kalles beregning etter tiltaksmetoden.

Sjøl om avgiftssatsen avhenger av sammensetningen av bilene etter hvilken teknologi de bruker, vil vi som regel ikke regne med at T^j forandrer seg mellom våre alternativer. Det blir altså det første leddet som er av betydning.

Det vil også skje en avgiftsinntektsendring for det offentlige på grunn av endret aktivitet i kollektivtransporten. Dette kan beregnes ved å se på endringer i kjøretøypark og utkjørt distanse for kollektivtrafikken, se kapittel 9. Imidlertid er avgiftsbelastningen på kollektivtrafikken mindre, slik at dette kanskje er en uvesentlig post i regnestykket.

8.6 Beregningen av kollektivselskapenes billettinntekter

I pkt 8.3.1 kalte vi billettprisen for en reise fra i til j langs rute r i tidsperiode k for p_{ijrk} . Nå som vi kan anta at den mest hensiktsmessige ruta er funnet for hver slik reiserelasjon, kan vi stryke r -en og skrive den som p_{ijk} . Legg merke til at vi her har åpnet for muligheten av tidsdifferensierte gjennomsnittlige billettpriser, hvilket gjør det mulig å nytteberegne et tiltak som endrer billettsystemet, f.eks. til høyere betaling i rushtida.

Vi antar ikke at forskjellige reisehensikter avkreves ulik betaling, sjøl om reiser til og fra arbeid hyppigere vil foregå med månedskort. Vi summerer derfor OD-matrisene for kollektivtransport over reisehensikter, og finner en samlet matrise for hvert tidspunkt k , med elementer $X_{ij,koll,k}$. Endringen i billettinntektene fra periode k vil da være

$$I_k = \sum_i \sum_j (p_{ijk}^1 X_{ij,koll,k}^1 - p_{ijk}^0 X_{ij,koll,k}^0)$$

På samme måte som for det offentlige inntekter, kan uttrykket i parentesene eventuelt dekomponeres i en ”frekvensdel” og en ”tiltaksdel”. Vi har ikke brydd oss om det. Den totale endringen i kollektivselskapenes inntekter pr. år, I , fås nå

ved å summere over periodene k , idet en bruker antallet pr. år av hver periode som vekter.

8.7 Beregningen av bompenginntektene

Om det blir bompenger å betale for reiser fra i til j med bil i tidsperiode k , avhenger av rutevalget. (Bomringer som i Oslo er her et unntak). Bruker vi et rutevalgsprogram, skal vi kunne ta ut trafikkstrømmene over de lenkene der det er bomavgift direkte. Disse multipliseres med bompengesatsen, det samme gjøres for hver tidsperiode k , og tidsperiodene aggregeres til et helt år. Bompenginntektene i ulike alternativer kan da sammenliknes, og eventuelt dekomponeres i noen ledd som skyldes endring i satsen i periode k og noen ledd som skyldes endring i antall betalende, akkurat som i avsnitt 8.6 og 8.7.

Bruker vi ikke et rutevalgsprogram, antar vi at det finns en entydig kostnadsminimal rute for hver bilreiserelasjon (i,j) , og at den allerede er funnet. Vi kan da entydig si om det påløper bompenger på reiser på denne relasjonen. For hver tidsperiode k summerer vi reisematrixene for alle reisehensikter (forutsatt at de har samme bompengebetaling), og danner slik en samlet etterspørselsmatrise for bil i perioden. Vi summerer så de elementene i matrisen der det påløper bompenger, og multipliserer med bompengesatsen. Kall resultatet B_k . Vi finner deretter den årlige salgsinntekten for bomselskapet ved å summere over tidsperiodene med antall perioder av hvert slag i et år som vekter. Dette gjøres i tilfellet med og tilfellet uten tiltaket, og differansen B er da den årlige nytta for bomselskapet av tiltaket.

8.8 Beregningen av parkeringsetatens inntekter

Antallet som betaler parkeringsavgift i sone j i tidsperioden k tas lett fra OD-matrisen for bilreiser (aggregert over alle reisehensikter). Den er nemlig kolonnensummen til kolonne j . Kaller vi denne summen $X_{j,bil,k}$ og parkeringsavgifta E_{jk} , blir inntektsøkningen for parkeringsetaten (eller for private parkeringsselskaper) av parkering i periode k

$$E_k = \sum_j (E_{jk}^1 X_{j,bil,k}^1 - E_{jk}^0 X_{j,bil,k}^0)$$

Uttrykket i parentesene kan dekomponeres i en "frekvensdel" og en "tiltaksdel", akkurat som i de foregående punktene. Vi har brukt symbolet E_{jk} for parkeringsavgifta, i motsetning til P_{jk} for parkeringskostnaden i pkt. 8.3.2. Årsaka er naturligvis at det også forekommer parkeringskostnader ut over parkeringsavgifta. Avgifta blir forøvrig å anslå som et gjennomsnitt, slik som forklart i pkt. 8.3.2.

Vi finner til slutt den årlige økningen i parkeringssinntekten for parkeringsetaten ved å summere over tidsperiodene med antall perioder av hvert slag i et år som vekter. Kall denne inntektsøkningen E .

8.9 Et problem

Under flere av beregningene i dette kapitlet har vi antatt at rutevalget resulterer i entydige kostnadskomponenter. Med køer er det ikke nødvendigvis tilfelle. Det er tenkelig at flere ruter vil være i bruk. Den generaliserte reisekostnaden vil være den samme på alle ruter som er i bruk, men sammensetningen på tidskostnader og pengekostnader kan være ulik på rutene.

Dette problemet oppstår ikke i de tilfellene vi i hovedsak sikter oss inn på i veilederen. Dersom det skulle oppstå i mer kompliserte tilfeller, kan vi anføre følgende: For statens inntekter og bompengainntektene er det i prinsipp mulig å finne entydige uttrykk for henholdsvis utkjørte kilometre i systemet og antall reiser over lenker med avgift ved å registrere strømmen på lenkene i rutevalgsmodellen. For beregning av samlet trafikantnytte har problemet ingen betydning. For videre oppdeling av trafikantnytta i en tids-komponent og en pengekomponent har det betydning, og det kan kanskje også gjøre det vanskelig å fastlegge billettinntektene entydig, dersom billettsatsene varierer mellom rutene som kan velges.

8.10 Opplegg for beregning av miljø- og ulykkeskostnader

En oversikt over prissatte virkninger vises i dette avsnittet. I de påfølgende avsnittene behandles virkninger og beregningsopplegg for henholdsvis utslipp, støy og ulykker.

Prissatte virkninger og beregningsrutiner for miljøkostnader er i hovedsak hentet fra de nylig gjennomførte marginalkostnadsberegningene Eriksen, Markussen og Pütz (1999).

Følgende tabell oppsummerer hvilke standardverdier som skal brukes for miljø- og ulykkeskostnader:

Tabell 8.9. Prissatte eksterne virkninger. Forutsetninger, kostnadsfaktorer og måleenheter.

	Utslipp til luft			Støy	Ulykker
	Store byer kr pr kj.tøykm	Tettbygd f.ø. kr pr kj.tøykm	Spredtbygd kr pr kj.tøykm	Hver plaget: kr pr prosent endring	kr pr kj.tøykm
Vegtransport					
<i>Persontransport på veg</i>					
Personbiler	0,43	0,29	0,18	17,00	0,56
Lette biler f.ø.	0,36	0,25	0,17	14,00	0,55
Busser	0,36	0,25	0,17	14,00	0,21
MC og moped	5,15	2,63	0,69	138,00	0,60
<i>Godstransport på veg</i>	0,41	0,40	0,24	69,00	3,38
<i>Vegtransport i alt</i>	3,84	1,99	0,54	113,00	0,26
<i>Skinnetransport</i>	0,63	0,39	0,21	22,50	0,54
Sporvei, T-bane	-	-	-	21,00	2,12
Persontog	-	-	-	21,00	6,35

8.11 Utslipp til luft

8.11.1 Virkninger av lokale, regionale og globale utslipp

Med *lokale og regionale utslipp* (omtales ofte bare som lokale utslipp) mener vi utslipp fra transportmidler som påvirker det lokale og/eller det regionale miljøet, inkludert de mennesker, dyr og planter som finnes der. Lokale utslipp er som regel knyttet direkte til virkninger på mennesker som befinner seg i miljøet. Virkningene består både i økt sykkelighet og dødelighet og svakere virkninger som irritasjon og andre fysiske ulemper. Regionale utslipp er som oftest knyttet til forsuring av jord og vassdrag som dermed indirekte også påvirker mennesker.

Med *globale utslipp* mener vi utslipp til atmosfæren av gasser som får virkninger for miljøet på hele kloden, som global oppvarming (drivhuseffekt) og nedbryting av ozonlaget. Her vil vi bare forsøke å tallfeste utslipp av de gassene som bidrar til drivhuseffekten. Av disse er CO₂ den viktigste av de menneskeskapte. Det er vanlig å regne de andre klimagassene om til CO₂-ekvivalenter. Av praktiske grunner ser vi her bare på kostnader ved CO₂, siden de fleste andre utslipp også er proporsjonale med drivstofforbruket. Enhetsprisen for CO₂ er beregnet for å ta hensyn til dette, slik at CO₂ fungerer som en representant for alle klimagasser. Dersom dette forholdet hadde vært konstant, ville prisen for CO₂ og CO₂-ekvivalenter vært den samme. Nå regner vi med at det er en forskjell, men at den neppe er særlig stor.

Utslipet av en av drivhusgassene, NO_x, varierer riktignok mye med motorteknologi, men vi antar for enkelhets skyld at denne effekten fanges opp av de regionale utslippskostnadene.

8.11.2 Beregningsopplegg

Lokale utslipp

Lokale (og regionale) utslipp består av en hel rekke stoffer med mer eller mindre kjente virkninger. For mange av disse stoffene er enten mengden eller skadevirkningen eller begge antatt å være små. Vi har valgt å kostnadsfeste fire faktorer som vi mener er av stor betydning både med hensyn til omfang og skadevirkninger. Dessuten finnes det brukbare verdsettingsstudier for disse stoffene.

De stoffene som er inkludert er:

- svoveldioksid (SO₂)
- nitrogenoksider (NO_x)
- flyktige organiske forbindelser (VOC)
- partikler med diameter under 10 mikrometer (PM₁₀)

Utslipp fra vegtrafikken er særlig avhengig av drivstofforbruk, men også av kjørelengde og kjøremønster. Dette er beregnet i SSB og SFTs modell for utslipp fra vegtrafikken (Bang & al 1999). Her er trafikkarbeid og utslipp beregnet for alle vanlige vegkjøretøy.

Vi mangler nye norske betalingsvillighetsundersøkelser, men vi har for svoveldioksid basert oss på en undersøkelse ved TØI av helse-, miljø- og sikkerhetskost-

nader (Christensen, Elvik og Hagen 1997). Basert på anslag fra SFT er grensekostnadene for SO₂-utslipp til 50 – 90 kr pr kg for tettsteder og 8 – 25 kr pr kg for spredtbygde strøk.

Med bakgrunn i dette, setter vi SO₂-kostnaden til **70 kr/kg i tettbygde strøk og 18 kr/kg i spredtbygde strøk.**

For NO_x og VOC tar vi utgangspunkt i en metastudie i regi av ECMT, som er transportministrenes organ under OECD (ECMT 1998). Ved gjennomgang av en rekke europeiske gjennomført etter ulike metoder har en kommet fram til et sett »anbefalte» verdier. Både for NO_x og VOC har en kommet fram til verdier på 8 Euro/kg i tettbygde og 4 Euro/kg i spredtbygde strøk.

I norske kroner blir altså kostnadene ved NO_x- og VOC-utslipp henholdsvis **66 kr/kg og 33 kr/kg i tettbygde og spredtbygde strøk.**

For partikler (PM₁₀) bygger vi på studier etter skadeprosedyremetoden (Rosendahl 1996 og Rosendahl 1999) i kombinasjon med våre egne anslag. Rosendahl kommer til at risikoen for helseskader fra partikler er mye større der konsentrasjonen er virkelig høy slik som i de store byene.

På bakgrunn av dette og i ECMT-rapporten (se ovenfor) har vi for partikler kommet til et anslag på **1700 kr/kg for store byer, 200 kr/kg for øvrige tettbygde strøk og 0 kr/kg for spredtbygde strøk.**

Beregningsprosedyren videre går som følger:

Beregn trafikkarbeidet (antall kjøretøykm) før og etter det foreslåtte tiltaket for alle aktuelle biltyper. Endret utslipp beregnes fra tabell 8.10. Bare endringer som medfører endring i totalt omfang av vegtrafikken eller som fører til overføringer mellom ulike typer bostedsstrøk skal regnes med. Da enhetskostnadene er forskjellige, må kostnadene også beregnes ved overføring av trafikk mellom storbyer og øvrige tettbygde strøk, selv om utslippsratene er de samme.

Tabell 8.10. Utslippsrater for vegtransport etter bostedsstrøk og kjøretøy.

	Trafikkarb.d	Klimautslipp	Lokale og regionale			
	Andel	CO ₂ kg/km	SO ₂ g/km	NO _x g/km	VOC g/km	PM 10 g/km
Tettbygde strøk:						
<i>Persontransport på veg</i>	94 %	0,276	0,040	1,223	1,351	0,092
Lette biler	91 %	0,261	0,033	0,891	1,239	0,069
Busser	1 %	1,453	0,547	23,686	2,422	1,675
MC og moped	2 %	0,089	0,005	0,163	5,386	0,004
<i>Godstransport på veg</i>	6 %	1,167	0,434	16,623	2,750	1,237
<i>Tettbygd i alt</i>	100 %	0,328	0,063	2,122	1,433	0,159
Spredtbygde strøk:						
<i>Persontransport på veg</i>	92 %	0,209	0,029	1,289	1,906	0,065
Lette biler	88 %	0,197	0,022	1,124	1,832	0,055
Busser	2 %	0,890	0,335	9,987	0,724	0,596
MC og moped	2 %	0,091	0,005	0,163	6,010	0,004
<i>Godstransport på veg</i>	8 %	0,755	0,281	6,853	0,880	0,472
<i>Spredtbygd i alt</i>	100 %	0,252	0,049	1,730	1,825	0,097
Vegtransport i alt		0,271	0,052	1,829	1,726	0,113

Dersom sammensetningen av kjøretøy er den samme før og etter tiltaket, kan gjennomsnittlige utslippsrater beregnes ut fra antatt prosentfordeling på kjøretøytyper. Dersom det ikke er grunn til å tro at sammensetningen avviker fra gjennomsnittet, kan ratene for *tettbygd i alt* og *spredtbygd i alt* brukes. Dette vil være den normale situasjonen.

Endringer for elektrisk drevne kjøretøyer regnes ikke med, da utslippet fra elektrisitetsproduksjon pr definisjon settes til null uten hensyn til eventuell produksjon av tilleggselektrisitet fra fossilt brensel.

Samlet endring i utslipp av de enkelte stoffene multipliseres med enhetsprisene og summeres for å finne total endring i utslippskostnadene.

Dersom enhetskostnadene er de samme som gjengitt i tabell 8.9, kan beregningsprosedyren gjøres enda enklere. Se neste avsnitt.

Globale utslipp

De globale utslippene er beregnet som utslipp av CO₂-ekvivalenter, men vi beregner en justert pris på CO₂-utslipp som enhet som omtalt i innledningen.

På grunn av at det er vanskelig å beregne skadekostnader direkte, har vi valgt å se på de indirekte kostnadene ved at Norge har sluttet seg til Kyoto-avtalen. Det vil si at vi beregner *skyggeprisen* for å oppfylle Kyoto-avtalen.

Beregninger med den makroøkonomiske modellen GODMOD viser at kostnadene ved å slippe ut ett kg CO₂ på bakgrunn av hva som er nødvendig for å oppfylle målet i Kyoto-avtalen om stabilisering av utslippene av CO₂-ekvivalenter på 1990-nivå i 2010, kan settes til 800 kr pr kg CO₂ (i 1998-kroner) ved ensidige norske tiltak. Dersom det forutsettes en internasjonal avtale der mange land gjennomfører tiltak for å oppfylle sin del av Kyoto-avtalen, kan kostnaden settes til 740 kr pr tonn CO₂. Det understrekes at dette er for år 2010. Beregningene er presentert i Jensen (1998) og er kort beskrevet i rammen nedenfor.

GODMOD

Ved hjelp av den økonomiske likevektsmodellen GODMOD er det ved TØI utført makroøkonomiske framskrivninger ut fra forutsetninger om den økonomiske utviklingen slik den er skissert i Regjeringens langtidsprogram for 1998 til 2001, jfr Jensen (1998). Oppfyllelse av Kyoto-protokollen i år 2010 tilsvarer en reduksjon på 19 % i forhold til forventede CO₂-utslipp i Basisalternativet, som er den forventede utvikling uten spesielle tiltak. For å realisere dette kreves det etter GODMOD-beregningene en avgift på 800 kr pr tonn CO₂ ved ensidige norske tiltak og 740 kr hvis andre nasjoner også oppfyller sine forpliktelser i form av en tilsvarende avgift. Avgiften kan da tolkes som en skyggepris på CO₂-utslipp ut fra et resonnement om at en restriksjon på CO₂-utslippet medfører en kostnad for samfunnet. Skyggeprisen blir da marginalkostnaden ved å redusere CO₂-utslippet. Selve GODMOD-modellen er beskrevet i Jensen og Eriksen (1997).

I tilfellet med en internasjonal CO₂-avgift eller andre tiltak som medfører at et stort antall land også overholder sine forpliktelser i forhold til Kyoto-avtalen, blir det noe enklere å realisere Kyoto-protokollen også for Norge. På den andre side rammes Norge som oljeproducent sterkt av nedgangen i etterspørselen uten at nedgangen i oljeproduksjonen blir like stor i Norge som i verden for øvrig. Dermed kan det likevel være nødvendig med en relativt høy norsk CO₂-avgift for å til den ekstra reduksjonen som nødvendig for å nå målet.

Kyoto-avtalen gjøres gjeldende fra år 2010. Antar vi at avgiften opptrappes lineært mot dette nivået fra en sats på 0 i 1990, bør avgiften i år 2000 settes til halvparten. Ut fra dette blir **kostnaden ved CO₂-utslipp** i år 2000 kr **370 pr tonn**.

Kostnaden ved utslipp av ett tonn CO₂ kombineres med utslippsratene ovenfor og endringer i kjørelengde for ulike kjøretøyer, slik at endrede utslippskostnader for CO₂ kan beregnes på tilsvarende måte som for lokale utslippskostnader over.

Forenklet beregning

De beregnede enhetskostnadene ovenfor er midlertidige. Vi må regne med at de kan bli endret og at de er mindre stabile enn selve utslippsratene. Inntil slike endringer finner sted, kan imidlertid tabell 8.11 brukes for å beregne utslippskostnadene i forhold til kjørelengde på en forenklet måte.

Tabell 8.11. Enhetskostnader ved samlede utslipp til luft pr kilometer etter bebyggelsestype.

	Store byer kr/km	Tettbygd f.ø. kr/km	Spredtbygd kr/km
<i>Persontransport på veg</i>	<i>0,43</i>	<i>0,29</i>	<i>0,18</i>
Lette bensin- og dieseldrevne biler	0,36	0,25	0,17
Busser	5,15	2,63	0,69
MC og moped	0,41	0,40	0,24
<i>Godstransport på veg</i>	<i>3,84</i>	<i>1,99</i>	<i>0,54</i>
I alt, gjennomsnitt	0,63	0,39	0,21

På samme måte som nevnt under lokale utslipp, kan de gjennomsnittlige satsene for de ulike bostedsstrøkene brukes der det ikke er grunn til å anta at sammensetningen av biltrafikken avviker fra gjennomsnittet. Ved tiltak som fører til endret sammensetning av biltrafikken, (større tiltak som splitter trafikken etter type, f eks der tyngre trafikk ledes utenom bykjerner) må de ulike kjøretøytypene beregnes hver for seg.

Eksempel

En forlengelse av en linje på T-banen fra tidligere endestasjon X til nåværende Y fører til overgang av reisende fra vegtrafikk til kollektivtrafikk. Den parallelt gående veistrekning er 5 km. Selve bykjernen ligger 15 km fra den nye endestasjonen. Vi regner med at på virkedager vil 1000 bilister gå over fra kjøre til X og parkere der, til å parkere ved Y og ta T-banen videre. I tillegg tror vi at 500 bilister som tidligere kjørte helt til bykjernen, nå tar T-banen fra Y. For enkelhets skyld regner vi at alle arbeider midt i sentrum og at alle bor 15 km fra sentrum eller kjører til Y og parkerer der. Bilistene med forkortet bilreise sparer 10 km i daglig kjøring eller 10 000 km pr dag for hele gruppen. Med 250 virkedager i året blir det til sammen 2500 000 km spart. Gitt at dette er en storby, har personbiler en utslippskostnad på kr 0,36 pr km. Da blir dette 900 000 i sparte årlige utslippskostnader. Tilsvarende sparer de som tidligere kjørte helt til bykjernen, $500 \cdot 15 \cdot 2 \cdot 250 = 3750\ 000$ km, eller 1350 000 kr årlig. Til sammen for begge gruppene spares det 2 250 000 kr årlig i utslippskostnader.

8.12 Støy og vibrasjoner

8.12.1 Virkninger av støy og vibrasjoner

Trafikkstøy er i mange tilfeller en stor belastning for personer som bor eller oppholder seg i nærheten av sterkt trafikkerte gater eller gjennomgangsrør. Støy regnes ikke å være direkte skadelig uten i ekstreme tilfeller, men fører til irritasjon og kan gå ut over nattesøvn og trivsel, og kan derfor *på lang sikt* være helse-skadelig.

Støybelastning regnes gjerne i gjennomsnittlig lydtrykksnivå målt i decibel (dBA). Det er vanlig å måle betalingsvillighet i forhold til støyplage for de som anses *plaget* av støy, enten fordi de har *erklært* seg plaget eller fordi støymålinger har påvist at de er utsatt for tilsvarende belastning. Merk at det er forskjell på begrepene *støyplaget* i betydningen støybelastet og *sterkt støyplaget*. Det er ikke nødvendigvis noen proporsjonalitet mellom antall støybelastede og antall sterkt støyplagede.

Det spørres ved slike betalingsvillighetsundersøkelser om betalingsvillighet for å redusere støyplagen med en viss prosent. Dette kan regnes om til trafikkreduksjon etter en bestemt tilnærmet formel.

8.12.2 Beregningsopplegg

Antall personer som er støyutsatt (støyplaget) før og etter et bestemt kollektivtiltak blir gjennomført, må beregnes. Den vanligste måten å gjøre det på er å ved støymålinger. Grenseverdien for hvem som er støyutsatt er av Miljøverndepartementet satt til 55 dBA for utendørs støy og 30 dBA for innendørsstøy med lukkede vinduer. Dette er de grenseverdier som skal brukes ved planlegging av infrastrukturtiltak.

Betalingsvilligheten blant de støyutsatte ble av Hammer og Sælensminde (1994) for en 20 prosents følt støyreduksjon funnet å være 1170 kr i 1999-kr pr person. Følt støyendring, SUB, antas tilnærmet å henge sammen med endring i veitrafikken (antall kjøretøyer pr tidsenhet), TRA, på følgende måte:

$$\text{SUB}^{\log 10} = \text{TRA}^{\log 2}$$

Omregnet gir dette følgende tilnærmede formel :

$$\text{TRA} = \text{SUB}^{3,32}$$

Dette vil f eks si at for å få til en 20 prosents reduksjon i følt støy, må trafikken reduseres med 52 prosent, dvs til halvparten.

Bruker vi en lineær tilnærming, får vi at en 20 prosents subjektiv støyreduksjon gir kr 58,50 pr person for hver prosents støyreduksjon. Svakheten med dette er at betalingsviljen pr prosents endring forutsettes å være konstant uansett størrelsen på endringen.

Omregnet til trafikk gir det kr 22,50 pr støyutsatt person i betalingsvillighet for én prosentenhets reduksjon i veitrafikken.

Det vil si at det må tas hensyn både til endringen i antall støybelastede personer og til endringen i veitrafikken. Ved støyreduksjoner er det antall plagede før tiltaket som skal brukes i beregningen. Vi kommer da fram til gevinsten ved at disse personene får redusert støybelastning. Ved økning i støy er det antall plagede etter tiltaket som er relevant. For eksempel hvis det anlegges en ny bane nær noen boliger, er vi ute etter å beregne kostnadene ved at disse personene får økt støybelastning.

Det er hittil forutsatt prorata reduksjon i trafikken for alle typer kjøretøyer. Det vil være den vanligste situasjonen ved trafikkreduserende tiltak. Av oversiktstabellen, tabell 8.9, går verdiene for de enkelte kjøretøytypene fram.

Hvis ikke sammensetningen av kjøretøyer forandrer seg vesentlig, anbefales å bruke standardverdien 22,50.

For sporvogn og jernbane har vi at betalingsviljen for halvering av trafikken er verdsatt til 1100 kr for hver støyplaget person. På tilsvarende måte som for veitrafikken er nytteverdien av en prosents reduksjon i trafikken beregnet til **kr 21,00**.

Eksempel

La oss si at det skal gjennomføres et trafikkreduserende tiltak i et område med 1000 innbyggere der 60 % antas å være plaget av støy, altså 600 personer. Ved gjennomføring av tiltaket vil den daglige biltrafikken bli redusert med anslagsvis 50 %. For hver støyplaget person er nytteverdien av denne trafikkreduksjonen lik $kr\ 22,50 * 50 = kr\ 1125$ pr år. I alt gir tiltaket en nytteverdi i form av sparte støykostnader på $kr\ 1125 * 600 = kr\ 675\ 000$ i året.

Støyreduksjon som ikke skyldes trafikkreduksjon

Reduksjon i trafikkmengde er ikke den eneste kilden til redusert støybelastning. Egne støyskjermingstiltak kan være en del av en tiltakspakke for kollektivtransport. Da reduseres støybelastningen uten at det har sammenheng med trafikkreduksjon, og vi kan ikke ta utgangspunkt i redusert trafikk for å beregne endringen i støykostnader. Isteden må vi bruke den prosentvise endringa i støybelastning og gange med antall plagede. I resonnementet ovenfor ble det brukt en lineær tilnærming til verdsettingen av en prosents støyreduksjon. Dette gir en enhetskostnad på kr 58,50 per støyutsatt person for én prosentenhets reduksjon i støybelastning fra vegtrafikk. Den tilsvarende enhetskostnaden for støy fra skinnegående trafikk er kr 55,00.

Et støyskjermingstiltak som reduserer støybelastningen fra vegtrafikken for 300 personer med 20 prosent, reduserer altså støykostnadene med $20 * 58,50 * 300 = 351\ 000$ kr per år.

8.13 Ulykker

8.13.1 Ulykkeskostnadenes komponenter

Det skilles vanligvis mellom tre typer av kostnader som følge av trafikkulykker:

- Velferdstap pga. tapte menneskeliv og nedsatt helsetilstand

- Tappt inntekt og utgifter som følge av ulykken
- Materielle kostnader

Disse kostnadene bæres av ulike parter i samfunnet. Velferdstap og tappt inntekt bæres av ulykkesofrene og deres pårørende. Produksjonsbortfall kan sies å bæres av samfunnet som helhet¹⁵. Utgifter til lege- og sykehusbehandling og administrative kostnader bæres i stor grad av det offentlige. Materielle kostnader bæres ofte av kjøretøyeiere både som ulykkesofre og som gruppe.

Ulykkeskostnadene kan påvirkes ved to typer av tiltak:

1. Tiltak som fører til netto *endret omfang eller sammensetning* av trafikken. Det vil si at veitrafikken innenfor et berørt område kan øke eller avta som følge av et bestemt tiltak, eller at sammensetningen endrer som følge av tiltak som er spesielt rettet mot bestemte kjøretøyer.
2. Tiltak som endrer *trafikksikkerheten* i et bestemt område. Flere tiltak i forhold til kollektivtrafikk vil også kunne påvirke ulykkesrisikoen, f eks tiltak som skiller kjøretøytyper fra hverandre.

I praksis vil vi kunne ha tiltak som påvirker både ulykkesrisiko og trafikkvolum. Innføring av kollektivfelt kan f eks tenkes å ha en slik virkning. Endring av ulykkesrisiko er vanskelig å beregne, og må *anslås* i de tilfeller en mener at dette er av betydning. I praksis er det derfor som oftest virkninger av endret trafikkvolum og trafikksammensetning som vil bli beregnet.

De totale ulykkeskostnadene er medregnet uten hensyn til hva som måtte være internalisert av aktørene i trafikken.

For et bestemt type kjøretøy, j , kan endring i ulykkeskostnadene, U_j , som følge av et bestemt tiltak generelt uttrykkes som:

$$\Delta U_j = C_j (R_{j1} V_{j1} - R_{j0} V_{j0}) \quad (1)$$

Her indikerer Δ endring, og C_j er gjennomsnittlige kostnader pr ulykke for kjøretøytype j . R_j er ulykkesrisiko pr kjøretøykm for kjøretøy j , og V er trafikkvolum i kjøretøykm for kjøretøy j . Fotskriftene 0 og 1 indikerer tidspunkter før og etter gjennomføringen av det aktuelle tiltaket. For enkelhets skyld sløyfer vi fotskrift j og får ved omregning følgende uttrykk:

$$\Delta U = C [R_1 (V_1 - V_0) + V_0 (R_1 - R_0)] = C (R_1 \Delta V + V_0 \Delta R) \quad (2)$$

Det framgår, slik det er omtalt ovenfor, at endringen i ulykkeskostnaden er sammensatt av endring i trafikkvolum multiplisert med risiko i ettersituasjonen og enhetskostnaden pr ulykke og endringen i risiko multiplisert med trafikkvolumet i utgangssituasjonen og enhetskostnaden pr ulykke. Vi ser at dersom enten endringen i trafikkvolum eller i ulykkesrisiko er null eller neglisjerbar, blir uttrykket enda enklere.

¹⁵ Det er et diskusjonstema hvorvidt pårørendes nyttetap og produksjonsbortfall skal regnes med, idet noen mener at å ta med disse elementene fører til dobbelttelling.

8.13.2 Beregningsopplegg

Endringer i ulykkeskostnadene kan som følge av det ovenstående deles opp i virkninger av endret trafikkomfang og virkninger av endret trafikksikkerhet. Samme tiltak kan føre til begge typer virkninger, men vi holder dem adskilt i beregningene.

Virksomheter av trafikkendringer

De totale ulykkeskostnadene pr personskadeulykke på veg er beregnet til ca 1,89 mill kr (inkludert materialskader). Avrundet settes kostnadene pr personskadeulykke til kr 2 000 000. Kostnader for rene materialskadeulykker tas ikke med. Dette gir utgangspunkt for beregning av gjennomsnittlige ulykkeskostnader pr kjøretøykm, der kostnadene pr personskadeulykke forutsettes å være de samme for alle vegkjøretøy, mens gjennomsnittlig ulykkesrisiko kan variere.

For virkninger av endret trafikkomfang kan vi nøye oss med å se på ulykkeskostnader pr kjøretøykm multiplisert med endringen i totalt antall kjøretøykm i det berørte området pr år. Dette kan gjøres med utgangspunkt i tabell 8.12.

Tabell 8.12. Gjennomsnittlige ulykkeskostnader pr kjørt kilometer for ulike kjøretøytyper.

Kjøretøy	Ulykkeskostnad pr kjørt km
Personbiler	0,55
Busser	0,60
Motorsykler	3,38
Varebiler mv	0,21
Godsbiler, 3,5t +	0,26
Veitrafikk i alt	0,54
Sporvei, T-bane	2,12
Person-, godstog	6,35

Dersom sammensetningen av vegtrafikken er omtrent som gjennomsnittet og forventes å forbli slik, kan kostnadssatsen for vegtrafikk i alt anvendes og multipliseres med total årlig endring i vegtrafikken i området.

For sporvei og tog er det regnet med heltogskilometer (ikke vognkm).

Uttrykt som formel får vi altså, når vi lar Δ indikere endring og kmkostnad er ulykkeskostnad pr km:

$$\Delta\text{Ulykkeskostnad} = \text{Kmkostnad} * \Delta\text{Trafikkvolum}$$

Virksomheter av trafikksikkerhetsendringer

Her tar vi direkte utgangspunkt i formel (2) i kapittel 8.3.1. Som gjengitt ovenfor har vi:

$$\text{Gjennomsnittlige kostnader pr personskadeulykke i vegtrafikken er kr 2 000 000}$$

Ulykkesfrekvensen i området hentes fra tabell over gjennomsnittlige ulykkesfrekvenser for ulike områdetyper. Endringen fås ved å multiplisere antatt prosentvis forbedring med ulykkesfrekvensen. Endringen multipliseres med antall kjøretøykm i området pr år og med gjennomsnittskostnaden pr personskadeulykke, kr 2 000 000. Her får vi altså:

$$\Delta\text{Ulykkeskostnad} = \text{kr } 2\,000\,000 * \Delta\text{Ulykkesfrekvens} * \text{Trafikkvolum}$$

Dersom ikke ulykkesfrekvensen er kjent, bare den relative endringen, f eks 30% (0,3 i beregningene) kan en multiplisere dette tallet med antall kjøretøykm pr år i området og med ulykkeskostnaden pr kjøretøykm. Dette blir som oftest mer unøyaktig, da det er bedre å anvende en kjent ulykkesfrekvens enn ulykkeskostnader pr km, som jo er basert på gjennomsnittstall på landsbasis.

Det vil si at når % indikerer relativ (prosentvis) endring, får vi:

$$\Delta\text{Ulykkeskostnad} = \text{Kmkostnad} * \% \text{Ulykkesfrekvens} * \text{Trafikkvolum}$$

Gjennomsnittskostnadene pr personskadeulykke for tog og sporvei er ikke beregnet. Virkningene av tiltak som påvirker ulykkesrisiko for tog og sporvei hører bare unntaksvis med her, men kan beregnes ved hjelp av den siste formelen.

Eksempel

1) Økning av frekvensen på bussavgangene i rushtiden. Rushtidsavgangene fra en av nabokommunene til hovedstaden styrkes med i alt 5 avganger daglig mandag til fredag, til sammen 250 vanlige arbeidsdager i året. Strekningen fra endestasjon til endestasjon er 30 km. Vi antar at av de reisende som daglig kommer i tillegg, er det 130 som tidligere brukte bil. Gjennomsnittlig reisestrekning for disse er 20 km. Hvis vi antar at antall personer pr bil er 1,3 i snitt, blir det 100 færre biler pr dag. I alt kjører bussene $5*2*30*250 = 75\,000$ km i året i tillegg. Ulykkeskostnadene for dette er $\text{kr } 0,60 * 75\,000 = \text{kr } 45\,000$. Reduksjonen i antall personbilkm er: $100*2*20*250 = 1\,000\,000$ km. Sparte ulykkeskostnader på personbiler er dermed $\text{kr } 0,55*1\,000\,000 = \text{kr } 550\,000$. Dermed blir netto sparte ulykkeskostnader $\text{kr } 505\,000$.

2) Et ulykkesreducerende tiltak som reduserer ulykkene med 20 prosent på en 10 km lang strekning der årssøgntrafikken er 8 000 biler, fører til følgende reduksjon i ulykkeskostnader når vi antar at sammensetningen av bilparken er den gjennomsnittlige:

$$\text{kr } 0,54*0,20*8000*365 = \text{kr } 315\,360.$$

9 Nytteberegningen for ett år – operatørenes kostnader

I dette kapitlet konsentrerer vi oss om å beregne kostnadene for kollektivsystemet i et enkelt år. Vi utvikler en kostnadsmodell for kollektivtransport, og angir deretter hvordan beregningene skal gjennomføres i praksis. Til slutt tar vi kort opp kostnadene for andre operatører, nemlig bomselskapet og parkeringsetaten.

Vi ser altså på et kollektivsystem. Systemet kan være et kollektivselskap eller den samlede kollektivtransporten av en bestemt type, i et bestemt område e.l.

Kostnadene i systemet som helhet kan deles i variable og faste. De faste kostnadene *i systemet* består så lenge det drives, uavhengig av hvor mange linjer som drives og aktivitetsnivået pr. linje. De er imidlertid ikke ubevegelige hvis systemet endres. Ved sammenslåing av selskaper kan det f.eks. oppstå innsparinger i administrasjon, billettsalgssystemer, publikumsinformasjon på overordnet nivå osv.

Kostnadene pr. linje kan likeledes deles i faste og variable kostnader *på linja*. De faste linjekostnadene består så lenge det drives på linja og den er uforandret i sin grunnstruktur. De består av kostnader vedrørende kjørevegen og de grunnleggende elementene av stasjonene, holdeplassene osv. De er imidlertid heller ikke ubevegelige, men kan endres ved linjenettsendringer, stasjonsnedlegginger osv, og også ved tiltak som har til formål å øke kvaliteten på trafikantinformasjonen på linja, reinholdet og sikkerheten på holdeplassene osv.

De variable kostnadene på ei linje varierer for det første med driftsopplegget og for det andre med etterspørselen. De kan deles i tidsavhengige og kilometeravhengige kostnader, som varierer med *driftsopplegget*, og spesifikt etterspørselsavhengige kostnader, som vi antar ikke gjør det. De spesifikt etterspørselsavhengige variable kostnadene antas altså å variere utelukkende med etterspørselen. De kan i prinsippet deles i kapasitetskostnader og driftskostnader. Kapasitetskostnadene er da bestemt ved hvor store og omfattende anlegg og fasiliteter som må bygges i forbindelse med stasjonene for å betjene publikum i høybelastningsperiodene. De spesifikt etterspørselsavhengige driftskostnadene vedrører bemanning av disse fasilitetene og betjening av publikum i ulike tidsperioder.

Systemets faste kostnader, linjenes faste kostnader og linjenes spesifikt etterspørselsavhengige kostnader vil vi med et fellesnavn kalle *felleskostnader*. Som regel vil vi i nyttekostnadsanalyser ikke anta at det skjer noen endringer i systemets utstrekning, i linjenettsstrukturen, i grunnstrukturen på den enkelte linja eller i publikumsbetjeningen på stasjonene og terminalene. Alle felleskostnadene kan vi da betrakte som gitte og faste, og se bort fra¹⁶. Derimot vil det kunne skje endrin-

¹⁶ Ved store endringer i driftsopplegget eller etterspørselen, vil det kanskje vise seg at også noen av felleskostnadene, slik de her er definert, vil bli endret. Dette må anslås skjønnsmessig. Vista

ger i driftsopplegget på de enkelte linjene. Dette vil endre de tidsavhengige og kilometeravhengige variable kostnadene på linjene, og det er disse endringene vi skal konsentrere oss om i det følgende.

Både de tidsavhengige og de kilometeravhengige variable kostnadene på ei linje vil til en viss grad være avhengige av etterspørselen. En etterspørselsøkning kan kreve flere vogner i toget, større busser, økt frekvens eller liknende tiltak. Materieellbehovet og mannskapsbehovet kan øke fordi økt frekvens er påkrevet enten for å forhindre trengsel ombord, eller fordi det kreves lengre stopptider på holdeplassene for å avvikle avstigning og påstigning, og således mer materiell for å opprettholde en gitt frekvens. Vi vil ta hensyn til denne avhengigheten av etterspørselen som de tidsavhengige variable kostnadene på ei linje har. De kilometeravhengige kostnadene påvirkes indirekte av etterspørselen gjennom at de avhenger av størrelsen på kjøretøyene og til en viss grad av hvor fulle de er.

Det finnes også ytterligere tre kostnadskomponenter i systemet som hittil ikke er nevnt. Dette er fordi de er konsekvenser av driftsopplegget på linja, og derfor ikke kan spesifiseres før aktiviteten som frambringer de tidsavhengige og kilometeravhengige variable kostnadene på linja er spesifisert. Den første er slitasjen på kjørevegen, i den grad den varierer med kjøretøyenes type og størrelse, fart og brutto vekt. Den andre er ulykkeskostnadene som denne aktiviteten medfører, og den tredje er miljøkostnadene.

9.1 De variable kostnadene på ei linje

Vi ser nå bort fra de spesifikt etterspørselsavhengige variable kostnadene på linja, som vi allerede har behandlet og rubrisert under felleskostnader. Fra nå av dreier det seg om kostnader som drives av driftsopplegget på linja. Vi har allerede delt dem inn i tidsavhengige og kilometeravhengige kostnader. Det er grunn til å understreke at en slik inndeling har et preg av vilkårlighet. Kjøretøyenes levealder er f.eks. påvirket av årlig kjørelengde. Kapitalkostnaden pr. år – en typisk tidsavhengig kostnad – blir altså en funksjon av antall kilometer pr. dag som kjøretøyet brukes i gjennomsnitt. Drivstoff-forbruket – en typisk kilometeravhengig kostnad – avhenger av kjøretøyets størrelse. Det er altså først når materiellet er gitt at kilometerkostnaden blir entydig, og først når kilometerantallet er gitt at kapitalkostnaden blir entydig.

En konsistent og relativt realistisk måte å forestille seg hvordan kostnadene i kollektivsystemet oppstår, kan være denne: På det grunnleggende nivået treffes det beslutning om nettverksstrukturen og den infrastrukturen som må etableres i tilknytning til den. Dette er naturligvis en langt mer langsiktig beslutning i tilfellet bane enn i tilfellet buss. På dette grunnlaget kan det etableres en linjestruktur, som er slik at det rullende materiellet stort sett er allokert til den enkelte linja, som det går i rundturer på. Disse beslutningene gir opphav til felleskostnader. På dette

Utredning regner med at en kroners økning av driftskostnadene på jernbanen medfører 10 øres økning av felleskostnadene. Det forekommer også nyttekostnadsanalyser av tiltak som primært endrer felleskostnadene. Hvilke virkninger det har for driftskostnader og etterspørsel, er ofte vanskelig å si.

grunnlaget må det treffes to slags beslutninger om driftsopplegget på linja: Hvilken type materiell som skal brukes, og ruteplanen. Ruteplanen definerer materiellbehovet som det antall kjøretøyer som må være disponible i den mest høyfrekvente perioden på dagen (eller i uka). Den definerer også det totale antall kilometer som skal kjøres pr. dag (eller pr. uke, år osv.), og dermed den gjennomsnittlige årlige kjørelengda pr. kjøretøy som en konsekvens, ikke som en sjølstendig beslutning. Sammen med beslutninger vedrørende materiellet – materielltype, optimal levetid og vedlikeholdspolitik – fastlegger da ruteplanen de samlede variable kostnadene, både de tidsavhengige og de kilometeravhengige.

Med en termin mener vi en periode som er så kort at det ikke spiller noen rolle når i perioden innbetalinger og utbetalinger faller. Med en driftsbeslutning menes ofte en beslutning som bare har konsekvenser innafør en termin. Beslutninger som har konsekvenser ut over terminen, kalles investeringsbeslutninger. I denne forstand er beslutningene som fastlegger de variable kostnadene på linja – ruteplanen og beslutningene om materiellet – begge som regel investeringsbeslutninger. En omlegging av ruteplanen i neste termin vil nemlig måtte foregå innenfor rammer som er lagt av det tilgjengelige materiellet. Men her er det stor forskjell på buss og bane. Investeringsbeslutningene for buss er i høy grad *reversible*, i og med at det finnes et fungerende annenhåndsmarked og leiemarked for materiellet. Kanskje er dette tilfelle i den grad at man kan rubrisere dem som driftsbeslutninger. Investeringsbeslutninger for bane er i høyere grad *irreversible*.

Når vi sier at beslutninger om ruteplan og materiell gir opphav til variable kostnader, er det altså ikke alltid slik at de kan varieres på veldig kort sikt. De varierer likevel med det transporttilbudet som gis på linja.

9.2 Tidsavhengige variable kostnader på ei linje

Vi antar at systemet kan inndeles i L linjer, som i stor grad opereres uavhengig av hverandre. Drifta på linje ℓ består av rundturer, slik at hvert kjøretøy kjøres til et vendepunkt og tilbake – eventuelt langs en annen rute enn fram. Vi bruker følgende symboler, idet vi antar at alle kjøretøyene på linja er av samme type j :

- $t_1^{\ell kj}$ er kjøretida i timer fra startpunktet fram til vendepunktet på linje ℓ i tidsperiode k .
- $t_2^{\ell kj}$ er kjøretida i timer fra vendepunktet og tilbake til startpunktet på linje ℓ i tidsperiode k .
- $u^{\ell kj}$ er ”reguleringstid”, som består av snutider på start pluss vendepunkt (inkludert eventuelle minimumstider for pauser for mannskapet) og ventetid fra kjøretøyet er klart til det avgår ifølge ruta. Måles i timer.
- $t^{\ell kj}$ er rundturtida på linje ℓ i tidsperiode k .
- $f^{\ell kj}$ er frekvens (antall avganger pr. time) på linje ℓ i tidsperiode k .
- $K^{\ell kj}$ er antall kjøretøyer som er i aktivitet på linje ℓ i tidsperiode k . I denne forbindelsen regner vi også et tog som et kjøretøy.

Det ligger i disse definisjonene at det ikke er noen forskjell mellom kjøretøyene eller avgangene i perioden når det gjelder kjøretider og reguleringstid. Dermed bør også periodeinndelingen gjøres slik at vi har samme framkommelighetsforhold, samme ruteplan og samme etterspørselsforhold i hele perioden, så langt det er mulig. På den andre sida har vi ingen behov for å gjøre periodene kortere enn strengt tatt nødvendig.

For lokal kollektivtrafikk vil det være døgnet som er inndelt i tidsperioder, og k kan f.eks. være rushtid eller tida utenom rush. For godstrafikk og jernbanetrafikk over lengre strekninger er det imidlertid mest aktuelt å bruke uka som grunnlag for inndeling i tidsperioder, og periodene vil da være dager.

Vi har naturligvis:

$$t^{lkj} = t_1^{lkj} + t_2^{lkj} + u^{lkj}$$

Vi har også:

$$K^{lkj} = t^{lkj} f^{lkj}$$

Frekvensen for det enkelte kjøretøyet er den inverse av rundturtda. Derfor stemmer denne formelen for $K = 1$. Setter vi inn 2 kjøretøyer, dobles frekvensen. Derfor stemmer den for $K = 2$. Det er nå lett å innse at den stemmer for alle K .

Rundturtda og frekvensen på linja i perioden bestemmer derfor kjøretøybehovet i perioden. Nå er det riktignok slik at K må være et helt tall. Dette betyr at u må tilpasses slik at K blir det minste hele tall som er forenlig med formelen, gitt at u må være større enn en viss minimums snutid. Ved et tiltak som endrer t eller f , vil vi ofte ikke umiddelbart få noen effekt i form av redusert K , men bare i form av økt u . Ved en nærmere analyse av mulighetene for å endre sjølve linjenettsstrukturen eller anvende kjøretøyene på flere linjer i mer eller mindre kompliserte daglige løp, vil vi likevel noen ganger kunne få ut gevinsten, spesielt i et system med mange linjer. Det er en viktig del av nyttekostnadsanalysen av kollektivtiltak, spesielt utenfor de store byene, å foreta en slik analyse av mulighetene for å minimere summen av kjøretøybehovene på alle linjer, gitt de forbedringene som inntreffer i t og som planlegges i f . *Utenom de store byene kan vi ikke anbefale at man later som K er en kontinuerlig variabel, og tar lett på å finne en ny optimal måte å anvende kjøretøyene på*¹⁷.

De tidsavhengige variable kostnadene på ei linje vil vi måle pr. dag. De knytter seg til kjøretøybehovet på linja, og har tre komponenter: kapitalkostnadene, de daglige klargjøringskostnadene og bemanningskostnadene.

9.2.1 Kapitalkostnadene

Kapitalkostnadene for rullende materiell på ei linje avhenger av hvor mange kjøretøyer som er avsatt til bruk på denne linja, deres type, alderssammensetning, levetid og anskaffelsespris.

¹⁷ Alt for mange analyser gjøres med et driftsopplegg i den nye situasjonen som man ikke engang er sikker på er teknisk mulig. Ofte kommer analysa av det nye driftsopplegget alt for seint igang. Det burde forøvrig være en naturlig oppgave for TØI å holde seg med et operasjonsanalytisk program som kan finne optimale nye driftsopplegg.

Vi tar som utgangspunkt at det foreligger en ruteplan som skal dekke et visst behov for kollektivtransport. Dette behovet antas å foreligge fra et visst tidspunkt og videre framover så langt en kan se. Dette dekker også tilfellene der behovet øker med tida, men bare i en viss periode, hvorefter det flater ut og holder seg konstant. Vi kan nemlig definere et grunnbehov fra tidspunkt 0, et tilleggsbehov fra tidspunkt 1, et ytterligere tilleggsbehov fra tidspunkt 2 osv. Ruteplanen krever at det avsettes en viss mengde kjøretøyer til bruk på linja.

For et kjøretøy av en bestemt type kan det beregnes en optimal levetid. Den vil avhenge av årlig kjørelengde. Men årlig kjørelengde i gjennomsnitt er gitt i og med ruteplanen, nemlig som totalt antall kjøretøykilometer pr. dag i planen, delt på antall kjøretøy som trengs i tidsrommet med størst belastning. Derfor kan beregningen av optimal levetid gjøres under en gitt forutsetning om kjørelengde. I et vedlegg viser vi hvordan optimal levetid beregnes i dette tilfellet.

Når vi har et vedvarende behov for et kjøretøy fra et gitt tidspunkt og så langt fram i tid vi kan se, og dessuten kjenner den optimale levetida for kjøretøyet, har vi definert en uendelig kjede av gjentatte, like anskaffelsesutbetalinger, den første ved et gitt tidspunkt 0, og deretter med like mange år imellom hver. Kaller vi anskaffelsesprisen c , den optimale levealderen n og kalkulasjonsrenta r , blir nåverdien av denne uendelige kjeden av anskaffelsesutbetalinger

$$NV(c, n, r) = c \frac{1}{1 - (1 + r)^{-n}}$$

En konstant annuitet er en rekke like store betalinger som forfaller med like store mellomrom – her og i det fleste sammenhenger en gang pr. år. Vi vil nå finne en uendelig annuitet, nemlig det årlige beløp som utbetales hvert år fra tidspunkt 1 til uendelig, og som er slik at nåverdien av disse årlige betalingene er lik nåverdien av den uendelige kjeden av anskaffelsesbetalinger hvert n 'te år. Denne årlige beløpet (annuitetsbetalingen) er

$$a(c, n, r) = c \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}}.$$

Dette beløpet $a(c, n, r)$ er hva det koster pr. år å drive denne anskaffelsespolitikken fra tidspunkt 0 til uendelig. Både rentekostnader og slitasjekostnader kan sies å være innbakt i a . For å finne den årlige kapitalkostnaden som knytter seg til å ha vårt kjøretøy og fornye det stadig når det er utslitt, må vi imidlertid også legge til de årlige vedlikeholdskostnadene og forsikringskostnadene, og trekke fra annuitetsbetalingen som tilsvarer salgssummene for de utslitte kjøretøyene (skrapverdiene).

Erfaringsmessig vil vedlikeholdskostnadene være størst i begynnelsen og slutten av levetida. Vi tar imidlertid et gjennomsnitt. På samme måte regner vi et gjennomsnitt av de årlige forsikringskostnadene over kjøretøyetets levetid. Vi kaller de årlige gjennomsnittlige vedlikeholdskostnadene og forsikringskostnadene for et kjøretøy som beholdes i n år for b . Vi regner ikke vedlikeholdskostnadene og forsikringskostnadene som kilometeravhengige kostnader. Årsaka er sjølsagt at årlig kjørelengde er gitt. (Skulle årlig kjørelengde øke, burde vi beregne optimal levetid på nytt, siden vedlikeholdskostnader, forsikringskostnader og skrapverdi

endrer seg. Kostnaden ved en liten økning av kjørelengda vil da kunne beregnes som økningen i kapitalkostnadene på grunn av dette, pluss økningen i kostnadene til drivstoff, dekk, olje osv.).

Skrapverdien av det n år gamle kjøretøyet kaller vi s . Siden denne innbetalingen hver gang kommer n år etter anskaffelsesutbetalingen, blir den samlede årlige kapitalkostnaden til kjøretøyet

$$C_K = c \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}} + b - (1 + r)^{-n} s \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}} = (c - s) \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}} + rs + b$$

(Oppgave: Kontroller regnestykket i denne formelen). Vi ser at $c - s$ er verditapet i løpet av de n årene et kjøretøy varer. Første ledd i formelen forteller hva dette representerer i årlige kostnader i form av renter og slitasje. Andre ledd forteller hva vi går glipp av i form av renter på salgsinntekten ved å beholde kjøretøyet gjennom dette året, og tredje ledd er naturligvis vedlikeholdskostnadene og forsikringskostnadene.

Normalt regner vi i nyttekostnadsanalyser med en tidshorisont på 25 driftsår, og regner skrapverdier ved utløpet av den tida. I beregningen av kapitalkostnaden pr. kjøretøy har vi anlagt en uendelig tidshorisont. Er dette inkonsistent med beregningene av de andre kostnadene? På sett og vis er det kanskje det. Men hvis vi skulle beregne skrapverdier på det rullerende materiellet etter 25 år, og lagt det til nåverdien av de faktiske utbetalingene på det rullende materiellet i de 25 årene, ville vi kommet til et resultat som var meget nær det vi har her. Forskjellen er bare den litt unøyaktige måten vi vanligvis beregner disse skrapverdiene på. Siden den metoden vi har valgt her, er enkel å handtere i et regneark, og samsvarer godt med vår oppfatning av behovet for kollektivtransport som et vedvarende behov, har vi valgt den.

Annuitetsmetoden forutsetter at kollektivselskapet har tilstrekkelig egenkapital og/eller tilgang til et kapitalmarked, slik at fornyelsene kan gjennomføres uavhengig av usikre budsjettbevilgninger fra det offentlige i det enkelte år. I motsatt fall kan det tenkes at levetidene på kjøretøyene ikke blir optimale, og dette skulle da tilsi en høyere årlig kapitalkostnad.

Når det gjelder hvilken rente r som skal benyttes i regnestykkene ovenfor, er det prinsipielle synspunktet at man skal benytte det faktiske kapitalavkastningskravet som et privat kollektivselskap står overfor i markedet (jfr. Finansdepartementets rundskriv R-14/99). Et slikt selskap vil bruke en viss miks av egenkapital og lånekapital til utvidelser. Lånekapitalen vil kunne innhentes på obligasjonsmarkedet, mens egenkapitalen vil kreve en avkastning som avhenger av hva slags risiko som knytter seg til bransjen. Det finns grunner for at denne risikoen er relativt lav. Etterspørselen etter kollektivtrafikk er stabil over konjunktorene, og man vil kanskje kunne velte gjenværende risiko over på det offentlige. På den andre sida er det en politisk risiko forbundet med framtidige endringer i offentlige kjøp og andre rammevilkår.

Siden Finansdepartementets forslag til kalkulasjonsrente og risikopremie nettopp har tatt sikte på å ta disse hensynene inn over seg, er det neppe grunn til å avvike fra den "offisielle" kalkulasjonsrenta i beregningene ovenfor.

Den totale kapitalkostnaden for det rullende materiellet fås naturligvis ved å multiplisere kostnaden pr. år pr. kjøretøy med antall kjøretøy K . I nyttekostnadsanalyser er kjøretøyparkens kostnader i nullalternativet imidlertid vanligvis uten interesse – det avgjørende er kostnadene ved utvidelser av kjøretøyparken, eller endringen i K . Kapitalkostnadene i den forbindelse legges inn som en årlig kostnad fra det tidspunkt den finner sted. Men hvis endringen er stor og også endrer årlig kjørelengde for eksisterende materiell, bør den kostnadsendringen det gir opphav til for det eksisterende materiellet fra endringstidspunktet også tas med i regnestykket.

Noen ganger omfatter tiltaket også en oppgradering av det eksisterende materiellet, som er gammelt og utslitt. Forutsatt at finansieringen er tilstrekkelig til at en straks kan oppnå optimale levetider, er det da enkelt nok å beregne materiellkostnadene pr. kjøretøy etter tiltaket. Problemet er hva man skal forutsette om utviklingen *uten* tiltaket. Det er vanskelig å tro at dersom det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å opprettholde et visst kollektivtilbud, skal dette kollektivtilbudet likevel måtte opereres med høyere årlige materiellkostnader enn nødvendig i det uendelige.

Vårt forslag til nyttekostnadsanalyse i dette tilfellet er følgende. Anta en liten nedskjæring av tilbudet, og beregn den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av det. Hvis dette er ulønnsomt, kan en gå ut fra at ethvert tiltak som bringer materiellsituasjonen over i et bedriftsøkonomisk sunt spor, er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Men hvis en nedskjæring er samfunnsøkonomisk lønnsom, finns det gode muligheter for at et materiellfornyelsesprogram er samfunnsøkonomisk ulønnsomt. Det beste er naturligvis å foreta den lønnsomme nedskjæringen og sanere det eldste materiellet. Hvis dette ikke er mulig, har vi et innfløkt problem. Skal vi opprettholde et samfunnsøkonomisk ulønnsomt tilbud på den mest kostnadseffektive måten, eller skal vi la være å gjøre noe, i håp om at nedskjæringen da lettere kan gjennomføres seinere?

Reservemateriellbehovet

I et kollektivsystem har kjøretøyene to anvendelser. De kan brukes i rute, eller de kan stå på verksted. "Etterspørselen" etter busser i rute vil være gitt i og med ruteplanen. Den knytter det seg ingen usikkerhet til. Men "etterspørselen" etter busser "fra verkstedet" svinger fra dag til dag – dvs. det er et varierende antall busser som til enhver tid trenger reparasjon. For å opprettholde en viss sannsynlighet for å unngå innstilte avganger, må man derfor holde et "reservelager" av kjøretøyer.

Anta nå at det i kollektivsystemet finnes statistikk for hvor mange kjøretøyer av en bestemt type som befinner seg på verksted pr. dag. Av statistikken kan en utlede et gjennomsnitt og et standardavvik for fordelinga av den usikre variabelen "kjøretøy på verksted". Det er da klok politikk å holde seg med et "lager" av ubrukte busser tilsvarende det gjennomsnittlige antallet som er på verksted, pluss et "sikkerhetslager" som er proposjonalt med standardavviket. Størrelsen på denne proposjonalitetsfaktoren kan utledes av kravet til å unngå innstilte avganger. Dersom man er villig til eller istand til å beregne kostnaden ved at det inntreffer en innstilt avgang, kan man til og med beregne den økonomisk riktige størrelsen

på kravet til andelen av dager da det ikke skal forekomme innstilte avganger (se Minken 1997).

Behovet for kjøretøyer på ei linje, K , må derfor "blåses opp" med en faktor som representerer det gjennomsnittlige antall kjøretøy som er på verksted pluss sikkerhetslageret av kjøretøyer. Dette har stor betydning i nyttekostnadsanalyser. Det viser seg nemlig at dette behovet for flere kjøretøyer enn de som er i aktivitet pr. dag, ofte vil variere mellom alternativene som skal beregnes. Vi skal nevne noen grunner til det:

- Den gjennomsnittlige andelen kjøretøyer på verksted kan påvirkes av materiellets alder og type og av effektiviteten på verkstedet.
- Behovet for sikkerhetslager av kjøretøyer reduseres relativt jo flere kjøretøyer av denne typen som eksisterer i kollektivsystemet. Her gjelder en "kvadratrotlov", slik at om sikkerhetslageret er S når bare en linje bruker kjøretøyer av denne typen, er det $S\sqrt{2}$ dersom to (like store) linjer bruker kjøretøytypen, og $S\sqrt{n}$ om n linjer gjør det. Dette kan brukes til å nytteberegne tiltak som standardiserer materiellet og gjør det mulig å bruke materiell fra en linje på en annen, som oppretter en felles pool av kjøretøyer i et område eller liknende, og også omvendt for tiltak som innfører materiell som ikke kan brukes om hverandre, eller som splitter opp kollektivsystemet i områder som ikke samarbeider om materiell.

Tiltak som lover færre innstilte avganger, men ikke tilpasser størrelsen av sikkerhetslagrene i tråd med disse lovmessighetene, står ikke til troende. Detaljer om beregningsmåten finnes i Minken (1997).

Det totale behovet for kjøretøyer på ei linje kan nå beregnes som behovet i rute i den mest belastede perioden, pluss et påslag for gjennomsnittlig andel på verksted, pluss et sikkerhetslager, som i størrelse avhenger av hvor mange kjøretøyer i kollektivsystemet som helhet som kan anvendes på denne linja. Linja kan da tilskrives sin proporsjonale andel av dette sikkerhetslageret.

Kapitalkostnaden fordeles på dager

Kapitalkostnaden pr. kjøretøy, C_K , slik den er beregnet ovenfor, er en årlig kostnad. Den fordeles nå på antallet dager med høyeste belastning i systemet pr. år. Resultatet er en kapitalkostnad pr. kjøretøy pr. høybelastningsdag, c_K . Grunnen til at den ikke spres på alle driftstimer, er at det er høybelastningstimerne som gir opphav til materiellbehovet. Denne forma for fordeling av kapitalkostnadene spiller ingen rolle fra eller til for totalkostnadens størrelse, men er avgjørende for at en skal få riktige marginalkostnader. Den marginale kapitalkostnaden ved en økning i frekvensen i høybelastningsperioden som tilsvarer et kjøretøy til, er c_K , mens den tilsvarende frekvensøkningen i grunntilbudet har en marginal kapitalkostnad på 0.

9.2.2 Klargjøringskostnader

Klargjøringskostnader påløper pr. dag. Vi vil fordele dem på de periodene pr. dag som har maksimal belastning. Begrunnelsen er den samme ovenfor. Når dette er gjort, kaller vi klargjøringskostnaden pr. periode for et kjøretøy for m .

Klargjøringskostnadene omfatter reinhold av kjøretøyene, daglige kostnader i forbindelse med oppstalling om natta (vognhall, parkeringsplass e.l.), kostnader med å sette opp tog, kople vogner til og fra osv., i den grad det er behov for å gjøre det daglig, samt kostnader med å ta kjøretøyet ut til der hvor ruta starter og tilbake.

9.2.3 Mannskapskostnader

Mannskapskostnadene for et kjøretøy påløper pr. time. Vi antar at det trengs en viss fast bemanning pr. kjøretøy så lenge det kjører i rute, og vi kaller den totale lønnskostnaden pr. time for et slikt mannskap w . Denne lønnskostnaden er bruttolønn pluss sosiale kostnader, og inkluderer følgelig arbeidsgiveravgift, bedriftens egne kostnader til sjukelønn, kostnader til pensjonsordninger, samt kostnader til velferdsordninger forøvrig i den grad de varierer med bemanningen.

På dette punktet er det verdt å minne om hvilket kostnadsbegrep vi anvender i nyttekostnadsanalyser, nemlig alternativkostnadsbegrepet. Det avgjørende for lønnskostnadene i samfunnsøkonomisk forstand er derfor ikke hva vårt kollektivselskap betaler i lønn og sosiale kostnader, men hva *andre* arbeidsgiverne ville vært villig til å betale for å få tak i denne typen arbeidskraft. Hvis pensjonsordninger og velferdsordninger i kollektivselskapet er spesielt dårlige eller gode, sjukefraværet spesielt høyt eller lavt, bør det derfor gjøres en justering slik at man regner med et gjennomsnittlig nivå på disse størrelsene.

Størrelsen på mannskapskostnadene pr. time, w , kommer til bruk ikke bare når kjøretøyet går i rute, men også når det beveger seg fra oppstillingsplassen til ruta og tilbake. Dette er en del av klargjøringskostnadene, se avsnitt 9.2.2.

For et mannskap vil det finnes et gjennomsnittlig forhold mellom total tjenestetid pr. dag og "kjøreplantid", altså tid i rute. Mannskapskostnaden pr. time i rute må blåses opp med denne faktoren. Størrelsen på denne faktoren avhenger av planleggingen av mannskapsbruken i selskapet og av ruteplanen, og det kan derfor være aktuelt å la den ha forskjellig størrelse i ulike alternativer som skal nytteberignes, eller til og med forskjellig i ulike perioder av dagen. Vi regner fra nå av med at w er mannskapskostnaden pr. time i rute etter at en slik oppblåsing har funnet sted.

På grunn av skifttillegg eller at det brukes andre typer mannskap i helgene, f.eks., kan timelønna variere etter tid på døgnet. For å markere dette skriver vi $w = w(k)$, der k er et tidspunkt på døgnet eller i uka. De totale mannskapskostnadene pr. dag på linja kan nå finnes enten ved å ta det totale antall kjøretøyer som har vært i aktivitet på linja i løpet av dagen, og multiplisere med et gjennomsnittlig antall timer i rute pr. kjøretøy og en gjennomsnittlig mannskapskostnad pr. time. Eller en kan gå litt mer nøyaktig tilverks og summere over perioder av dagen, k :

$$\text{Mannskapskostnad pr. dag} = \sum_k w(k)K(k)$$

Dette siste er å anbefale hvis utnyttelsen av mannskapet (andelen av effektiv tid i forhold til total tjenestetid) varierer mye over periodene k , eller hvis timelønna

gjør det. Det er også denne framgangsmåten vi legger til grunn nedenfor når vi skal summere alle tidsavhengige variable kostnader på linja.

Vi kan ikke anbefale å hente totale mannskapskostnader direkte fra regnskapene til kollektivselskapet. For det første blir ofte oppdelinga på linjer vilkårlig. For det andre blir den endringen som vi får i alternativene utenom nullalternativet anslått vilkårlig, uten skikkelig forankring i bruken av kjøretøyer på linja.

9.2.4 Totale tidsavhengige kostnader pr. dag på linja

Kapitalkostnadene og klargjøringskostnadene er tilskrevet høybelastningstimene, mens mannskapskostnadene er tilskrevet alle driftstimer. De totale tidavhengige kostnadene pr. dag på linje ℓ der alt materiellet er av type j , er summen av kostnadene i hver periode k :

$$c_{\text{tid}}^{\ell j} = \sum_k (\delta_k^1 c_K^j + \delta_k^2 m^{\ell j} + n^k w^{\ell kj}) K^{\ell kj} = \sum_k (\delta_k^1 c_K^j + \delta_k^2 m^{\ell j} + n^k w^{\ell kj}) f^{\ell kj} f^{\ell kj}$$

der vi har følgende enhetspriser:

- c_K^j er kapitalkostnaden pr. dag for materiell av type j . Dette er kapitalkostnaden pr. år delt på antall dager med høyeste belastning.
- $m^{\ell j}$ er klargjøringskostnaden pr. dag for materiell av type j på linje ℓ
- $w^{\ell kj}$ er mannskapskostnaden pr. kjøretøytime for materiell av type j på linje ℓ i periode k

og der

- $\delta_k^1 = 1$ hvis k er en periode med høyest belastning over året, 0 ellers
- $\delta_k^2 = 1$ hvis k er en periode med høyest belastning over denne dagen, 0 ellers
- n^k er antall driftstimer i periode k
- $K^{\ell kj}$ er antall kjøretøyer (alle av type j) anvendt på linje ℓ i periode k .

Innledningsvis i avsnitt 9.2 behandlet vi relasjonen $K = tf$, som her er brukt til å uttrykke de tidsavhengige kostnadene pr. dag som funksjon av rundturtid og frekvens, heller enn som funksjon av antall kjøretøyer i aktivitet. Dette sier oss at skal vi gjøre noe med de tidsavhengige kostnadene, har vi følgende alternativer.

1. Vi kan gjøre noe med det som står i parentesene, dvs. enhetsprisene for kapitalen, klargjøring og mannskap
2. Vi kan gjøre noe med rundturtidene i periodene
3. Vi kan gjøre noe med frekvensene i periodene

Dette gir en presis mening til det vi tidligere har sagt, nemlig at de tidsavhengige kostnadene følger av materiellvalg og ruteplan.

En summering av de tidsavhengige kostnadene pr. dag til tidsavhengige kostnader pr. år følger nå lett ved å summere over antall dager. Det eneste vi må passe på, er at det ikke er alle dager som inneholder perioder med høyeste belastning. For de

dagene som ikke gjør det, påløper det likevel klargjøringskostnader pr. dag ifølge formelen ovenfor, men ikke kapitalkostnader pr. dag. Dette er allerede håndtert i formelen ved å skille mellom to ulike delta-er.

9.3 Kilometeravhengige variable kostnader på ei linje

De kilometeravhengige kostnadene er i første rekke energikostnadene, eller drivstoffkostnadene som vi for det meste vil kalle dem. Dessuten påløper også andre kostnader pr. kilometer, spesielt olje, dekk og innkjøpte reservedeler.

Vedlikeholdskostnader og forsikring har vi som en husker regnet under de tidsavhengige kostnadene, ut fra en forutsetning om at årlig kjørelengde er gitt. Så lenge årlig kjørelengde faktisk holder seg konstant, er det ingenting i veien med dette. Men i virkeligheten er vedlikeholdskostnadene og forsikringen dels faste pr. år og dels kilometeravhengige. Dette kan det være nødvendig å ta hensyn til om årlig kjørelengde varierer mye mellom alternativene. (I det tilfellet må også kapitalkostnadene rekalkuleres for hvert alternativ, som vi så).

Oppdelingen av vedlikeholdskostnadene på en fast og en kilometeravhengig del kan gjøres med regresjonsanalyse på empiriske kostnadstall.

Alle kilometeravhengige enhetskostnader (kostnader pr. kilometer) kan være funksjoner av fart. De er dessuten opplagt funksjoner av kjøretøytype og kjøretøy-størrelse. Siden kollektivtransport ikke er noe rally, akkurat, vil vi anta at alle kilometeravhengige kostnader med unntak av drivstoffkostnadene er uavhengige av farta. Vi lar samlede kilometeravhengige kostnader pr. kilometer, med unntak av drivstoffkostnaden, for et kjøretøy av type j være $p_0^j g_0^j$, der g_0^j er en "pakke" av det som gjennomsnittlig går med på en kilometer, og p_0^j er prisen for denne pakka.

Fartsavhengigheten til drivstoff-forbruket viser seg klarest i forbindelse med køer. I køkjøring, med stopp og start, kan vi regne med at drivstoff-forbruket er lavere jo større gjennomsnittsfarta er. Funksjonene vil ha et nærmest hyperbolsk forløp (Johansson 1997). Når det ikke er køer, vil drivstoff-forbruket som funksjon av farta ha et u-formet forløp for vegtrafikk, med et relativt flatt midtparti rundt 60 km/t for de fleste kjøretøytyper. Dette er funksjonsformer som gjelder over korte strekninger med konstant fart. Slike funksjoner finnes i Håndbok 140. Funksjoner for personbiler og vare- og godsbiler, tilpasset kjøreforholdene i bykjøring, er gjengitt i Larsen og Rekdal (1997). Funksjonsformer for sjøtransport finnes også tilgjengelig. Sjøtransportens drivstoff-forbruksfunksjoner vil i motsetning til landtransporten være stigende overalt, men konvekse som de i landtransporten.

Tilsvarende funksjoner for kollektive transportmidler er imidlertid ikke tilstrekkelige til å bedømme drivstoff-forbruket. Dette skyldes start og stopp på holdeplassene. Drivstoff-forbruket vil ha et "holdeplassavhengig" ledd som består av merforbruket under akselerasjon fra holdeplassen til marsjfart, multiplisert med antall holdeplasser, og et ledd som er ekte kilometeravhengig og avhengig av marsjfarta. Dette er også situasjonen i luftfart, der det faste leddet representerer oppstigningen til marsjhøyde.

Vi mangler her enkle funksjonsformer til anvendelsene. Her kan vi foreløpig bare oppstille en funksjonsform som drivstoff-forbruket i kollektivtransporten bør kunne følge. Vi kaller drivstoff-forbruket pr. kilometer for kjøretøytype j på linje ℓ for $g^{\ell j}$. Vi venter at $g^{\ell j}$ vil ha en funksjonsform som denne:

$$g^{\ell j} = z^{\ell} g_1^j(v^{\ell}, y^j) + g_2^j(v^{\ell}, y^j)$$

der z^{ℓ} er antall stopp pr. kilometer på linje ℓ , y^j er størrelsen av kjøretøytype j , målt i passasjer seter eller på annen måte, g_1^j er en funksjon som gir merforbruket av drivstoff ved akselerasjon fra 0 til v med et kjøretøy av type j og størrelse y , og g_2^j er en annen funksjon, som gir drivstoff-forbruket ved gjennomsnittsfart v for et kjøretøy av type j og størrelse y .

I formelen har vi åpnet for en marsjfart som endrer seg fra periode til periode. Dette er realistisk for busser i købelastede strøk.

Hvis a^{ℓ} er lengda på en rundtur på linje ℓ i kilometer, vil antall utkjørte kilometer i periode k (på linje ℓ og med kjøretøytype j , naturligvis) være $n^k a^{\ell} f^{\ell j}$, der n^k er antall timer i periode k , og $f^{\ell j}$ er frekvensen. Dette ser vi igjen ved å bruke vår grunnleggende sammenheng $K = tf$. Et kjøretøy kjører distansen a på tida t , og følgelig distansen a/t på en time. K kjøretøyer gjør dette, og kjører tilsammen $Ka/t = a(K/t) = af$ kilometer på denne timen. I hele perioden blir det naf .

Kaller vi nå drivstoffprisen for drivstoffet til kjøretøyer av type j for p^j , kan vi skrive de totale kilometeravhengige kostnadene pr. dag på linja som

$$c_{km}^{\ell j} = \sum_k \left[p_0^j g_0^j + p^j \left(z^{\ell} g_1^j(v^{\ell k}, y^j) + g_2^j(v^{\ell k}, y^j) \right) \right] n^k a^{\ell} f^{\ell j}$$

Dette bekrefter og presiserer vår tidligere påstand om at ruteplanen (frekvensene) og materiellvalget (enhetskostnaden i klammeparentesen) bestemmer de kilometeravhengige kostnadene.

9.4 Totale variable kostnader på linja pr. dag

I avsnitt 9.2 har vi kommet fram til et uttrykk for de tidsavhengige kostnadene pr. dag, og i avsnitt 9.3 har vi kommet fram til et uttrykk for de kilometeravhengige kostnadene pr. dag. Vår oppgave er nå bare å sette disse uttrykkene sammen. På grunn av sammenhengen $K = tf$ kan vi alternativt uttrykke totalkostnadene pr. dag i systemet ved frekvensene i periodene eller ved antallet anvendte kjøretøy i periodene. Vi velger å uttrykke dem ved frekvensene, som ofte er våre handlingsparametre. Kostnadene pr. periode er proporsjonale med frekvensene¹⁸, og frekvensen inngår også ofte som en kvalitetsvariabel i etterspørselsfunksjonen.

For å forenkle og få fram strukturen i kostnadene, definerer vi et samlet uttrykk for klammeparentesen i de kilometeravhengige kostnadene:

¹⁸ Hvis kollektivkjøretøyene påfører hverandre kø, vil frekvensen også inngå i fastlegging av rundturtida, og kostnadene blir en mer komplisert funksjon av frekvensene.

$$Q^{\ell kj} = Q^j(v^{\ell k}, y^j, z^{\ell}; \mathbf{p}^j) = p_0^j g_0^j + p^j(z^{\ell} g_1^j(v^{\ell k}, y^j) + g_2^j(v^{\ell k}, y^j))$$

Totalkostnaden pr. dag på linje ℓ kan da skrives

$$c_{dag}^{\ell j} = \sum_k \left[(\delta_k^1 c_K^j + \delta_k^2 m^{\ell j}) t^{\ell kj} + (w^{\ell kj} t^{\ell kj} + Q^{\ell kj} a^j) n^k \right] f^{\ell kj}$$

Vi ser her hvordan kapital- og klargjøringskostnadene er spesielle ved at de ikke er avhengige av hvor mange timer det er i periodene, og heller ikke opptrer i annet enn den mest belastede perioden. De kan likevel ikke kalles faste kostnader, siden de avhenger av *rundturtida* og *frekvensen* i den relevante perioden.

På den andre sida har vi kostnader som påløper pr. time i en mer grunnleggende forstand enn at de kan henføres til visse timer. Dette er lønnskostnadene, som for hver time er proporsjonale med *rundturtida*, og kilometerkostnadene, som for hver time er proporsjonale med *rundturdistanse*. Også disse kostnadene er proporsjonale med *frekvensen*, og for disse kostnadene er frekvensene i enhver periode av dagen av betydning.

Siden rundturtida må være en funksjon av a , v og z , og Q er en funksjon av v og z , må alle ledd i formelen være funksjoner av a , v og z . En hovedgrunn til at det ikke er lett å bruke denne kunnskapen, er at rundturtida også er en funksjon av u , som tilpasser seg slik at kjøretøyantallet skal bli heltallig.

Kapitalkostnadene og de kilometeravhengige kostnadene er også funksjoner av y . Dette er ikke nødvendigvis tilfelle for lønnskostnadene og klargjøringskostnadene.

Summering av de daglige kostnadene til årskostnader må ta hensyn til at ikke alle dager er like. Vi må altså summere over like dager først, og så samle disse gruppene av like dager til år.

9.5 Skatter og avgifter

Vi har tenkt oss at alle skatter og avgifter som kollektivselskapet faktisk må betale og ikke får refundert, er med i enhetskostnadene i kostnadsmodellen vår. De viktigste er:

- *Skatt på arbeidskraft*. Hvis arbeidskrafta ikke arbeider i kollektivselskapet, regner vi med at de arbeider andre steder og betaler den samme skatten, og at arbeidsgiveren deres har de samme sosiale kostnader. Det skal derfor ikke regnes med endring i skatteinntektene for det offentlige på grunn av endring i bemanningen.
- *Drivstoffavgifter*. I den grad det brukes mindre drivstoff, vil staten tape avgiftsinntekter, og dette skal føres på det offentliges konto. På den måten får vi fram i våre analyser den virkelige ressurskostnaden for drivstoff – produksjonsprisen eller importprisen.
- *Kjøretøyavgifter*. Behandles på samme måte som drivstoffavgifter.
- *Moms*.

Grunnen til den ulike behandlingen av arbeidskraft og drivstoff er at arbeidskrafta foreligger i gitt mengde i landet som helhet, mens drivstoff kan produseres etter behov. Det samme kan biler.

Kollektivselskapenes innkjøp av varer er momsbelagt. Endringer i disse innkjøpene føres i nyttekostnadsanalysa ved å føre opp den faktiske kostnadsendringen for kollektivselskapene, men samtidig føre momsinntektsendringen på statens konto. Nettoresultatet av denne føringen er at de innkjøpte varene vurderes til sin produksjonsverdi.

Reformen med moms på tjenester i 2001 førte ikke til noen endringer for kollektivselskapenes del. Kollektivtransport er fortsatt fritatt for moms.

9.6 Infrastrukturkostnader

Med infrastrukturkostnader i denne sammenhengen mener vi vedlikeholdskostnader og driftskostnader som skyldes slitasje på kjørevegen. Infrastrukturkostnadene er eksterne kostnader for kollektivselskaper som ikke eier sin egen kjøreveg. De påføres imidlertid en offentlig etat, og blir derfor å føre under Vegvesenet eller Jernbaneverket eller det offentlige forøvrig når nyttekostnadsberegningen skal rapporteres (se kapittel 12). For integrerte kollektivselskaper må de imidlertid flyttes over i "bedriftsregnskapet", dvs. legges til i de årlige kollektivkostnadene.

Tabell 9.1 og 9.2 viser infrastrukturkostnaden pr. kjøretøykilometer for ulike kjøretøytyper. Tallene i tabellene er hentet fra Eriksen et al (1999).

Tabell 9.1. Gjennomsnittlig kostnad ved slitasje på kjørevegen. Persontransport. Kroner pr. kjøretøykilometer.

	Personbil	Buss	Sporvogn	Persontog
Slitasjekostnad pr. kjøretøykilometer	0,00	0,29	2,70	8,11

Tabell 9.2. Gjennomsnittlig kostnad ved slitasje på kjørevegen. Godstransport. Kroner pr. kjøretøykilometer.

	Bensinbil over 3,5 tonn	Diesel, 3,5 – 7,5 tonn	Diesel, 7,5 – 16 tonn	Diesel, 16 – 23 tonn	Diesel, over 23 tonn	Gods på veg i gj.snitt	Godstog
Slitasjekostnad pr. kjøretøykm	0,01	0,01	0,14	0,56	1,01	0,45	16,57

9.7 Konkurransen mellom kollektivselskaper

I noen sammenhenger, der vi ikke veit eller kan styre hvilket tilbud kollektivselskapene vil gi, er det nødvendig å utlede dette fra en modell for konkurransen mellom dem. I den forbindelsen spiller naturligvis kollektivselskapenes kostnader en stor rolle, men vi må regne med å måtte bruke en mye enklere kostnadsmodell

enn den som er utledet ovenfor. Vår kostnadsmodell egner seg til å sette inn empiriske tall og beregne kostnader i ulike alternativer, men på grunn av heltallighetsproblemet egner den seg ikke til å utlede grensekostnader – hvilket vi trenger i en konkurransemodell.

Vi skal ikke skissere konkurransemodeller i denne første utgava av veilederen.

9.8 Forslag til enhetskostnader i kostnadsmodellen for kollektivtransport

Denne veilederen inneholder ikke forslag til enhetskostnader i kostnadsmodellen (dvs. gjennomsnittlig w , C_k , m , p_0^j og p^j for ulike typer kjøretøyer). Det finnes kostnadsmodeller for buss og jernbane der en kan hente slike anslag, men det er muligens behov for en samlet liste som oppdateres jevnlig med prisendringer og nye kjøretøytyper.

9.9 Bomselskapets kostnader

Innkrevingskostnadene ved et bompengesystem kan være betydelige. De vil avhenge av den teknologien som blir valgt. Det kan ikke sies noe mer generelt om dette, annet enn at anslaget på disse kostnadene vil være uten betydning for sammenlikning av alternativer som alle har det samme bomsystemet. Men hvis tiltaket etablerer et bomsystem som ikke eksisterte før, er det nødvendig å innhente konkrete opplysninger om det driftsopplegget som planlegges.

9.10 Parkeringsselskapets kostnader

Kostnadene ved å opprette og drive en parkeringsplass varierer mye, fra underjordiske parkeringshus til parkering på rivingstomter og på gategrunn. I nyttekostnadsanalyser av kollektivtiltak vil disse kostnadene som regel være de samme i alle alternativer, og derfor irrelevante. Hva det hovedsaklig dreier seg om i våre analyser, er tiltak som gjør det dyrere å parkere, dvs. økte parkeringsavgifter, strengere parkeringsbestemmelser eller strengere overvåking av parkeringsbestemmelsene.

Økte gjennomsnittlige parkeringsavgifter kan gjennomføres ved å sette opp eksisterende avgifter eller kreve avgift av plasser som ikke tidligere var avgiftsbelagt. Den første måten medfører ikke økte kostnader, mens den andre vil kreve en økning i antallet parkeringsvakter og i antallet parkometre. Man bør kunne regne med at om ikke annet er eksplisitt sagt, vil begge metoder bli brukt. Kostnadene er da mellom 0 og de kostnadene som ville vært hvis bare den andre metoden blei brukt.

Strengere parkeringsbestemmelser vil det ikke i seg sjøl koste noe å innføre. Strengere håndheving, som kan gjennomføres aleine eller i kombinasjon med strengere bestemmelser, vil kreve økt mannskap, og muligens også større inntauingstomter og inntauingskostnader. (Gebyrene ser vi som en overføring som vi ser bort fra). Disse tiltakene vil også ha andre effekter, som imidlertid ikke hører

inn her. Bedre framkommelighet i gatene er en slik effekt, som vil kunne modelleres i en transportmodell og gi grunnlag for lavere generaliserte reisekostnader på noen reiserelasjoner. En annen effekt er lengre veger fra parkering til endelig destinasjon. Alt dette berører trafikantenes kostnader, og bør eventuelt tas med under tidskostnadene og parkeringskostnadene i kapittel 8.

Vedlegg til kapittel 9

1 Optimal levetid for driftsmidler

I denne beregningen er det hensiktsmessig å bruke en kontinuerlig forrentning. I stedet for å regne verdien av en krone utbetalt om fem år som $1/(1+r)^5$, regner vi den da som $e^{-5\rho}$, der ρ er rentesatsen ved kontinuerlig forrentning.

Anta at nytta av et driftsmiddel, målt ved nåverdien av å anskaffe det og bruke det i n år, er

$$V(n) = -c + \int_0^n (E - b(t))e^{-\rho t} dt + s(n)e^{-\rho n}$$

der

- c er anskaffelsesbetalingen
- E er en konstant årlig innbetaling som følger av drifta (f.eks. billettbetalinger)
- $b(t)$ er drifts- og vedlikeholdskostnader ved tidspunkt t
- $s(t)$ er skrapverdien (som synker med tida).

Legg merke til at i motsetning til i hovedteksten antar vi her at $b(t)$ ikke er konstant, men at vedlikeholdskostnadene trolig stiger med alderen til driftsmidlet. Legg også merke til at vi har inkludert driftskostnadene i $b(t)$, også det i motsetning til teksten. For praktisk bruk av formelen for $V(n)$ må man finne enkle men realistiske funksjonsformer for $b(t)$ og $s(t)$.

Anta så at denne grunninvesteringa skal gjentas i det uendelige, og kall nåverdien av denne uendelige investeringskjeden (med medfølgende driftskostnader) for $W(n)$.

Vi må ha at

$$W(n) = V(n) + e^{-\rho n}W(n)$$

Begrunnelsen for det er at n år fra nå er utsiktene for vår investering akkurat like gode som de er nå, slik at nåverdien av en uendelig investeringskjede startet opp om n år, er lik det siste leddet i formelen. Starter vi nå, får vi i tillegg gevinsten $V(n)$.

Det optimale antall år å beholde driftsmidlet finner vi ved å derivere $W(n)$ med hensyn på n og sette den deriverte lik 0. Etter utregning av dette kommer vi da til følgende resultat:

Den optimale levealderen n^* er den n som tilfredstiller likningen

$$V'(n) = V(n) \frac{\rho e^{-\rho n}}{1 - e^{-\rho n}},$$

Ved innsetting fra uttrykket for $V(n)$ og utregning blir dette det samme som

$$s'(n) + \frac{\rho}{1 - e^{-\rho n}} \left(c - s(n) + \int_0^n b(t)e^{-\rho t} dt \right) = b(n)$$

Når funksjonsformene for $s(t)$ og $b(t)$ er valgt, er det bare å prøve seg fram i et regneark til man finner den n som tilfredsstillende formelen¹⁹. Legg merke til at driftsinntektene E fra drifta av driftsmidlet ikke spiller noen rolle for levealderen så lenge de antas å være konstante. Legg også merke til at dette er en realistisk antakelse – det kan nok tenkes at inntektene til kollektivselskapet øker med tida, men inntektene pr. kjøretøy vil trolig ikke kunne økes vesentlig!

2 Nåverdi og annuitet av en gruppe samhørende driftsmidler med ulik levetid

For å holde et anlegg i drift på ubestemt tid, trengs det ofte at man bytter ut ulike deler av anlegget med ulike mellomrom. Det samme gjelder hvis man vil holde et transportopplegg på en viss infrastruktur i gang på ubestemt tid – jernbanevogner har en annen levetid enn lokomotiver osv. For integrerte kollektivselskaper eller for nyttekostnadsanalyser der kjøreveg og drift sees under ett, vil denne problemstillingen være enda mer påtrengende. Ofte står man overfor en rekke gitte ulike levetider på ulike deler av anlegg og materiell, fra uendelig levetid på grunnelementene i infrastrukturen til 5-10 år på kommunikasjonsutstyr osv.

Standardforutsetningen om en 25 års horisont og skrapverdier med utgangspunkt i 40 års levetid, er hentet fra veginvesteringer, og kolliderer ofte ganske ettertrykkelig med virkeligheten i kollektivtransport. Vi vil heller se investeringene i kollektivtransporten som uendelig kjeder av gjentatte investeringer, hver kjede med sin levetid på utstyret. Ut fra dette vil vi beregne nåverdi og annuitet av investeringene som helhet.

La oss si at vi har J komponenter med levetider n_1, n_2, \dots, n_J og anskaffelsespriser c_1, c_2, \dots, c_J . Anskaffelsesprisene må en her tenke seg som prisene for en viss mengde av vedkommende komponent, svarende til den mengden som brukes i systemet. F.eks. kan c_1 være prisen på et signalsystem, c_2 prisen på 10 lokomotiver og c_3 prisen på 100 vogner.

Fra avsnitt 2.1 har vi umiddelbart at nåverdien av investeringene som tilsammen opprettholder dette systemet på ubestemt tid (i det uendelige) er

$$NV = \sum_j c_j \frac{1}{1 - (1 + r)^{-n_j}}$$

og den årlige konstante utbetalingen som svarer til dette er

$$a = r \cdot \sum_j c_j \frac{1}{1 - (1 + r)^{-n_j}}$$

Ved 7% rente vil f.eks. en komponent j som betales ved tidspunkt 0 og har uendelig levetid, inngå i nåverdien av kostnadene til systemet med c_j . En komponent k som betales ved samme tidspunkt men varer 50 år, vil inngå i nåverdien med $1,035 \cdot c_k$, komponent ℓ med varighet 40 år inngår med $1,07 \cdot c_\ell$, komponent m med varighet 30 år med $1,15 \cdot c_m$, komponent n med varighet 25 år

¹⁹ $b(t)$ bør velges slik at integralet er lett å løse.

med $1,225 \cdot c_n$, komponent o med varighet 20 år med $1,35 \cdot c_o$, komponent p med varighet 15 år med $1,57 \cdot c_p$, komponent q med varighet 10 år med $2,03 \cdot c_q$ og komponent r med varighet 5 år med $3,48 \cdot c_r$.

Annuitetene som tilsvarer disse nåverdiene fås ved å multiplisere med renta, dvs. 0,07.

To ulike utforminger av systemet, en med komponenter med lang levetid og små driftskostnader, og en med korte levetider og større driftskostnader, kan nå umiddelbart sammenliknes ved å sammenlikne annuiteten pluss den årlige driftskostnaden i de to tilfellene. Alt annet likt, velges naturligvis det som har minst årlige kostnader.

Merk at hvis man ikke forutsetter uendelige investeringskjeder, er det ikke riktig å sammenlikne de årlige annuitetene pluss driftskostnadene til to systemutforminger der sammensetningen av komponenter med ulik levetid er forskjellig. Hvis du skal velge billigste system i tilfellet der investeringene ikke gjentas i det uendelige, må du se på nåverdien, ikke de årlige utbetalingene! Annuiteter kan bare brukes til sammenlikning dersom de gjelder investeringer med samme levetid. Å la dem gå til uendelig er måten å få dem til å ha samme levetid på. Dessuten er det realistisk. Vi skal da vel ikke legge ned kollektivsystemet om 25 år?

10 Risiko og irreversibilitet

Tiden det tar å gjennomføre et prosjekt i transportsektoren, fra planlegging til investeringsfasen over videre til bruksfasen, gjør at det som regel er nødvendig å ta usikkerhet med i betraktning. Usikkerhet gjør seg gjeldende i forbindelse med inntekten eller nytten av investeringen. Denne vil være avhengig av trafikkutviklingen for vedkommende transportmiddel prosjektet gjelder. Men også kostnadsanslaget for selve investeringen vil kunne være usikkert, i sær hvis anleggsperioden strekker seg ut over flere år.

En spesiell type usikkerhet avhenger av tidspunktet for gjennomføring av et prosjekt. Enkelte forhold som nå er usikre, kan ventelig avklares om noen år, når kunnskapsgrunnlaget er forbedret. Har en først startet opp et prosjekt, legges det ned store kostnader, som for en stor del er bortkastet dersom en senere finner at prosjektet likevel ikke burde vært gjennomført.

En annen type usikkerhet – milepælsrisiko – knytter seg til utviklingen fram til en viss fase i prosjektet, uansett når det startes. Usikkerheten om anleggskostnader og om bruken av anlegget vil ofte være av denne typen.

10.1 Usikkerhet og risiko

Usikkerhet²⁰ må behandles på ulik måte etter i hvilken sammenheng den opptrer.

Et prosjekts *investeringskostnader* vil kunne svinge i begge retninger i forhold til forventet nivå. Denne usikkerheten vil ofte være prosjektavhengig, knyttet til geologiske forhold mv, og i mindre grad avhengig av den økonomiske utviklingen i samfunnet for øvrig. Anta for et øyeblikk at investeringskostnadene ikke avhenger av konjunktorene overhode. Forutsatt at den virkelige forventningsverdien benyttes som hovedanslag på kostnadene, vil sannsynligheten for at anslaget er for høyt da vanligvis være om lag like stor som at det er for lavt. Vi behøver derfor ikke øke avkastningskravet til prosjektet som følge av dette. Dette kalles *usystematisk risiko*.

Inntektssiden av et prosjekt vil i mange tilfeller på en systematisk måte være avhengig av *utviklingen i økonomien for øvrig*. Dersom inntekten fra prosjektene i porteføljen er avhengig av en god økonomisk utvikling generelt, bør avkastningskravet for alle disse prosjektene økes. Dette kalles *systematisk risiko*. Verdien av tidsgevinster og bompengerinntekter vil oftest være større, jo bedre økonomien for øvrig går. For kollektive transportmidler kan vi derimot i en del tilfeller oppleve at

20 Risiko forbindes oftest bare med sannsynlighet for negative hendelser, mens usikkerhet kan forbindes både med positive og negative hendelser.

gevinsten viser direkte negativ sammenheng med konjunkturutviklingen. Dette kan f.eks. skje hvis bilhold og bilbruk går sterkt ned som følge av økt ledighet. Den systematiske risikoen er da lav eller ikke-eksisterende.

Det er den systematiske risikoen som er av betydning i samfunnsøkonomiske analyser. Hvordan skal vi ta hensyn til den?

10.1.1 Følsomhetsanalyser

Ved følsomhetsanalyser varieres sentrale variable med f.eks. pluss/minus 25 prosent for å vise hvor sårbar lønnsomheten er for endringer i disse variablene. Størrelsen på utslaget er imidlertid sjelden basert på sannsynlighetsvurderinger. Det er heller ikke alltid relevant samfunnsøkonomisk risiko som belyses her, idet det kan være tilfeldig hvilke variable som inkluderes i analysen. Slike følsomhetsanalyser vil ikke si noe om usikkerhet ved prosjektet, bare om hvor viktige bestemte variable er for utfallet.

Dersom følsomhetsanalyser skal spille noen rolle i bedømmelsen av usikkerheten til tiltaket, bør de være basert på scenarie-teknikk. Vi konstruerer et scenario med sterk økonomisk vekst og et scenario med stagnasjon, og finner ut hvilket sett av variable det er naturlig å tenke seg har en positiv variasjon i takt med konjunkturutviklingen generelt og hvilke som har en motsatt utvikling. Sannsynligheter for ulike utfall (vekst eller stagnasjon) bør også vurderes. Sammensetningen av scenariene vil være en oppgave som krever grundig gjennomtenkning. For eksempel vil høye lønnsutgifter i forbindelse med anlegg og drift på samme måte som høye tidsgevinster fra et prosjekt være resultat av en høykonjunktur og bør variere i takt. På denne måten kan følsomhetsanalyser illustrere usikkerhet ved å belyse mulige utfall av et prosjekt.

Et eksempel på denne metoden kan være:

Ved avveining av om bompenger skal benyttes i forbindelse med et konkret vei-prosjekt skal det utføres en nytte-kostnadsanalyse på etablering og drift av et *bom-system*. Vi antar at selve vegprosjektet alt er gjennomført eller i hvert fall vedtatt, slik at *det* ikke er spørsmålet her. Anleggskostnadene ved å etablere et system av veibommer settes til 20 mill. kr. I tilfelle høykonjunktur antar vi at mange biler vil passere bommen. Bompengene vil da bli høye, mens antallet personer som reiser kollektivt vil bli lavt. Vi antar at det er kø i rushtiden, slik at tidsgevinsten for de som passerer bommen også blir høy. Samtidig vil lønns- og andre driftskostnader ved bomstasjonene bli høye. Motsatt vil vi ved lavkonjunktur ha lavere antall bompaseringer og lavere tidsgevinster. Da vil imidlertid flere reise kollektivt. Samtidig blir lønns- og driftskostnadene også lavere. Mellom disse ytterpunktene vil vi ha en "normal" konjunktursituasjon.

Vi kan sette de ulike kostnads- og inntektsscenariene opp i en tabell der anleggskostnadene er sammenliknet med de neddiskonterte endringene i inntekts- og kostnadsstrømmer for de ulike aktørene i tilfellet med og uten vegbom. Netto nåverdi (NNV) framgår av nederste linje. Tallene er ikke realistiske og kun ment å være en illustrasjon av at de faktorene som inngår i en slik analyse vil være konjunkturavhengige i større og mindre grad.

I eksempelet framstår bompengeprojektet som lønnsomt bare dersom vi kan regne med høykonjunktur.

Tabell 10.1. Eksempel

Konjunktursituasjon:	Lav	Normal	Høy
Anleggskostnad	-20	-20	-20
Endring i:			
Bomselskapets driftskostnader	-3	-4	-5
Kollektivselskapets driftskostn.	-2	-2	-2
Bompenginntekter	10	12	15
Biltrafikanntytte	2	4	6
Billettinntekter	6	5	4
Kollektivtrafikanntytte	5	4	3
NNV	-2	-1	1

Av denne følsomhetsanalysen kan vi trekke to konklusjoner. For det første ser vi at lønnsomheten av prosjektet avhenger av i hvor stor del av tida vi kan regne med å ha høykonjunktur. Det er altså av betydning for bedømmelsen av tiltaket hvor sannsynlig hvert av scenariene er. For det andre ser vi at prosjektets avkastning varierer *i takt med* konjunktorene. Det er altså et *prosyklisk* prosjekt. Et prosyklisk prosjekt er et prosjekt der avkastningen går mye opp i oppgangstider og mye ned i nedgangstider. Vi bør stille strengere krav til et slikt prosjekt enn til et prosjekt som gir samme avkastning uansett konjunktorene. Konkret burde vi i følge Finansdepartementets retningslinjer bruke 8% kalkulasjonsrente på et slikt prosjekt (se neste avsnitt).

10.1.2 Differensiert kalkulasjonsrente

Finansdepartementets Rundskriv R14/99 gir retningslinjer for behandling av bl.a. diskonteringsrente. Rundskrivet trådte i kraft 1. januar 2000 med en overgangsperiode på inntil ett år. Diskonteringsrenta skal her velges etter prosjektenes konjunkturfølsomhet.

Hva som er samfunnsøkonomisk relevant risiko er som nevnt knyttet til den systematiske risiko, beskrevet ovenfor. Finansdepartementets "Veiledning i samfunnsøkonomiske analyser" (2000) beskriver hvordan man kan ta hensyn til ulik risiko ved differensiering av kalkulasjonsrenten.

I sine retningslinjer har departementet lagt til grunn den såkalte kapitalverdimodellen, som uttrykker avkastningskravet som en sum av en risikofri rente og et risikotillegg. Størrelsen på risikotillegget avhenger av hvordan prosjektet avhenger av markedsporteføljen, som er et gjennomsnitt av prosjekter finansiert i aksjemarkedet. Finansdepartementet har valgt å sette det risikofrie avkastningskravet til 3,5 prosent pro anno. Risikotilleggene etter prosjekttype går fram av tabell 10.2.

Tabell 10.2. Inndeling i risikokategorier (jfr tabell 4.1 i Finansdepartementet, 2000)

Prosjekttype	Risikotillegg
Prosjekter med om lag samme risiko som et gjennomsnittlig prosjekt i aksjemarkedet (for eksempel investeringer i kraftproduksjon og konjunkturfølsomme samferdselsinvesteringer)	4,5 %
Prosjekter med middels risiko (for eksempel investeringer i kraftnett og kollektivtrafikkinvesteringer)	2,5%
Prosjekter med lav risiko (for eksempel investeringer i helse, aldershjem og grunnskoler)	0,5%
Offentlig forretningsdrift i direkte konkurranse med private aktører	Som tilsvarende private bedrifter

Det relevante risikotillegget skal altså legges til den risikofrie kalkulasjonsrenten. Dermed blir rentesatsene for henholdsvis høy, middels og lav risiko 8 prosent, 6 prosent og 4 prosent p.a.

Det kan være grunn til å fravike satsene i tabellen i enkelte tilfeller. F. eks. ved tilbringertjeneste til lufthavner kan det være grunn til å anta at antall reiser varierer omtrent i takt med flyreiser, som igjen er antatt å være forholdsvis konjunkturfølsomme. Kalkulasjonsrenten skulle dermed settes til 8 prosent.

En tverretattlig styringsgruppe for arbeidet med nasjonal transportplan har blant annet vurdert kalkulasjonsrenter. De er enig i at risikotillegget bør variere med typen prosjekt, men vil plassere kollektivtrafikkinvesteringer i en lavere risikokategori enn tabell 10.2 tilsier. De anbefaler som hovedregel 4 prosent kalkulasjonsrente for kollektivtrafikktiltak. For vegtiltak anbefaler de 5 prosent. Transportetatens forslag er lagt til grunn for valget av kalkulasjonsrente i Vegvesenets nytteberegningsverktøy EFFEKT 5. Vi vil anvende etatenes satser inntil videre.

10.2 Irreversibilitet – opsjonsverdi

Tradisjonelle metoder for å ta hensyn til usikkerhet retter seg særlig mot risikoaversjon og verdsetting av inntekt/kostnad *nå* i forhold til inntekt/kostnad i *fremtiden*. Verdien av å beholde muligheten for å gjennomføre prosjektet på et senere tidspunkt er en tredje side av dette, som teorien ikke har vært så opptatt av før i de senere årene. Dette kalles gjerne for opsjonsverdi, og betyr at prosjektet ikke bare må konkurrere med andre prosjekter, men også med seg selv, gjennomført på et senere tidspunkt. Usikkerhet om kostnads- og inntektsutviklingen kan gjøre det lønnsomt å vente med investeringen til en har mer informasjon. Dermed kan en unngå tap hvis prosjektet på et senere tidspunkt framstår som ulønnsomt. Det er ikke et spørsmål om «nå eller aldri», med en gang neddiskontert inntekt overstiger kostnadene - slik en ofte kunne få inntrykk av tidligere.

10.2.1 Teoretisk grunnlag

Teorien på dette området bygger i stor grad på teorien for finansielle opsjoner. Finansteorien har lenge vært klar over og beskrevet teorien bak verdsettingen av å ha en valgmulighet (opsjon) til å kjøpe et verdipapir til en bestemt kurs. Rettigheten til en slik opsjon er sentral og vil ha en omsetningsverdi i markedet.

For et prosjekt i transportsektoren har det tilsvarende en egenverdi å beholde *muligheten* til å gjennomføre prosjektet når man vil (beslutningsfleksibilitet). Verdien av opsjonen (til å gjennomføre et prosjekt eller ikke) kan teoretisk sett beregnes når sannsynlighetsfordelingen til inntektsstrømmen er kjent. Bare dersom forventet avkastning ved å utøve opsjonen nå (gjennomføre prosjektet nå) er større enn verdien av å beholde opsjonen (vente), bør vi vedta gjennomføring nå.

For en utførlig redegjørelse om teorien på dette området henvises til Dixit og Pindyck (1994).

10.2.2 Praktisk tilnærming

Den ovenfor beskrevne teorien bygger på matematisk kompliserte utledninger og kan være vanskelig å anvende i praksis.

Det vanlige er derfor å beregne opsjonsverdi ved å betrakte prosjektet gjennomført på ulike tidspunkter som gjensidig utelukkende prosjekter. Vi velger så det som har den høyeste risikjusterte nåverdien. Dette blir ikke helt korrekt, fordi vi egentlig skulle beregne opsjonens verdi kontinuerlig over tiden, i følge teorien. Metoden kan spesielt være aktuell dersom vi har utsikt til viktig informasjon på bestemte framtidige tidspunkter.

Et sterkt stilisert eksempel på den anbefalte framgangsmåten kan være:

Anta at transportselskapet vurderer å forlenge forstadsbanen til et område der det er muligheter for utbygging av et stort boligfelt. Avgjørelsen om dette vil bli tatt om tre år. Investeringskostnaden er 150 millioner kr. I tilfelle boligutbygging kommer antall arbeidsreiser til å øke sterkt slik at samfunnsøkonomisk nettonytte blir 15 mill. kr årlig for all framtid (investeringskostnadene ikke medregnet). Uten en slik etablering vil den ekstra nettonytten bare bli 8 mill kr årlig for all framtid.

Sannsynligheten for at boligutbyggingen skal finne sted anslås å være 0,6. Kalkulasjonsrenten er satt til 7 prosent p.a. For å forenkle antas at inntekten av investeringen varer evig, slik at neddiskontert verdi kan settes til f.eks. $15/0,07$ i tilfellet med boligbygging, $8/0,07$ i tilfellet uten.

Vi beregner først nåverdien av å investere nå:

$$NV_0 = -150 + 0,4 * \frac{8}{0,07} + 0,6 * \left[8 \left(\frac{1}{1,07} + \frac{1}{1,07^2} + \frac{1}{1,07^3} \right) + \frac{15}{0,07} * \frac{1}{1,07^3} \right]$$
$$= 13,3 \text{ mill kr}$$

Dersom vi venter tre år for å være sikre på at det blir en boligfeltetablering, vil vi bare investere hvis så skjer, ellers er det ulønnsomt.

Kostnaden er jo 150, mens nytta uten boligfeltetablering er $8/0,07 = 114$. Men hvis det kommer boligfelt, vil vi investere, siden $15/0,07 = 214$. Forventet nåverdi i dag av å vente med beslutningen i tre år, er da:

$$NV_3 = 0,6 * \frac{1}{1,07^3} * \left(-150 + \frac{15}{0,07} \right) = 31,5 \text{ mill kr}$$

Det er altså lønnsomt å vente i tre år for å ta hensyn til ny informasjon.

Altså: Dersom vi kjenner til at en usikker faktor vil bli avklart på et bestemt framtidig tidspunkt, kan vi gjennomføre alternative beregninger for hvert av de mulige utfallene. For å beregne den forventede verdien av prosjektet gjennomført straks, må vi anslå en sannsynlighet for hvert av utfallene. Denne beregningen bør vi i så fall sammenlikne med beregninger av prosjektet igangsatt på et seinere tidspunkt, når usikkerheten er avklart. Dersom det lønner seg å skrinlegge prosjektet hvis usikkerheten avklares med et ugunstig utfall, kan det lønne seg å vente og se.

11 Beregningsarbeidet på overordnet nivå

Dette kapitlet behandler ikke utregninger knyttet til transportmodellen, og heller ikke utregninger av de enkelte nytte- og kostnadselementene for det enkelte år, basert på transportmodellen. Dette forutsettes å foreligge, og vårt formål her er å systematisk sette sammen disse bitene til en fullstendig nyttekostnadsberegning.

11.1 Datering

En nyttekostnadsanalyse består av beregninger på to eller flere alternativer – nullalternativet og ulike tiltaksalternativer. Et tiltaksalternativ består generelt av en pakke med tiltak, som ikke alle behøver å komme på samme tid.

Alle våre tiltak, og alle andre (utenfra gitte) endringer i studieområdet må *dateres*. Det vi si at vi må angi et bestemt årstall da de finner sted. Noen ganger vil tiltakene faktisk gjennomføres gradvis over flere år, og endringene kan likeledes være vanskelige å datere. For at regnearbeidet skal bli rimelig, må vi skjære igjennom og velge et år da de antas å skje i ett slag.

Virkninger av tiltakene og endringene kommer første gang i samme året som tiltaket eller endringene finner sted. Dette kan være litt uvant. Ofte antar man at investeringene kommer i det ene året og effektene i det neste. Det ene skulle ikke være mer feil enn det andre. Men hvis man synes det virker unaturlig, så er det altså det første året da virkningene viser seg som det er viktig å få plassert riktig. Investeringene kan man alltid flytte fra et år til et annet ved enkel diskontering.

Tiltaksår

Med utgangspunkt i et bestemt alternativ bestemmer vi ett eller flere tiltaksår hvor tiltakene i dette alternativet finner sted.

Endringsår

Endringer i et endringsår berører alle alternativer likt. For alle alternativer bestemmer vi ett eller flere endringsår hvor endringene i dette alternativet finner sted.

Prediksjonsår

År som vi har beregnet nye OD-matriser og kostnadsmatriser for, kalles prediksjonsår. Disse matrisene er ikke de samme i alle alternativ, men de vedrører samme prediksjonsår.

Tiltaksår, endringsår og prediksjonsår vil vi kalle *begivenheter*.

Henføringsår

For at nåverdiberegningene for alle alternativer skal være sammenliknbare, må de henføres til samme år. Dette betyr *ikke* at alle alternativer tenkes satt ut i livet fra samme startår, slik som i EFFEKT. Det betyr bare at nåverdien for hvert alternativ er beregnet i samme år.

Kalkulasjonsrente

Vi vil benytte 4% som kalkulasjonsrente på kollektivtiltak og 5% på vegtiltak. Siden våre tiltak ofte vil ha konsekvenser både for kollektivtrafikken og biltrafikken, kan man stille spørsmål om man bør skille ut de delene av regnestykket som gjelder kollektivtrafikk og anvende 6% på dem, mens vi anvender 8% på de andre delene. Vi har kommet til at det er best å bruke en og samme rente på alle elementer i beregningene, og på alle alternativer som vurderes.

Vekstrater

Vi kan ta hensyn til vekstrater i flere sammenhenger. Den viktigste er når vi har opplysning om en utenfra gitt (eksogen) årlig prosentvis vekst i antall reiser i studieområdet. Denne antar vi påvirker alle elementer i OD-matrisen likt, og virker på samme måte uavhengig av hvilke alternativer vi beregner. Vekstraten kan endre seg år for år, altså *også* utenom et endringsår. Den må bygge på prognoser på overordnet nivå.

Det som kan tilsi ulike vekstrater for bil og kollektivtrafikk, er i første rekke endringer i bilholdet. Hvis man overhodet skal operere med ulike vekstrater for transportmidlene, bør det altså ha et grunnlag i prognoser for bilholdet. Ut over dette vil det bli galt å regne ulike utenfra gitte vekstrater for bil og kollektivtrafikk. En slik forskyvning i transportmiddelvalget vil nemlig først og fremst være et resultat av endringer i de generaliserte kostnadene, hvilket vi modellerer på annen måte. I noen sjeldne tilfeller kan vi imidlertid modellere effekten av en generell kvalitetsforbedring i kollektivtransporten, eller en informasjonskampanje, som en raskere vekst i kollektivtrafikken enn i biltrafikken. Dette bør ikke gå over mange år, og må begrunnes med empirisk kunnskap om virkningen av slike tiltak.

Vi kan også regne med vekstrater for pris- og kostnadselementene. Dette kan være på grunn av teknologisk utvikling eller på grunn av at vårt tiltak omfatter en langsiktig prispolitikk. Siden man sjelden kan regne med en særegen teknologisk utvikling eller prisutvikling i det enkelte studieområdet, bør slike vekstrater være felles forutsetninger gitt fra Vegdirektoratet, Jernbaneverket eller andre høyere organer.

Vi betegner vekstraten for trafikken fra det første prediksjonsåret til det første året der det inntreer endring i veksten, for v_1 , deretter v_2 inntil en ny endring inntreer osv. Vekstraten for det kostnadselementet vi ser på, betegner vi w_1 , w_2 osv.

Vi regner ikke med vekstrater etter år 2020. Vi regner heller ikke med tiltak eller endringer etter år 2020. Dette er begrunnet med at enhver prognose om endringer så langt fram i tid er så usikker at vi ser bort fra den. Hvis vi tross alt skulle spå, virker det mest trolig at trafikkveksten før eller siden må flate ut.

Tidshorisont og levetider

Visse elementer av infrastrukturen har en nærmest evig levetid. Andre elementer må fornyes med jamne mellomrom, og det samme gjelder kollektivselskapenes materiell. Forutsatt at dette gjøres, kan våre tiltak opprettholdes sålenge det er interesse for dem. I prinsipp er derfor våre tiltak evigvarende. Dette gjelder naturligvis også tiltak som ikke innebærer infrastrukturinvesteringer. Vi mangler imidlertid kunnskap om hvor lenge det vil være interesse for å opprettholde dem ut over en tidshorisont på la oss si 25 år.

I mangel av en bedre metode for å håndtere usikkerheten i den fjerne framtid, vil vi gjøre som følger:

- Vi bestemmer at ethvert alternativ har en driftsperiode på 25 år, der det første driftsåret er året etter det første tiltaket i alternativet. Vi regner altså ikke at alle alternativer behøver å bli startet i samme år, slik som i EFFEKT, og følgende strekker de seg også muligens ulike langt inn i framtida. Men som nevnt vil det aldri skje noe nytt i transportsystemet etter år 2020.
- Ved utløpet av driftsperioden vil tilnærmet evigvarende infrastruktur ha en restverdi på 15/40 av den opprinnelige samfunnsøkonomiske anleggskostnaden. Dette gjelder også infrastruktur som har kommet til seinere enn det første tiltaksåret.²¹
- Elementer av infrastrukturen med kortere levetid, og investeringer i materiell til kollektivtransporten, antas å ha bestemte levetider og lineær verdiforringelse. Ved levetidas utløp antas det en reinvestering. Ved utløpet av den 25 års driftsperioden tar en til inntekt de restverdiene som blir.

Vi vil normalt *ikke* regne år med fornyelse av materiell eller deler av infrastrukturen som tiltaksår. Grunnen er at det normalt ikke endrer reisekostnadene. Det kan imidlertid stille seg annerledes i år hvor materiellfornyelsen innebærer materiell med helt nye egenskaper, eller oppgraderingen av infrastrukturen muliggjør helt nye former for trafikkstyring.

11.2 Systematisk behandling av studieperioden

Hensikten med dette avsnittet er å benytte de begrepene vi innførte i de to foregående avsnittene til å få oversikt over våre forutsetninger og forenkle regnearbeidet.

De tidspunktene som er felles for alle alternativer er henføringsåret, prediksjonsårene og endringsårene. Dessuten årene da veksttakten skifter, inkludert året 2020,

²¹ Evigvarende infrastruktur forringes ikke i løpet av få år. Infrastruktur som har kommet til noen år seinere, er derfor ikke relativt mer verdt enn infrastrukturen fra det første tiltaksåret. Hvis den aldri kunne bli gammeldags eller overflødig, ville vi regne restverdien av en evigvarende infrastruktur lik den opprinnelige anleggskostnaden uansett når i perioden anlegget kom til. Nedjusteringen med faktoren 15/40 representerer etter vårt syn en tvil om hvor lenge anlegget vil spille en nyttig rolle ut over en 25 års tidshorisont. Nedjusteringen sier altså at godt over halvparten av den mest varige infrastrukturen på et gitt tidspunkt vil slutte å spille noen nyttig rolle i 25 årsperioden etter de første 25 år. Dette virker litt pessimistisk, men er empirisk prøvbart.

da vekst, tiltak og andre endringer opphører. Tiltaksårene og første og siste år i driftsperioden er spesifikke for hvert alternativ. De henger sammen slik at hvis første tiltaksår er 1, er første driftsår også 1 og siste driftsår 25.

Vi kan derfor sette opp en tabell som gjelder for hele nyttekostnadsanalysen:

Tabell 11.1. Felles begivenheter og veksttaksrifter i alle alternativer

	År 2000	År 2001	År 2020
Henføningsår						
Prediksjonsår p1						
...						
Endringsår e1						
...						
Veksttaksrifte						

I rutene noteres detaljer om de begivenhetene som skjer, slik som navnet på de nye OD- og kostnadsmatrisene, den gamle og den nye vekstakta osv.

Basert på tabell 11.1 kan man så lage en større tabell for hvert av alternativene, tabell 11.2.

Tabell 11.2. Begivenheter og veksttaksrifter i alternativ nr. x

	År 2000	År 2001	År 2020	År 20xx
Henføningsår							
Prediksjonsår p1							
...							
Endringsår e1							
...							
Veksttaksrifte							
Tiltaksår t1							
...							
Første driftsår							
Siste driftsår							

Igen noteres detaljer om begivenhetene i rutene. Om man vil, kan man tenke på tabell 11.2 som et notat om hva slags input som trenges til de ulike kolonnene i et regneark, dersom man foretrekker å gjøre analysen i et regneark med årene som kolonner.

11.2.1 Underperioder og nytte- og kostnadselementer

Hvis kolonnene i vårt regneark er årene i studieperioden, er radene de forskjellige nytte- og kostnadselementene. Naturligvis vil noen av årene ikke kreve separate beregninger, men kan kopieres fra foregående år. Hvis vi grupperer årene og deler opp nytte- og kostnadselementene på en hensiktsmessig måte, vil vi få en oversikt over nøyaktig hvilke beregninger som trengs å gjøres. Vi vil da bl.a. lettere kunne

finne feil i beregningene enn hvis vi holder oss til et stort regneark med mange koplinger mellom cellene og til andre, underliggende ark.

Begivenhetene i tabell 11.2 kan påvirke ett eller flere nytte- eller kostnadselementer. Vi ønsker nå å få en oversikt over hva hvert nytte- og kostnadselement blir i enhver periode. Det gjør vi ved først å bruke tabell 11.2 til å dele inn studieperioden i *underperioder*. Underperiodene innledes av en begivenhet (eller flere samtidige begivenheter), og løper til og med året før neste begivenhet. La oss kalle årene med begivenheter T_1, T_2 osv. Våre underperioder er da $[T_1, T_2 - 1]$, $[T_2, T_3 - 1]$ osv., der klammeparentesene angir ”fra og med” og ”til og med”.

I forbindelse med dette skal henføringsår ikke regnes som en begivenhet. Veksttaktskifte skal heller *ikke* regnes som en begivenhet dersom de nytte- og kostnadselementer som påvirkes av skiftet i veksttakta, er lineære funksjoner av faktorene som endrer veksttakt. Vi illustrerer dette nedenfor. Ofte vil vi da for alle alternativene få bare en eller to underperioder i studieperioden.

Med nytte- og kostnadelementer i denne forbindelsen mener vi den nytte og de kostnader som tilfaller hver av de fire store gruppene i vår analyse: trafikantene, operatørene, det offentlige og tredjepart. Men dersom eventuell vekst berører bare deler av disse fire elementene, må vi splitte dem ytterligere opp. Dette gir vi eksempler på nedenfor.

Nytte- og kostnadselementene beregnes alltid som differansen mellom det alternativet vi beregner og nullalternativet. Vi vil kalle investeringene i år t I_t , vedlikeholdskostnader i år t D_t , trafikantnyttens i år t UB_t , operatørens resultat i år t RES_t , det offentlige skatte- og avgiftsproveny SKA_t og de eksterne kostnadene EK_t . En mer detaljert inndeling av nytte- og kostnadselementene i år t kan se slik ut:

1. For hvert tiltaksår t_1, t_2 osv. kan det forekomme en investering i infrastruktur, fellessystemer osv.: I_{t1}, I_{t2} osv. Vi antar dette er kostnader som bæres av det offentlige.
2. For hvert eneste år t i studieperioden vil det forekomme vedlikeholds- og driftskostnader D_t knyttet til infrastrukturen og fellessystemene. Vi antar dette er kostnader som bæres av de offentlige.
3. Trafikantnyttens i år t i alternativet vi beregner er $UB_t = UB_t^{bil} + UB_t^{koll} = UBP_t^{bil} + UBT_t^{bil} + UBP_t^{koll} + UBT_t^{koll}$. Vi kan altså splitte den opp i en del som vedrører bilreiser og en del som vedrører kollektivreiser. Videre kan vi, for hver av transportmåtene, splitte den i en nytte av endringer i pengekostnadene UBP og en nytte av endringer i tidsbruken UBT . Denne oppsplittingen lar seg imidlertid bare gjøre hvis nytten er beregnet med trapesformelen.
4. Resultatet til operatørene i år t , RES_t , kan naturligvis splittes i resultatet for hvert av kollektivselskapene, resultatet for parkeringsselskaper, og resultatet for bomselskaper. Resultatene kan naturligvis splittes i inntekter og kostnader, og kostnadene i driftskostnader og investeringer i materiell og innkrevings-systemer.
5. Skatte- og avgiftsinntektene for det offentlige, SKA_t , omfatter ikke investeringer og driftsutgifter under pkt. 1 og 2, og heller ikke tilskott til kollektivsel-

skapene eller inntekter fra parkerings- og bomselskapene. De omfatter kun endringer i provenyet fra skatter og avgifter på bilistene og på operatørene.

- De eksterne kostnadene EK_t omfatter ulykkes- og miljøkostnader, og muligens regionale virkninger. Normalt vil ulykkes- og miljøkostnadene være proporsjonale med trafikkarbeidet (kjøretøykilometer).

Nytte- og kostnadselementene under pkt. 1, 2 og 5 vil bli multiplisert med en skyggepris på offentlige midler. Dette vil normalt også gjelde hele RES_t . Dette er fordi vi normalt må regne med at et underskudd i kollektivselskapene vil bli dekket av offentlige kjøp eller tilskott, og at bominntekter og parkeringsinntekter tilfaller det offentlige.

11.3 Grunnleggende, mellomliggende og overordnede beregninger

Beregningene av OD-matriser og kostnadsmatriser vil vi kalle grunnleggende beregninger. De bør gjennomføres slik at vi har likevekt i hvert prediksjonsår, dvs. $\mathbf{X} = \mathbf{D}(\mathbf{G})$ og $\mathbf{G} = \mathbf{S}(\mathbf{X})$ gjelder samtidig for hver av de periodene på dagen vi beregner. Disse beregningene er behandlet i kapittel 6 og 7.

Beregningene av hvert av nytte- og kostnadselementene i prediksjonsårene bygger på disse grunnleggende beregningene. Vi kaller dem mellomliggende beregninger. De er behandlet i kapittel 8 og 9.

De overordnede beregningene dreier seg om sammenstilling av elementene og beregning av nåverdien av hvert alternativ. De behandles nedenfor. Det vil vise seg at de overordnede beregningene vi trenger å gjøre i nyttekostnadsanalysen av et alternativ er av to slag:

- For hvert år i innledningen til en underperiode – altså hvert prediksjonsår, endringsår og tiltaksår, dersom de nytte- og kostnadselementer som påvirkes av skiftet i veksttakta, ikke er lineære funksjoner av faktorene som endrer veksttakt – må vi beregne verdien av nytte- og kostnadselementene og summen av dem, *årets netto nytte*.
- For hvert slikt beregningsår beregner vi også en eller flere *annuitetsfaktorer*, som skal anvendes på elementene i dette årets netto nytte for å ta hensyn til at de skal representere alle årene i vedkommende underperiode. Vi beregner også *diskonteringsfaktorer* for å finne nåverdien av underperiodens netto nytte i henføringsåret. Annuitetsfaktorene kan være forskjellige for ulike nytte- og kostnadselementer, avhengig av om de vedrører kollektivtrafikk eller biltrafikk, og avhengig av om det eksisterer en utenfra gitt vekstrate for noen av faktorene i dette nytte- eller kostnadselementet.

11.4 Nåverdi og annuitetsfaktorer – begrepsbruk og formler

Henføringsåret er år 0. Det er T_1 år fra henføringsåret til det første året i den første underperioden, og generelt T_i år fra henføringsåret til det første året i den i-te underperioden.

La oss nå si at vi har ei liste over forskjellige slags nytte- og kostnadselementer, omtrent slik som lista ovenfor. La M_t stå for verdien av et nytte- eller kostnadselement av type M i år t . Netto nytte i år t , NN_t , er summen av verdien av alle nytte- og kostnadselementer M_t det året. Samtidig vil vi la $M(i)$ bety nåverdien av nytte- eller kostnadselement M i underperiode i , med første året i underperioden som henføringsår. Vi vil stort sett regne på hvert nytte- og kostnadselement for seg. I den forbindelsen vil vi neddiskontere i to trinn, slik at vi først beregner $M(i)$ for alle slags M og alle underperioder i , og deretter neddiskonterer videre fra første år i i underperioden til henføringsåret. Framgangsmåten begrunnes i neste avsnitt.

Nåverdien er bestemt av følgende forhold:

1. Hvilke nytter og kostnader vi skal beregne nåverdien av. Det kan f.eks. være all nytte og kostnad i alternativet vi beregner, eller det kan være bare visse typer elementer. Vi bruker altså begrepet nåverdi generelt om alle regneoperasjoner som sammenlikner størrelser som kommer til betaling eller utbetaling på ulike tidspunkter ved å henføre dem til et felles tidspunkt. Derfor må vi presisere hva vi skal ta nåverdien av.
2. Kalkulasjonsrenta r
3. Henføringsåret

Nåverdien NV er altså en funksjon av disse forholdene. F.eks kan nåverdien av M_t -elementene i underperiode i henført til første år i i underperioden skrives $M(i) = NV(\{M_t \mid t \in [T_i, T_{i+1} - 1]\}, r, T_i)$.²² Nåverdien av $M(i)$ i henføringsåret 0 kan skrives $NV(M(i), r, 0)$.

Helt generelt skriver vi $NV(M, r, T)$ for nåverdien av de daterte elementene i mengda M , henført til år T ved hjelp av kalkulasjonsrenta r .

Eksempel 1

La oss si at elementene i mengda M er et investeringsbeløp I_1 i år 0 og de årlige netto nytterne av prosjektet, $b_0 - c_0, b_1 - c_1, b_2 - c_2$ osv til $b_{24} - c_{24}$. Henføringsåret er år 0. Nåverdien av investeringen og denne rekka av årlige netto nytter $b_t - c_t$ er

$$(1) \quad W = NV(M, r, 0) = -I_1 + \sum_{t=0}^{24} \frac{b_t - c_t}{(1+r)^t}$$

Dette er nåverdien av et prosjekt slik den vanligvis presenteres, bortsett fra at vi har forutsatt at den første virkningen kommer allerede i investeringsåret, år 0.

Eksempel 2

La oss nå si at elementene i M er nåverdiene $M(i)$ ved tidspunktene T_i av nytte- eller kostnadselementene M_t for underperioden i . Vår tottrinns prosedyre går ut på å først finne $M(i)$ for alle nytte- og kostnadselementer M og alle underperioder i , og deretter finne nåverdien av alternativet som helhet,

²² $I \{M_t \mid t \in [T_i, T_{i+1} - 1]\}$ står klammeparentesen for "mengda av", streken \mid står for "som er slik at" og tegnet \in står for "er med i intervallet". Vi kan altså lese det slik: "mengda av alle M_t -elementer som er slik at t er et år i underperioden i ".

$$(2) \quad W = NV(M, r, 0) = \sum_M \sum_i \frac{M(i)}{(1+r)^T}$$

Hvis ethvert nytte- eller kostnadselement M_t som inngår i $M(i)$, inngår i enten b_t eller c_t , og ingen elementet i b_t og c_t ikke er et nytte- eller kostnadselement av typen M_t , så skulle W i eksempel 2 være lik W i eksempel 1. De to metodene bør gi samme resultat.

En annuitetsfaktor $A_{T,r}$ er nåverdien i år 0 av en årlig betaling på en krone i årene 1 til T , når renta er r . Altså

$$A_{T,r} = \frac{1}{1+r} + \frac{1}{(1+r)^2} + \dots + \frac{1}{(1+r)^T} = \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+r)^t}$$

Det kan vises at

$$(3) \quad A_{T,r} = \frac{1 - (1+r)^{-T}}{r}$$

Vi er interessert i $(1+r)A_{T,r}$, dvs. nåverdien i år 1 av den samme betalingsstrømmen. Kall denne $B_{T,r}$. Med en litt laus språkbruk kaller vi også disse B -elementene for annuitetsfaktorer. Etter enkel regning får vi

$$(4) \quad B_{T,r} = 1 + \frac{1 - (1+r)^{-T+1}}{r}$$

Anta nå at et nytte- eller kostnadselement M_t har samme verdi M_i i alle år i i en underperiode i . Siden det er $T_{i+1} - T_i$ år i underperiode i , får vi *idette tilfellet* at

$$(5) \quad M(i) = M_i B_{T_{i+1}-T_i, r}$$

Dette er grunnlaget for at det kan være greiere å anvende metoden i eksempel 2 til å beregne nåverdien av alternativet enn metoden i eksempel 1. Imidlertid blir det ikke virkelig greiere før vi også har en fast vekstrate for M_t i hele underperioden, eller eventuelt flere ulike vekstrater. Dette vises i neste avsnitt.

11.5 Å ta hensyn til en utenfra gitt vekstrate

Vi bruker vekst i en eller flere av faktorene som bestemmer trafikantnyttens som eksempel.

Anta vi benytter trapesformelen til å beregne trafikantnyttens i det enkelte år og at det ikke finnes køproblemer. Hvis vi da er villig til å si at alle endringer i priser, kjøretider, frekvenser – kort sagt alle endringer i generaliserte kostnader – gjennomføres samlet ved innledningen til en underperiode, så kan vi nøye oss med å beregne trafikantnyttens for dette ene året. Vi trenger følgelig heller ingen OD-matriser og kostnadsmatriser for andre år.

Øker vi alle a -ene og b -ene i matrise-estimeringsproblemet med v prosent, vil alle trafikkvolumer på reiserelasjonene øke med den samme prosenten. Videre vil andelen som velger hver transportmåte være den samme, uansett det totale reise-

volumet på reiserelasjonen. Dette er fakta om våre metoder for matrise-estimering og fordeling av trafikken på transportmidler. Disse fakta sammen med at trafikantnyttens er en lineær funksjon av trafikkvolumene, er årsaka til at beregningene kan baseres direkte på data for det første året i underperioden aleine.

Måler vi trafikantnyttens UB med trapesformelen, så har vi:

$$UB = \frac{1}{2} \sum_{ijm} (G_{ijm}^0 - G_{ijm}^1) (X_{ijm}^0 + X_{ijm}^1)$$

der

- G_{ijm} er generaliserte reisekostnader på reiserelasjonen fra sone i til sone j med transportmåte m,
- X_{ijm} er antall reiser på reiserelasjonen fra sone i til sone j med transportmåte m,
- og indeks 0 betyr uten tiltaket og indeks 1 betyr med tiltaket som beregnes.

Vi ser at UB er summen av $i*j*m$ ledd som alle består av kostnadsdifferansen med og uten tiltaket, $(G_{ijm}^0 - G_{ijm}^1)$, og gjennomsnittet av antall reiser med og uten tiltaket, $\frac{1}{2}(X_{ijm}^0 + X_{ijm}^1)$. Trafikantnyttens UB er en lineær funksjon av kostnadsdifferansene fordi den kan skrives som summen av ijm ledd av forma $\alpha_{ijm}(G_{ijm}^0 - G_{ijm}^1)$, der α_{ijm} er uavhengig av kostnadene G. UB er samtidig en lineær funksjon av gjennomsnittlig antall reiser med og uten tiltaket fordi den kan skrives som summen av ijm ledd av forma $\beta_{ijm} \frac{1}{2}(X_{ijm}^0 + X_{ijm}^1)$, der β_{ijm} er uavhengig av trafikkvolumene. (X-ene og G-ene er ikke uavhengige i noen grunnleggende forstand, men kan behandles som uavhengige grunndata når de grunnleggende beregningene av transportmodellen er gjennomført).

Vekst i trafikken

Under våre forutsetninger er veksttakta fra det ene året til det neste i en underperiode den samme for alle elementer i OD-matrisen, og den samme med og uten tiltaket. Det betyr at hvis X_{ijm}^1 vokser med v prosent fra det ene året til det neste, så vokser også X_{ijm}^0 med samme prosent, og det samme gjelder for alle i, j og m. Når vi da skal beregne trafikantnyttens for det neste året i underperioden, kan vi sette vekstfaktoren $(1 + v)$ utenfor parentesen i $\frac{1}{2}(X_{ijm}^0 + X_{ijm}^1)$, slik at gjennomsnittlig antall reiser på denne reiserelasjonen i året etter blir $\frac{1}{2}(1 + v)(X_{ijm}^0 + X_{ijm}^1)$. Det samme gjelder de andre reiserelasjonene. Dermed har vi at

- Når den utenfra gitte tilveksttakta i trafikken i studieområdet fra år T til år T + 1 er v , og trafikantnyten i år T er $UB_T = \frac{1}{2} \sum_{ijm} (G_{ijm}^0 - G_{ijm}^1) (X_{ijm}^0 + X_{ijm}^1)$, så er trafikantnyten i år T + 1 lik $UB_{T+1} = \frac{1}{2} (1 + v) \sum_{ijm} (G_{ijm}^0 - G_{ijm}^1) (X_{ijm}^0 + X_{ijm}^1)$.

Vi kan altså klare oss helt ut med opplysninger om år T når vi skal beregne nyten i år (T + 1). Det samme gjelder alle etterfølgende år i underperioden.

Tilsvarende resultater vil vi f.eks. få for bompengeneinntektene, fordi de også er en lineær funksjon av trafikken over bommen. Bomavgifta b vil alltid være konstant innafør en underperiode (hvorfor?). Hvis trafikken over bommen i år T er X_T^0 uten tiltaket og X_T^1 med tiltaket, er økningen i bominntektene med tiltaket lik $b(X_T^1 - X_T^0)$. Hvis nå trafikken i studieområdet vokser med vekstraten v , vil også trafikken over bommen øke i samme takt (hva har vi forutsatt som fører til dette?). Bominntektene i år T + 1 er da $b(1 + v)(X_T^1 - X_T^0)$.

Endring i kostnadene

La oss nå se på en utenfra gitt årlig reduksjon eller økning i ett av elementene i de generaliserte kostnadene. Det kan f.eks. være innføring av moms på kollektivtakstene. Momssatsen w innføres, slik at de nye billettsatsene i år T + 1 er $(1 + w)$ ganger billettprisene i år T. Vi forutsetter at det skjer første januar i år T + 1, og at det ikke fører til overført trafikk til veg. Vi forutsetter med andre ord at år T + 1 ikke er et prediksjonsår. (Hvis vi regner med at momsen vil redusere kollektivreisene, så må vi endre OD-matrisene og kostnadsmatrisen for kollektivtrafikk, og dermed er år T + 1 et prediksjonsår).

La de generaliserte kostnadene for kollektivreiser mellom sone i og sone j i år T være $G_{ij} = p_{ij} + \theta t_{ij}$, der θ er tidsverdien og t_{ij} reisetida. Indeks 0 for uten og 1 for med tiltaket puttes på etter behov, og likeledes en ekstra indeks for årstall. La UBP stå for pengedelen av trafikantnyten og UBT for tidskostnadsdelen. Vi får da at trafikantnyten for kollektivtransport i år T + 1 er:

$$\begin{aligned} UB_{T+1}^{koll} &= \frac{1}{2} \sum_{ij} (G_{ij,T+1}^0 - G_{ij,T+1}^1) (X_{ij}^0 + X_{ij}^1) \\ &= \frac{1}{2} \sum_{ij} [(1 + w)(p_{ij}^0 - p_{ij}^1) + \theta(t_{ij}^0 - t_{ij}^1)] (X_{ij}^0 + X_{ij}^1) \\ &= (1 + w) \frac{1}{2} \sum_{ij} (p_{ij}^0 - p_{ij}^1) (X_{ij}^0 + X_{ij}^1) + \frac{1}{2} \theta \sum_{ij} (t_{ij}^0 - t_{ij}^1) (X_{ij}^0 + X_{ij}^1) \\ &= (1 + w) UBP_T^{koll} + UBT_T^{koll} \end{aligned}$$

Her får vi altså at siden trafikantnyten for kollektivtrafikk er lineær i generaliserte kostnader og generaliserte kostnader er lineære i billettprisen, vokser pengedelen av trafikantnyten for kollektiv med w , mens tidsdelen er den samme i år T + 1 som i år T. Trafikantnyten for bilistene, UB_{T+1}^{bil} , er uendret (lik $UB_T^{bil} = UBP_T^{bil} + UBT_T^{bil}$). For å gjøre det helt klart, så er det trafikantnyten av et uspesifisert

tiltak som endret billettprisen og reisetida på en eller flere reiserelasjoner vi beregner her. Momsinnføringen er ikke et tiltak som vi skal beregne nytte og kostnader av, men en utenfra gitt endring i rammebetingelsene fra og med år $T + 1$. Den virker på samme måte enten vi gjennomfører tiltaket vårt eller ikke.

Poenget med alt dette er at *ved å spesifisere nytte- og kostnadselementene så fint at de elementene som vekstratene virker på, skilles ut fra de som de ikke virker på, så kan vi nøye oss med å beregne verdien av nytte- og kostnadselementene i det første året av en underperiode. Dermed reduserer vi regnearbeidet betraktelig, spesielt hvis det er få underperioder. Vi får også bedre oversikt over de få grunnleggende beregningene som gjenstår.*

11.5.1 Modifiserte annuitetsfaktorer med vekst

Vi bruker fremdeles trafikantnyttens som eksempel. Nåverdien av trafikantnyttens i år $(T + 1)$, henført til år i , er $(1/(1+r))UB_{T+1}$, der r er kalkulasjonsrenta. Anta at trafikken på alle reiserelasjoner vokser med vekstraten v fra år T til år $T + 1$. Denne nåverdien kan da videre skrives

$$\frac{1}{1+r}UB_{T+1} = \frac{1+v}{1+r}UB_T = \frac{1}{1+\frac{r-v}{1+v}}UB_T$$

siden vi har:

$$(6) \quad \frac{1+v}{1+r} = \frac{1}{1+\frac{r-v}{1+v}}$$

Riktig framgangsmåte er derfor å bruke kalkulasjonsrenta $(r-v)/(1+v)$ og trafikkvolumene fra det første året i underperiode nr. i til å beregne nåverdien av trafikantnyttens. Med henføringsår satt til det første året i underperioden, T_i , og med trafikkvolumene i dette året med og uten tiltak skrevet uten indeks for år, blir nåverdien:

$$UB(i) = \left[\frac{1}{2} \sum_{ijm} (G_{ijm}^0 - G_{ijm}) (X_{ijm}^0 + X_{ijm}) \right] \left[\sum_{t=T_i}^{T_{i+1}-1} \frac{1}{\left(1 + \frac{r-v}{1+v}\right)^{t-T_i}} \right] = UB_{T_i} B_{T_{i+1}-T_i, \frac{r-v}{1+v}}$$

Faktoren $B(T_{i+1} - T_i, (r-v)/(1+v))$ kan beregnes på forhånd med (3) og vil være en fast annuitetsfaktor.

Det samme prinsippet gjelder alle elementer i nyttekostnadsberegningene som er lineært avhengige av trafikkvolumer. Det kan være bompenginntekter, parke- ringsinntekter, billettinntekter, en mindre del av kollektivselskapets kostnader samt miljø- og ulykkeskostnader på vegsida. Elementer i nytteberegningene som ikke avhenger av trafikkvolumer, skal derimot neddiskonteres med r .

La oss nå se på et nytte- eller kostnadselement av forma GX. Anta at det foregår en årlig vekst i trafikken X og en årlig vekst i realverdien av kostnadene G. Etter et år har dette elementet vokst til $(1 + w)(1 + v)GX = (1 + v + w + vw)GX$. Ettersom vw er et svært lite ledd, kan vi utelate det. Vi får at vi kan bruke samme framgangsmåte også i dette tilfellet, bare vi erstatter v i formelen over med $v + w$.

La oss nå se på et generelt tilfelle der vi har et nytte- og kostnadselement M som har verdien M_{T_i} i år T_i , det første året i underperiode i . Dette elementet vokser med vekstraten v_1 i de første t_1 åra av underperioden, v_2 i de neste t_2 åra, og til slutt v_n i de siste t_n åra. Formelen for $M(i)$ blir

$$\begin{aligned}
 M(i) &= \\
 &= M_{T_i} \left(\sum_{t=T_i}^{T_i+t_1} \frac{1}{\left(1 + \frac{r-v_1}{1+v_1}\right)^{t-T_i}} + \frac{(1+v_1)^{t_1}}{(1+r)^{t_1}} \sum_{t=T_i+t_1+1}^{T_i+t_1+t_2} \frac{1}{\left(1 + \frac{r-v_2}{1+v_2}\right)^{t-T_i-t_1}} + \dots \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\prod_{k=1}^{n-1} (1+v_k)^{t_k}}{(1+r)^{\sum_{k=1}^{n-1} t_k}} \sum_{t=T_i+\sum_{k=1}^{n-1} t_k+1}^{T_i+\sum_{k=1}^n t_k} \frac{1}{\left(1 + \frac{r-v_n}{1+v_n}\right)^{t-T_i-\sum_{k=1}^{n-1} t_k}} \right) \\
 &= M_{T_i} \left(B_{t_1, \frac{r-v_1}{1+v_1}} + \left(\frac{1+v_1}{1+r}\right)^{t_1} A_{t_2, \frac{r-v_2}{1+v_2}} + \dots + \frac{\prod_{k=1}^{n-1} (1+v_k)^{t_k}}{(1+r)^{\sum_{k=1}^{n-1} t_k}} A_{t_n, \frac{r-v_n}{1+v_n}} \right) \\
 (7) \quad &= M_{T_i} D_M(i, r, \mathbf{t}, \mathbf{v})
 \end{aligned}$$

Vi har kalt annuitetsfaktoren D_M for å markere at den kan være spesiell for nytte- og kostnadsfaktoren M . D_M skal ta hensyn til vekstratene v_1, v_2 osv. i de ulike delene av underperioden i . Men disse vekstratene kan være spesifikke for dette nytte- og kostnadselementet. Og som vi så, kan vi noen ganger måtte spesifisere nytte- og kostnadselementene på ganske oppdelt nivå for å få isolert det elementet som vokser.

Det forekommer at man anslår nyskapt trafikk ved å anta en raskere årlig vekst med enn uten tiltaket. Dette er en framgangsmåte vi aldri vil benytte, og det er ikke det tilfellet som dekkes av formelen. Tvert imot må veksten være lik med og uten tiltaket.

11.6 Beregningsarbeidet på mellomliggende og overordnet nivå sammenfattet

Etter denne gjennomgangen er det klart at beregningsarbeidet på overordnet nivå kan sammenfattes slik:

1. Som start på beregningsarbeidet foreligger det ei liste over de nytte- og kostnadselementene som skal være med i analysen. Denne er tilstrekkelig oppdelt til at eventuelle vekstfaktorer som virker, virker på hele nytte- eller kostnadselementet på samme måte.
2. Studieperioden deles i underperioder slik at endringer i reisevolumer og reisekostnader finner sted i første år i underperioden. Disse endringene kan skyldes tiltak, en utenfra gitt politikk eller nye transportmodell-beregninger for dette året.
3. For alle slike første år i en underperiode beregnes alle nyttekostnadselementene. Dvs. vi beregner M_{Ti} for alle M og i .
4. Den medfølgende "annuitetsfaktoren" $D_M(i,r,t,v)$ beregnes for alle M og i .
5. Produktet $M_{Ti}D_M(i,r,t,v)$ neddiskonteres til henføringsåret ved bruk av diskonteringsfaktoren $\delta(i,r) = \frac{1}{(1+r)^i}$.
6. Dersom det dreier seg om et nytte- eller kostnadselement som påvirker offentlige finanser, multipliseres med skyggeprisen på offentlige midler, $(1 + \lambda)$.
7. Alle elementer $\delta(i,r)M_{Ti}D_M(i,r,t,v)$ (eventuelt $(1 + \lambda)\delta(i,r)M_{Ti}D_M(i,r,t,v)$) summeres.

11.7 Investeringskostnader

Det siste elementet i vår nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak er investeringskostnadene vedrørende infrastrukturen. De kommer som regel først i studieperioden vi ser på, ofte i det samme året som vi bruker som henføringsår for nåverdi-beregningen. Dersom byggeperioden ikke er ganske kort, må kostnadene i det enkelte byggeåret likevel neddiskonteres til en nåverdi i henføringsåret. Dette er i virkeligheten det samme som å beregne byggelånsrenter under byggetida.

For hvert alternativ må det etableres et best mulig kostnadsanslag for de prosjektene som er med. Samtidig må byggetida for hvert prosjekt anslås, og i de store og tunge prosjektene også hvordan kostnadene påløper over byggetida. Det gir grunnlaget for beregning av nåverdien av investeringskostnadene.

Det viser seg i praksis at det knytter seg atskillig usikkerhet til byggekostnadene. Den må drøftes. For virkelig store prosjekter kan det gjøres med utgangspunkt i prosjektet for styring av statlige investeringer (innstilling avgitt til Finansdepartementet 10. februar 1999) og NOU 1999:28 Gardermoprojektet.

12 Presentasjonen

Nyttekostnadsanalysen bør presenteres ved hjelp av tekst og sammenfattende tabeller. Den innledende redegjørelsen for hva prosjektet går ut på og hvordan man har grepet arbeidet an, kan gjerne følge opplegget i avsnitt 4.3. Deretter må man gjøre greie for hvilke metoder og hjelpeverktøy som er anvendt, og hvilke forutsetninger som er lagt til grunn ved beregningene. Resultatene presenteres i tabeller som kommenteres. Deretter må en ta for seg usikkerheten i analysene, og si klart hvordan den er behandlet. Spesielle ledsagende analyser, som følsomhetsanalyser og analyser av fordelingsvirkninger, behandles til slutt, før det trekkes en konklusjon.

Her er noen punkter å tenke gjennom både før, under og etter det avsluttende arbeidet med å presentere resultatene:

- Er presentasjonen av resultatene oppdelt slik at folk som ikke er enige i verdsettingene i analysen, likevel kan bruke den til å gjøre sine egne vurderinger? (Jfr. NOU 1997:27).
- Er alle forutsetninger klart beskrevet, helst i den grad at summariske overslag med andre forutsetninger er mulig?
- Er metodene som er brukt, klart beskrevet?
- Er alle usikkerhetsmomentene pekt ut?
- Er oppfølgende analyser skissert, dersom de ansees nødvendige?
- Er rapporten egnet til å danne grunnlag for en demokratisk diskusjon og beslutningsprosess?

Krav til presentasjonen av analysen er også tatt opp i pkt. 1.3.

12.1 Tabell 1 – hovedresultatene fra analysen

Kollektivprosjekter og lokale samferdselspolitiske tiltakspakker vil ofte vil ha virkninger for biltrafikken, busstrafikken og trafikken med bane. En nyttekostnadsanalyse av et slikt tiltak blir nødvendigvis komplisert. Nyttens og kostnadene tilfaller mange forskjellige aktører. Vi har et behov for å presentere det sammensatte resultatet på en oversiktig måte, uten å stikke under en stol hvem som tjener og hvem som taper på tiltaket. Tabell 1 skal tjene til å gi en slik totaloversikt.

Tabell 1 er organisert slik at alle berørte grupper er samlet i fire hovedklasser: Trafikanter, operatører, det offentlige og tredjepart.

Under trafikanter er det tre kolonner. De to første deler trafikantene i to grupper etter *reisehensikt*. Fritidsreiser og reiser til og fra arbeid er gruppert sammen i den

første kolonnen, men reiser i arbeid (tjenestereiser) er kolonne nummer to. Den tredje kolonnen gjelder godstransport.

NSB er egen kolonne under "operatører", mens andre kollektivtransportører, hva enten det er på jernbanen eller på veg, har fått kolonne nummer to. Operatører i parkeringsmarkedet og bomselskaper har fått en kolonne hver.

I hovedklassen "det offentlige" har Jernbaneverket, Vegvesenet og det offentlige forøvrig hver sin kolonne, mens hovedklassen "tredjepart" er ment å omfatte de partene som blir påført eksterne virkninger. Noen av disse vil befinne seg umiddelbart i nærheten av jernbaneanlegget eller veger som blir påvirket (kolonnen "lokalt"), mens kolonnen "regionalt" er ment å bestå av bedrifter som får mulighet til økt produktivitet, tilgang til nye markeder eller reduserte lagerkostnader, bedrifter eller personer som får nytte av å omlokalisere seg når prosjektet realiseres, samt individer som får nytte av redusert regional eller global forurensning. Vi har markert i tabellen at det er problematisk å anslå noen av disse virkningene. Vi har heller ikke gitt noen metode til å beregne dem i denne veilederen.

Ved praktisk bruk av tabell 1 kan man naturligvis fjerne kolonner man ikke har bruk for, eller ta dem i bruk til andre reisehensikter eller operatører.

Linjene i tabellen representerer nytte- og kostnadsarter, som det finnes fire av: Tidskostnader, monetære kostnader, ulykkeskostnader og miljøkostnader. For tids- og pengemessige kostnader har vi satt av en linje til hver transportmåte.

Vi har også valgt i tabell 1 å ignorere trafikkens fordeling på perioder med høy og lav belastning. Dette kan imidlertid gjøres istedet for inndelingen etter reisehensikt. Endelig er nytten for gående og syklende ikke tatt med i tabellen, siden den er vanskelig å kvantifisere og ofte blir satt til null uansett.

Anta nå at en vil studere hvilke grupper som får fordelene og hvilke som får ulempene ved et prosjekt. En må da ta utgangspunkt i kolonnene i tabellen. Det er imidlertid vanskelig å si at hver kolonne representerer en identifiserbar gruppe av individer eller bedrifter. Vi må derfor begynne med en grov oppdeling av de berørte gruppene i *næringsliv* på den ene sida og *hushold og enkeltindivider* på den andre. Det skulle være relativt trygt å identifisere "nytte for næringslivet utenom transportsektoren" med summen av nytten i kolonnene for tjenestereiser, gods og den øverste delen av "tredjepart"-kolonnen. Nytte for hushold og enkeltindivider kan tilsvarende identifiseres med summen av kolonnen for fritids- og arbeidsreiser og den nedre delen av kolonnen for "tredjepart". De øvrige kolonnene representerer hver sin gruppe på en mer entydig måte, nemlig etater og operatørselskaper i transportsektoren. En finere fordeling av fordelene og ulempene enn dette vil måtte gjennomføres som en egen analyse og rapporteres i et eget skjema.

En kunne tro at linjene i tabellen ga mulighet til f.eks. å dele opp individer og hushold i "bilister", "bussbrukere" og "brukere av skinnegående transport". Dette blir imidlertid en grov og omtrentlig oppdeling. Noen av dem som var bilister før prosjektet, kan jo f.eks. ha blitt brukere av toget etterpå. Jo mer uelastisk vi antar etterspørselen er i et av disse markedene, jo mer presis kan nok en slik oppdeling være. Vi vil likevel advare mot *ukritisk* bruk av en slik oppdeling, sjøl om det er klart at den i enkelte tilfeller kan belyse fordelingsspørsmål.

I tabell 1 har vi ført inn i de enkelte cellene henvisninger til det kapitlet i veilederen hvor beregning av vedkommende nytteelement er behandlet.

12.2 Samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk analyse

Det er en gammel grunnregel i nyttekostnadsanalyse at rene overføringer fra den ene til den andre gruppa ikke skal tas med. Analysen blir imidlertid ikke endret ved at vi tar med overføringene *to ganger*, en gang som kostnad for den ene gruppa, og en gang som inntekt for den andre gruppa. Det er to fordeler med en slik framgangsmåte. For det første kommer vi et langt steg i retning av å kunne lese ut det bedriftsøkonomiske resultatet for hver gruppe av et samfunnsøkonomisk oversiktsbilde som tabell 1. Og for det andre åpner det for muligheten av å behandle en krone tjent for den ene gruppa på en annen måte enn en krone tjent for den andre.

Et eksempel på at en krone ikke alltid er en krone har vi i Finansdepartementets bestemmelse om å innføre en skyggepris på offentlige midler. En krone som kommer inn i offentlige kasser som følge av prosjektet, skal altså regnes som verdt kr. 1,20 i den samfunnsøkonomiske analysen. Årsaka er at skattlegging gir opphav til ineffektive tilpasninger i økonomien. Dette forslaget kan lett gjennomføres ved å verdsette alle resurser som brukes eller spares i prosjektet til prisen inkludert skatter og avgifter, og så *eventuelt* ta skattene og avgiftene som inntekt i kolonnen ”stat, fylke, kommune”, samtidig som alle kostnader og inntekter i de tre kolonnene for det offentlige multipliseres med 1,2.

Når skal skattene og avgiftene tas som inntekt i kolonnen ”stat, fylke, kommune”? Det er når ressursene som *brukes* i prosjektet, er nyprodusert for prosjektet, eller tas fra anvendelser der de ikke er pålagt skatter og avgifter, og når ressursene som *spares* i prosjektet, ikke lenger behøver å produseres, eller vil bli satt inn i anvendelser der de ikke er pålagt skatter og avgifter. I det tilfellet er den virkelige samfunnsøkonomiske verdien av ressursen lik produsentprisen, altså pris eksklusive skatter og avgifter. Og det er nettopp dette vi verdsetter ressursen til hvis vi først fører den opp inklusive skatter og avgifter i en av våre kolonner, og dernest fører skattene og avgiftene som inntekt i kolonnen ”stat, fylke, kommune”.

Når derimot ressursbruken i vårt prosjekt går på bekostning av andre som kunne tenke seg å bruke ressursen, enten til forbruk eller som innsatsfaktor i sin produksjon, er den virkelige samfunnsøkonomiske verdien av ressursen lik det disse ville vært villig til å betale for den, dvs. prisen inklusive skatter og avgifter. Vi skal da *ikke* korrigere den prisen inklusive avgifter som vi opprinnelig førte opp i en av våre kolonner. Dvs. vi skal ikke regne skattene og avgiftene på ressursbruken som inntekt for det offentlige i dette tilfellet. Reint praktisk ser en det hvis en husker på at hvis ikke prosjektet hadde lagt beslag på ressursene, ville de blitt benyttet andre steder, og dermed ville skattene og avgiftene ha kommet inn i alle tilfeller.

Kostnadsberegningssutvalget har foreslått at man som hovedregel verdsetter ressursene i nyttekostnadsanalyser til produsentprisen. Dette innebærer altså at skatter og avgifter tas til inntekt i kolonnen for ”stat, fylke og kommune”. Uansett hva som måtte være riktig i det enkelte tilfellet, å føre opp endringen i offentlige avgiftsinntekter og skatteinntekter eller ikke, så skal man altså under enhver om-

stendighet bruke pris *inklusive* skatter og avgifter når ressursbruken eller resursbesparelsen føres opp i en av de andre kolonnene. Korreksjonen av prisene brukerne står overfor, med sikte på å få fram de virkelige samfunnsøkonomiske verdiene, skjer gjennom å behandle skatter og avgifter på den rette måten i kolonnen for ”stat, fylke og kommune”, samt å ta hensyn til eksterne kostnader knyttet til ressursbruken i kolonnene for ”tredjepart”.

Vår metode tar oss et langt steg i retning av å kunne anslå den bedriftsøkonomiske virkningen av prosjektet for de operatørene som er spesifisert i tabell 1. Det som nå skiller de samfunnsøkonomiske virkningene for en operatør, slik de er uttrykt i en kolonne i tabell 1, fra de bedriftsøkonomiske virkningene, er to forhold. For det første kan kapitalkostnadene til operatøren avvike fra de samfunnsøkonomisk beregnede kapitalkostnadene fordi operatøren står overfor andre brukerkostnader for kapital enn de som den samfunnsøkonomiske kalkulasjonsrenta tilsier. For det andre har vi ikke tatt hensyn til bedriftsskattene. Vi vil se bort fra begge disse forholdene. Uansett vil vi tolke nåverdien for den enkelte operatørkolonne som den bedriftsøkonomiske virkningen av prosjektet for denne operatøren, mens den samlede nåverdien av prosjektet gir den samfunnsøkonomiske virkningen.

Tabell 1. Nyttekostnadsanalyser av kollektivtiltak, hovedresultater

Beskriv her hvilket prosjekt og alternativ det dreier seg om, hvor data for beregningene er hentet fra, og hvilke forutsetninger som er gjort: Nåverdi, henført til år 200x.

Nytte-/kostnadsart	Trafikanter			Operatører				Det offentlige			Tredjepart		
	Fritid/ arbeid	I tjeneste	Gods	NSB	Andre koll.	Parke- ring	Bom- selskap	JBV	Veg- vesen	Stat,fylke, kommune	Lokalt	Regio- nalt	
Investering	-	-	-	-	-	-	-	11	11	11			
Nytte av	Bil	8	8	8	Irrelevant		8-9	8-9	Irrelev.	8	8		
penge- kostnads- endringer	Bane	8	8	8	8-9	8-9	Irrelevant		8	Irrelev.	8	Problematisk	
	Buss	8	8	8	8-9	8-9	8-9	8-9		8	8		
Nytte av tidskostnads- endringer	Bil	8	8	8									
	Bane	8	8	8								Irrelevant	
	Buss	8	8	8									
Ulykkes- red./økn.											8		
Miljø- gevinst/- kostnad											8	8	
Kolonnesum													
Nåverdi													

12.3 Mer oppdelte resultater og ulike lønnsomhetsmål

Tabell 2 summerer nytte og kostnader for alle kolonner og nytte/kostnadsarter som vedrører trafikantene. Sluttresultatet, total trafikantnytte, inngår i lønnsomhetsberegningene i tabell 6.

Tabell 3 gjør det samme med operatørnyttene (som er lik den bedriftsøkonomiske virkninga av prosjektet). I tillegg har vi i tabell 3 spesifisert det totale resultatet for hver operatørkolonne, slik det finnes i tabell 1, på billettinntekter, offentlige kjøp, driftskostnader og kapitalkostnader. I linje 6-8 har vi videre delt den samlede "ordinære" nytten for operatørene på operatører knyttet til vegtrafikk, bane og bussdrift.

Skal vi anta at en negativ virkning for operatører i bussmarkedet og på jernbanen vil bli kompensert i form av økte offentlige kjøp av transporttjenester, eller skal vi anse rammen for slike kjøp for gitt? Dette spørsmålet har betydning fordi skattebetalernes kroner er mer verdt enn 1 krone, dvs. fordi vi har innført en skyggepris på offentlige midler. Hvis ramma ligger fast, vil linje 2 i tabell 3 bare inneholde nuller. I det tilfellet vil operatørene søke å møte et økt underskott på grunn av prosjektet gjennom effektivisering eller tilpasning i tilbudet andre steder. Eventuelle kostnader og ulemper som det vil medføre, vil normalt ikke være med i vår analyse.

Vi foreslår at for små prosjekter og med hensyn til operatører som opererer fullt ut kommersielt, skal vi anta at rammen for offentlige kjøp ikke påvirkes av prosjektet. Eventuelle virkninger som resultatendringen på grunn av prosjektet måtte ha på tilbudet andre steder, ignoreres også, idet vi antar at det skjer en effektivisering som kompenserer for dette, eller eventuelt at tilbudsendringen berører samfunnsøkonomisk marginale aktiviteter. For store prosjekter, derimot, antar vi at resultatendringen før offentlige kjøp fører til en tilsvarende justering i de offentlige kjøpene. Derved blir totalvirkningen for tog- og bussoperatørene null, og virkningen slår ut hos det offentlige i stedet (se linjene "drift/tilskott" i tabell 4). Dette er under enhver omstendighet en realistisk antakelse for de store kollektivsatsingene som Oslopakke 2, der myndighetene vil innse på forhånd at tiltakene vil endre vilkårene for kollektivtrafikken på en vesentlig måte, og at dette gjør det nødvendig å justere de offentlige kjøpene.

I hovedtabellen er ulykkes- og miljøkostnadene samlet på kolonnen "tredjepart". Dette er en forenkling. I noen tilfeller er det mulig å presentere disse virkningene fordelt på ulike aktører. Cellene for ulykker og miljø i tabell 3 og 4 gjelder den delen av disse kostnadene som bæres direkte av hhv. NSB, andre kollektivselskaper og Jernbaneverket. Det gjelder altså materielle skader og den økonomiske virkninga av skader på operatørens personale, og eventuelt også forsikringer og erstatninger til trafikantene. I det sistnevnte tilfellet må operatørens kostnader motsvares av inntekter for de skadelidte trafikantene. Vi beholder altså også her prinsippet om å føre opp resurskostnaden brutto, og ta med overføringer og kompensasjoner eksplisitt på to steder.

I tabell 4 vil investeringskostnadene for det offentlige framgå eksplisitt. Det samme gjelder endringer i drifts- og vedlikeholdskostnadene som følge av prosjektet. Vi fører disse kostnadene *enten* under Jernbaneverket, Vegvesenet eller det offentlige forøvrig, og *tar derfor ikke med overføringer internt i det offentlige*. Alle endringer i det offentliges kostnader vil bli pålagt skyggeprisen på offentlige midler i denne tabellen.

Tabell 5 kan muligens ikke gis noen standardisert form. Utformingen er i alle fall åpen for diskusjon. Vibrasjoner er ikke eksplisitt tatt med, men må regnes under støy. Derimot har vi tatt med eksplisitt virkninger for gående og syklende, hvilket ikke er vanlig. Dels er det gjort for å åpne muligheten for nyttetekostnadsberegning av tiltak som atskiller gående og syklende fra trafikken forøvrig og de eksterne virkningene den påfører dem.

Tabell 6 oppsummerer hele nyttetekostnadsanalysen, denne gangen i en aggregert form.

12.4 Sammenlikning mellom mange alternativer

Når det er mer enn ett tiltaksalternativ, er det hensiktsmessig å lage en oversikts-tabell som viser de ulike nytte- og kostnadselementene og de viktigste lønnsomhetsmålene for alle alternativene samlet. Denne tabellen vil i prinsipp kunne inneholde alle cellene i tabell 1 ordnet på rad, og ha alternativene som kolonner. En praktisk utforming kan være noe enklere, i enkleste tilfelle som tabell 7.

12.5 Fysiske indikatorer

Til hjelp ved bedømmelsen av om resultatene er rimelige og som illustrasjon av hvordan tiltaket vil virke, bør man oppgi noen hovedtall fra trafikkanalysen. Dette kan omfatte:

- Totalt antall reiser i de ulike tidsperiodene i hvert av alternativene.
- Antall reiser fordelt på transportmåte i de ulike tidsperiodene i hvert av alternativene. totalt og i prosent.
- Kjøretøykilometre med ulike typer kjøretøy i hvert av alternativene.
- Gjennomsnitts reiselengder, gjennomsnitts reisetid og gjennomsnittshastighet for hver transportmåte i de ulike tidsperiodene i hvert av alternativene.
- Nivået på priser og avgifter i de ulike alternativene.
- Prosjekter og investeringskostnader i de ulike alternativene.
- Gjennomsnittskostnader for en reise i de ulike tidsperiodene i hvert av alternativene, om mulig oppdelt på de ulike elementene.

Tabell 2. Trafikantnytte

Beskrivelse: Nåverdi eller årlig					
Trafikanter					
Nytte-/kostnadsart		Fritid/ arbeid	I tjeneste	Gods	Alle reisehensikter
Monetær nytte/ kostnad	Bil				
	Bane				
	Buss				
Monetær nytte, alle transportmåter					
Tidsgevinst/tap	Bil				
	Bane				
	Buss				
Tidsgevinst, alle transportmåter					
Ulykkesred./ økning	Alle reisehensikter og transportmåter				
Miljøgevinst/ kostnad	Alle reisehensikter og transportmåter				
Total trafikantnytte					

Tabell 3. Operatørnytte

Beskrivelse: Nåverdi eller årlig					
Operatører					
Inntekt/kostnad	NSB	Andre koll.	Parkering	Bom-selskap	Alle selskaper
1. Trafikantinntekt					
2. Offentlig kjøp					
3. Driftskostnad					
4. Kapitalkostnad					
5. Samlet "ordinær" nytte (1+2+3+4)					
6. Samlet "ordinær" nytte bil	Irrelevant				
7. Samlet "ordinær" nytte bane			Irrelevant		
8. Samlet "ordinær" nytte buss					
9. Ulykkeskostnadsred.			Irrelevant		
10. Miljøkostnadsred.			Irrelevant		
11. Total operatørnytte (5 + 9 + 10)					

Tabell 4. Det offentliges nytte

Beskrivelse: Nåverdi eller årlig. $\lambda = 0,20$ er skyggeprisen på offentlige midler.						
Det offentlige						
		JBV	Veg- vesen	Stat, fylke, kommune	Samlet	Samlet inkl. λ
Bil	Avgifter	Irrelev.				
	Drift/tilskott					
	Investering					
Bane	Avgifter	Irrelev.				
	Drift/tilskott					
	Investering					
Buss	Avgifter	Irrelev.				
	Drift/tilskott					
	Investering					
Ulykkesreduksjon			Irrelevant			
Miljøkostnadsreduksjon			Irrelevant			
Total nytte for det offentlige						

Tabell 5. Nytte for tredjepart

Beskrivelse: Årlig eller nåverdi			
Tredjepart			
Gevinst ved:	Lokalt	Regionalt	Samlet
Økonomisk utvikling			
Ulykkesred. Gående og syklende			
Ulykkesred. Beboere			
Støyred. gående og syklende			
Støyred. Beboere			
Utslippsreduksjon til luft, partikler			
Utslippsreduksjon til luft, gasser			
Annet			
Totalt			

Tabell 6. Lønnsomhetsmål

1. Total trafikantnytte (fra tab.2)	
2. Total operatørnytte (fra tab. 3)	
3. Total nytte for det offentlige, inkludert λ (fra tab.4)	
4. Total nytte tredjepart (fra tab.5)	
5. Nåverdi (1 + 2 + 3 + 4)	
6. Netto nåverdi pr budsjettkrone	
7. Offentlig finansieringsbehov (3 delt på (1 + λ))	
8. Samlet finansieringsbehov (2 + 7)	
9. Finansieringsbehov for JBV (fra tab. 4)	
10. Bedriftsøkonomisk virkning NSB BA (fra tab.3)	

Tabell 7. Oversikt over resultatene for hvert av alternativene

	Alternativ 1	Alternativ n
1. Total trafikantnytte			
2. Total operatørnytte			
3. Total nytte for det offentlige, inkludert λ			
4. Total nytte tredjepart			
5. Nåverdi (1 + 2 + 3 + 4)			
6. Netto nåverdi pr budsjettkrone			
7. Offentlig finansieringsbehov			
8. Samlet finansieringsbehov			
9. Finansieringsbehov for JBV			
10. Bedriftsøkonomisk virkning NSB BA			

Litteraturliste

- Asplan Viak (1999) *Konsekvensanalyser av kollektivtiltak – ikke prissatte konsekvenser. Høringsutgave*. Asplan Viak rapport H 99063.
- Bang, J., K. Flugsrud, S. Holtskog, G. Haakonsen, S. Larssen, K. Maldum, K. Rypdal og A. Skedsmo (1999) *Utslipp fra vegtrafikken i Norge*. SFT-rapport 99:04, Statens forurensningstilsyn, Oslo.
- Bråthen, S., K.S. Eriksen, H.M. Hjelle og M. Killi (1999) *Samfunnsøkonomiske analyser innen luftfart*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 433/1999 og Møreforskning Rapport 9903. ISBN 82-480-0095-8.
- De Borger, B., I. Mayeres, S. Proost og S. Wouters (1996) Optimal Pricing of Urban Passenger Transport. *Journal of Transport Economics and Policy* **30**(1).
- Christensen, P., R. Elvik og K.E. Hagen (1997) *Hva koster helse-, miljø- og sikkerhetsproblemer det norske samfunn?* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 377/1997. ISBN 82-480-0033-8.
- Dixit, A. og R. Pindyck (1994): *Investment under Uncertainty*. Princeton University Press.
- ECMT (1998) *Efficient Transport for Europe. Policies for Internalisation of External Costs*. European Conference of Ministers of Transport, Paris.
- ECON (1994). *Nytte-kostnadsanalyse av jernbaneinvesteringer*. ECON-rapport 105/94.
- Eriksen, K.S., T. Jensen og M. Killi (1998) *Vurdering av metodeverktøyet for nytte-kostnadsanalyse i samferdselssektorene*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 412/1998. ISBN 82-480-0071-0.
- Eriksen, K.S, T.E. Markussen og K. Pütz (1999) *Marginale kostnader ved transportvirksomhet*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 464/1999. ISBN 82-480-0129-6.
- Erlander, S. og N.F. Steward (1990) *The Gravity Model in Transportation Analysis. Theory and Extensions*. VSP BV, Utrecht.
- Finansdepartementet (1999) *Behandling av diskonteringsrente, risiko, kalkulasjonspriser og skattekostnad i samfunnsøkonomiske analyser*. R-14/99 99/5661 C.
- Finansdepartementet (2000) *Veiledning i samfunnsøkonomiske analyser*. Statens forvaltningstjeneste, Oslo.
- Jansson, J.-O. (1984) *Transport System Optimization and Pricing*. John Wiley & Sons, Chichester.

- Jensen, T. (1998) *Alternativ transportteknologi. Reduserte CO₂-utslipp fra transportsektoren*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 413/1998. ISBN 82-480-0072-9.
- Jensen, T. og K.S. Eriksen (1997) *GODMOD-3 – En makroøkonomisk modell for transportanalyser*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 345/1997. ISBN 82-7133-996-6.
- Johansson, O. (1997) Optimal road pricing: Simultaneous treatment of time losses, increased fuel consumption and emissions. *Transportation Research D* 2(2) 77-87.
- Killi, M. (1999) *Anbefalte tidsverdier i persontransport*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 459/1999. ISBN 82-480-0123-7.
- Kjørstad, K.N. (1995) *Kollektivtrafikanternes preferanser*. Oslo, Transportøkonomisk institutt, TØI rapport 312/1995. ISBN 82-7133-956-7.
- Larsen, O.I. og J. Rekdal (1997) *Transportmodeller og nytte/kostnadsmetodikk*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI notat 1058/1997 og PROSAM-rapport nr. 48.
- Lindjord, J. E. og P. Christensen (1997) *Work Package 1300: EXTRA Project*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. Arbeidsdokument TØ/957/97.
- Minken, H. (1997) ”Statistiske” stordriftsfordeler i kollektivselskaper. Oslo, Transportøkonomisk institutt. Arbeidsdokument TØ/1054/97.
- Minken, H. (1998) *Nyttekostnadsbrøken*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI notat 1098/1998.
- Minken, H. og H. Samstad (2000) *En fattigmanns transportmodell (nested CES)*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. Arbeidsdokument TØ/1239/2000.
- Neuberger, H. (1971) User benefit in the evaluation of transport and land use plans. *Journal of Transport Economics and Policy* 5, 52-75.
- Norheim, B. (1996) *Bedre kollektivtransport. Samvalgsanalyse i Oslo – metodetester og etterspørselsberegninger*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 327/1996. ISBN 82-7133-973-7.
- Norheim, B. og I. Stangeby (1993) *Bedre kollektivtransport. Oslotrafikanternes verdsetting av høyere standard*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 167/1993. ISBN 82-7133-785-8.
- Norheim, B., K.N. Kjørstad og H. Renolen (1994) *Ny giv for kollektivtrafikk i Drammensregionen*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 241/1994. ISBN 82-7133-873-0.
- NOU 1997:27 *Nytte-kostnadsanalyser. Prinsipper for lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor*.
- NOU 1998:16 *Nytte-kostnadsanalyser. Veiledning i bruk av lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor*.

- Ramjerdi, F., L. Rand, I.-A. Sætermo og K. Sælensminde (1997) *The Norwegian Value of Time Study*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI report 379/1997. ISBN 82-480-0035-4.
- Rosendahl, K.E. (1996) *Helseeffekter av luftforurensning og virkninger på økonomisk aktivitet*. Rapport 96/8. Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Rosendahl, K.E. (1999) *Vurdering av skadestofmetoden til bruk på vegprosjekt – en casestudie*. Rapport 99/5. Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Skedsmo, A. og R. Hagman (1998) *Energiforbruk og avgassutslipp fra transportmidler med tradisjonelle og alternative drivstoffer*. Teknologisk institutt, Oslo.
- Stangeby, I. (1999a) *Reisevaner i Oslo/ Akershus 1998*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI notat 1129/1999.
- Stangeby, I. (1999b) *Reisevaner i Møre og Romsdal 1998*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI notat 1130/1999.
- Stangeby, I., J.V. Haukeland, A. Skogli (1999) *Reisevaner i Norge 1998*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 418/1999. ISBN 82-480-0078-8.
- Statens vegvesen (1995) *Håndbok 140. Konsekvensanalyser*.
- Sælensminde, K. og F. Hammer (1994) *Verdsetting av miljøgoder ved bruk av samvalgsanalyse*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 251/1994. ISBN 82-7133-887-0.
- Varian, H.R. (1992) *Microeconomic Analysis. Third Edition*. W.W. Norton & Company, New York.
- Wardman, M. (1997) Inter-urban rail demand, elasticities and competition in Great Britain: evidence from direct demand models. *Transportation Research E* **33**(1).
- West Churchman, C. (1973) *Systemanalysis*. Raben & Sjögren, Stockholm.
- Wilson, A.G (1967) A statistical theory of spatial distribution models. *Transportation Research* **1** 253-269.

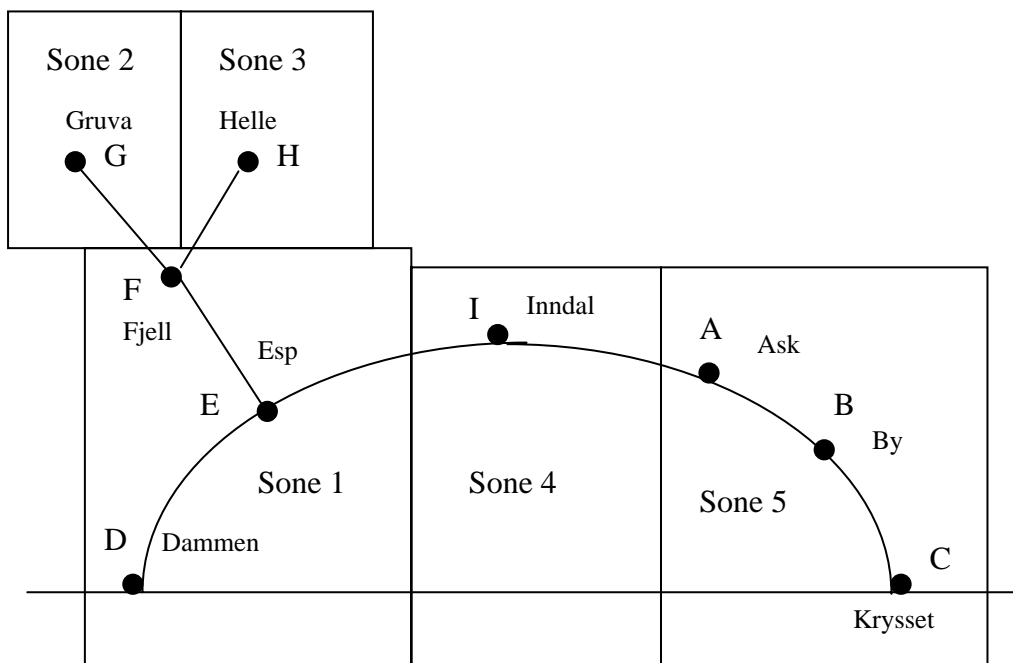
Eksempelsamling

Eksempel 1: Driftsopplegg

Mange utredninger skal vurdere alternative kollektivløsninger for et område opp mot hverandre. Valget står for eksempel mellom en bussbasert og en banebasert løsning, eventuelt også andre driftsarter. Felles for flere slike utredninger er at kun ett driftsopplegg er inkludert for hver driftsart. I dette eksemplet skal vi se hvordan driftsopplegget påvirker de fleste, om ikke alle, elementene i en nytte-kostnadsanalyse. Når de nevnte utredningene har med kun ett driftsopplegg for buss, ett for bane osv., må man spørre seg om årsaken er at det optimale opplegget for hver driftsart er lagt til grunn, eller om det er hensiktsmessig å utrede ulike driftsopplegg for hvert av de aktuelle transportmidlene. Dette kan ha betydning for hvilket alternativ som kommer best ut i den samfunnsøkonomiske analysen.

I dette eksemplet skal vi se på konsekvensene av to alternative driftsopplegg for et forbedret busstilbud i et lite tettsted.

1. Transportnettverket



Figur 1: Transportsystemet

Figur 1 viser transportnettverket i influensområdet. Sone 1 har sin sentroide i E (Esp). Dette er sentrum av et tettsted. Sone 2 er industriområdet Gruva med sentroide i G. Sone 3 er boligområdet Helle med sentroide H. I sone 4 ligger boligområdet Inndal langs lenka mellom A og E med sentroide I. I sone 5 ligger boligområdene Ask og By med By skole, og sentroiden er B.

Lenka mellom C og D er motorveg, Nyveien, hvor bussene har en gjennomsnittsfart på 80 km/t, mens bussenes gjennomsnittsfart på resten av nettverket er 40 km/t. Lengden på lenkene er:

A – B: 0,5 km	D – E: 1,0 km	F – H: 2,0 km
B – C: 1,0 km	E – F: 0,5 km	E – I: 2,0 km
C – D: 4,0 km	F – G: 1,5 km	I – A: 2,5 km

2. Driftsopplegg 0

Hver annen time kjøres følgende rundtur: Node E-F-H-F-E-I-A-E (totalt 21 minutter). På hverdager kjøres dette tilbudet i perioden kl. 7-21 og andre dager kl. 17-21. Opplegget krever kun én buss.

Det har skjedd en vesentlig utbygging i sone 5 siden dette driftsopplegget ble etablert. Opplegget tar derfor ikke hensyn til trafikkgrunnet rundt node B.

3. Driftsopplegg 1

I høybelastningsperiodene legges det vekt på transport fra boligområdene til skole og industriområde. I lavbelastningsperiodene legges det mer vekt på transport til og fra sentrum. Linje 1 bruker Gamleveien og har en gjennomsnittshastighet på 40 km/t. Linje 2 er et rushtidstilbud og bruker Nyveien. Gjennomsnittshastigheten er 80 km/t på denne lenka og 40 km/t ellers.

- Linje 1, høybelastning: Node B-A-I-E-F-G-F-H (13,75 minutter), node H-E-I-A-B (11,25 minutter). Samlet kjøretid 25 minutter. 2,5 minutter ventetid i hhv. B og H gir en rundturtid på 30 minutter. To avganger per time i periodene kl. 6-9 og kl. 14–16 på hverdager.
- Linje 1, lavbelastning: Node E-F-H-F-E-I-A-B (12 minutter), 1-2 minutter ventetid i B, node B-A-I-E (7,5 minutter). Samlet tid 21 minutter. En avgang per time i periodene kl. 9.30-13.30 og kl. 16.30-23.30 på hverdager. En avgang per time kl. 8.30-23.30 andre dager.
- Linje 2, høybelastning: Node B-C-D-E-F-G (9 minutter), kjører tom tilbake, i perioden kl. 6.15-9.15 på hverdager. Node G-F-E-D-C-B (9 minutter), kjører tom tilbake, i perioden 15.15-17.15 på hverdager. En avgang per time, midt mellom to avganger på linje 1.
- Linje 2, lavbelastning: Ikke noe tilbud

Vognbehovet i høybelastningsperioder er én buss på linje 1 og én på linje 2. I lavbelastningsperioder er det kun behov for én buss.

4. Driftsopplegg 2

- Lavbelastning: Samme rutetilbud som i lavbelastningsperiodene i opplegg 1, i tidsrommene 9.30-13.30 og 17.30-23.30 på hverdager og 8.30-23.30 andre dager.
- Høybelastning: Rundtur node B-C-D-E-F-G-F-H-F-E-I-A-B (26 minutter inkludert noe tid på snuplasser). To avganger per time kl. 6-9 og kl. 14-17.

Dette alternativet krever kun én buss i alle perioder.

5. Generelle forutsetninger

Det er 230 høybelastningsdager og 135 lavbelastningsdager per år. Analyseperioden for tiltakene er 2006 – 2030, og henføringsår 2005. Det brukes en diskonteringsrente på 6 prosent.

Det er ikke køproblemer i influensområdet. Videre ser vi bort fra reiser internt i hver sone.

6. Investering i infrastruktur

Opprusting av noen holdeplasser og snuplassene i B, G og H beløper seg til 5 millioner kroner i begge tiltaksalternativene. Anleggsarbeidet vil skje i 2005 og være ferdig til driftsstart i 2006. I 2030 står man igjen med en restverdi på 15/40 av investeringen.

7. Vedlikehold av infrastruktur

Begge tiltak medfører økte vedlikeholdskostnader for infrastrukturen på 0,5 millioner kroner per år.

8. Busselskapets kostnader

Hvert driftsopplegg genererer et vognbehov som det knytter seg kapitalkostnader til. Videre vil kostnader forbundet med drivstoff, lønn til sjåfører, daglig klar-gjøring av busser m.m. avhenge av driftsopplegget.

En del av busselskapets kostnader vil være kilometeravhengige. Utfra avgangsfrekvens og antall kilometer kjørt på hver rundtur finner vi hvilken endring i busskilometer hvert alternativ fører med seg. Resultatet er vist i tabell 1.

Tabell 1: Antall busskilometer og økning fra nullalternativet (km pr år)

	Antall busskm	Økning busskm
Nullalternativet	31 430	-
Alternativ 1	152 690	121 260
Alternativ 2	134 980	103 550

Vi antar at kostnaden per kilometer er 8 kr. Alternativ 1 medfører da en økning i kilometeravhengige kostnader på 970 080 kr, mens alternativ 2 gir en kostnadsøkning på 828 400 kr.

Busselskapet har også tidsavhengige kostnader. Disse bestemmes av

- fordelingen mellom hverdager og andre dager i løpet av et år
- antall timer med henholdsvis høy og lav belastning per dag
- kapitalkostnadene
- personalkostnadene
- klargjøringskostnadene

For a), se generelle forutsetninger. b) finnes ved hjelp av beskrivelsen av driftsopplegget. Personalkostnadene (d)) skal vi anta er 300 kr/time, mens klargjøringskostnadene (e)) er 400 kr/dag.

Kapitalkostnadene (c)) beregnes utfra innkjøpskostnad (1,35 mill kr per buss), levetid per buss (12 år), skrapverdi (300 000 kr per buss), kalkulasjonsrente (6 %) og vedlikeholds- og forsikringskostnader (40 000 kr per buss).

Da skulle vi med framgangsmåten beskrevet i kapittel 9 komme fram til følgende: Iverksetting av alternativ 1 medfører økte tidsavhengige kostnader på 1 386 982 kr, mens alternativ 2 medfører en økning på 766 741 kr.

Samlet kostnadsøkning for busselskapet er vist i tabell 2.

Tabell 2: Økning i busselskapets kostnader (kr pr år)

	Alternativ 1	Alternativ 2
Kilometeravhengige	970 080	828 400
Tidsavhengige	1 386 982	766 741
Samlet kostnadsøkning	2 357 062	1 595 141

9. Busselskapets inntekter

Driftsopplegget påvirker også etterspørselen etter bussreiser. Tiltakene betyr hyppigere avganger og bedre rutetilbud. Det er ikke planlagt noen takstøkning.

Vi ser her bort fra alle rabattordninger, men skiller mellom to takstsoner.

Tabell 3 viser taksten på de ulike relasjonene, antall reiser per år i hvert alternativ og hvilken inntektsøkning dette medfører for busselskapet. Antallet reiser er ba-

sert på OD-matriser hvor det i utgangspunktet er skilt mellom høy- og lavbelastningsperioder, men periodene er slått sammen her.

I begge alternativer øker busselskapets inntekter. Inntektene øker mest i alternativ 1, hvor busstilbudet er best og etterspørselen størst.

Tabell 3: Økning i billettinntekter (kr)

Sonepar	Takst	Antall bussreiser i nullalt.	Antall bussreiser i alt. 1	Antall bussreiser i alt. 2	Inntektsøkning alt. 1	Inntektsøkning alt. 2
1-2, 2-1	15.00	0	5 200	3 900	78 000	58 500
1-3, 3-1	15.00	30 000	37 800	34 500	117 000	67 500
1-4, 4-1	15.00	30 000	37 800	34 500	117 000	67 500
1-5, 5-1	20.00	62 500	78 750	71 875	325 000	187 500
2-3, 3-2	15.00	0	5 600	4 200	84 000	63 000
2-4, 4-2	15.00	37 500	47 250	43 125	146 250	84 375
2-5, 5-2	20.00	120 000	151 200	138 000	624 000	360 000
3-4, 4-3	15.00	25 000	31 500	28 750	97 500	56 250
3-5, 5-3	20.00	125 000	157 500	143 750	650 000	375 000
4-5, 5-4	15.00	25 000	31 500	28 750	97 500	56 250
Sum		455 000	584 100	531 350	2 336 250	1 375 875

10. Resultat for busselskapet

Økningene i kostnader og inntekter beregnet i avsnittene ovenfor kan nå sammenstilles. Tabell 4 viser endring i busselskapets resultat i de to tiltaksalternativene.

Tabell 4: Endring i busselskapets overskudd (kr pr år)

	Alternativ 1	Alternativ 2
Økte inntekter	2 336 250	1 375 875
Økte kostnader	2 357 062	1 595 141
Endring i overskudd	-20 812	-219 266

Begge alternativer gir en reduksjon i overskudd, men netto blir altså alternativ 1 det mest gunstige fra et bedriftsøkonomisk synspunkt.

11. Trafikantnytte

Til grunn for beregningene ligger OD-matriser og reisekostnadsmatriser for høy- og lavbelastningsperioder i alle alternativer. I alternativ 1 er det også skilt mellom antall reiser og reisekostnader på linje 1 og linje 2. Antallet matriser gjør at vi

velger å ikke presentere dem her. Det vises til andre eksempler for en mer utførlig framstilling av beregning av trafikantnytte.

Hvilken betydning har driftsopplegget for trafikantnytte? I nullalternativet er avgangene sjeldne, og på andre dager enn hverdager gis det ikke noe tilbud før kl. 17.00. Frekvensøkningene i tiltaksalternativene gjør både at flere ønsker å reise og at ventetidene blir betraktelig redusert for mange passasjerer. Det er ikke noe som skiller alternativ 1 og 2 i perioder med lav belastning, men i rushtid gir alternativ 1 et noe bedre tilbud og dermed høyere trafikantnytte. Resultatene fra trafikantnytteberegningen er presentert i tabell 5. Det er brukt trapesregel med data fra OD- og kostnadsmatrisene.

Tabell 5: Trafikantnytte (kr)

Periode	Alternativ 1	Alternativ 2
Høy	3 333 323	2 356 972
Lav, hverdager	1 470 931	1 470 931
Lav, andre dager	1 076 291	1 076 291
Sum	5 880 546	4 642 072

12. Eksterne kostnader

Siden de to alternative driftsoppleggene påvirker antall kjørte kilometer ulikt, vil de ikke være like med hensyn til påvirkning på ulykker og miljø.

Vi antar at en enhetskostnad per kilometer er en brukbar tilnærming til å beregne endringen i ulykkeskostnader. Tiltakene vil sannsynligvis ikke endre trafikksamsetningen vesentlig, og vi bruker derfor en gjennomsnittssats for vegtrafikk på 54 øre per kilometer.

Økningen i antall busskilometer for hvert av alternativene er vist i tabell 1. Siden vi ikke har sett på de effektene tiltakene kan ha på markedet for bilreiser, har vi så langt ikke gjort beregninger for eventuelle endringer i bilkilometer. Anta at grove beregninger gir en antatt reduksjon i bilkilometer på 300 000 og 180 000 for alternativ 1 og 2, henholdsvis. Da har vi et grunnlag for å anslå samlet endring i antall kjørte kilometer og dermed endring i ulykkeskostnader. Tabell 6 oppsummerer.

Tabell 6: Beregning av endring i ulykkeskostnader (kr pr år)

	Alternativ 1	Alternativ 2
Endring i busskm	121 260	103 550
Endring i bilkm	-300 000	-180 000
Samlet endring i km	-178 740	-76 450
Sats per km	0.54	0.54
Endring ulykkeskostnader	-96 520	-41 283

Også i beregningen av endring i utslippskostnader vil vi bruke en sats per kilometer. Vi antar at 75 prosent av trafikken er kjøring i spredtbygd strøk, mens resten foregår i tettbygd strøk. Vi bruker gjennomsnittssatser for persontrafikk. Beregningen er oppsummert i tabell 7.

Tabell 7: Endring i utslippskostnader (kr pr år)

	Alternativ 1	Alternativ 2
Tettbygd strøk:		
Endring i busskm	30 315	25 888
Endring i bilkm	-75 000	-45 000
Samlet endring i km	-44 685	-19 113
Sats per km	0.29	0.29
Endring utslipp (kr)	-12 959	-5 543
Spredtbygd strøk:		
Endring i busskm	90 945	77 663
Endring i bilkm	-225 000	-135 000
Samlet endring i km	-134 055	-57 338
Sats per km	0.18	0.18
Endring utslipp (kr)	-24 130	-10 321
Endring utslippskostnader	-37 089	-15 863

Endring i støykostnader velger vi å se bort fra her, da de etter alt å dømme ikke kan utgjøre betydelige beløp. Det bor lite folk langs de berørte vegene. Mer buss-trafikk bidrar til å øke støyplagene, samtidig som samlet trafikkreduksjon bidrar til å redusere støyen.

For eksterne kostnader sett under ett, bidrar altså alternativ 1 til en større forbedring enn alternativ 2.

13. Endring i skatte- og avgiftsinngang til det offentlige

Vi antar at alle kostnadene til busselskapet er oppført inklusive 24 prosent avgifter til det offentlige. (Dette er en forenkling, da det antakelig er knyttet ulike avgiftssatser til ulike typer kostnader.) Avgiftene er en overføring fra busselskapet til det offentlige, og skal ikke være med i netto i analysen. For å korrigere for dette, fører vi avgiftene som inntekt for det offentlige. På samme måte er de årlige kostnadene til vedlikehold oppført inklusive 24 prosent mva. som skal føres som inntekt for det offentlige.

Bilistene som går over til buss som følge av tiltaket ville ha betalt avgifter på omkring 80 øre per kilometer i nullalternativet. Dette skal trekkes fra i beregningen av skatteinngangen.

Valget av driftsopplegg påvirker både busselskapets kostnader og endringen i bil-kilometer. Dermed har driftsopplegget også betydning for endringen i skatteinngang. Tabell 8 viser beregningen av årlig endring i skatte- og avgiftsinngang.

Også investeringskostnadene på 5 millioner kr er oppgitt inklusive mva. 24 prosent av dette beløpet, dvs. 967 742 kr, skal derfor føres som skatteinngang til det offentlige i år 2005.

Tabell 8: Årlig endring i skatte og avgiftsinngang

	Alternativ 1	Alternativ 2
Driftskost. m.m., buss	2 357 062	1 595 141
Vedlikehold infrastruktur	500 000	500 000
Sum	2 857 062	2 095 141
- hvorav avgifter	552 980	405 511
Bilkm	-300 000	-180 000
- avgifter	-240 000	-144 000
Sum skatteinngang	312 980	261 511

14. Analyseperioden samlet

Vi kan nå sette opp en oversikt over årlige nytte- og kostnadselementer (tabell 9).

Alle beløp som gjelder perioden 2006 – 2030 neddiskonteres til 2005 med 6 prosent kalkulasjonsrente. Det er ingen vekstrater å ta hensyn til her.

Det skal regnes 20 prosent skattekostnad på de beløpene som berører offentlige budsjetter. Vi antar at busselskapets kostnader og inntekter i sin helhet går over offentlig budsjett. Da skal det regnes skattekostnad på følgende: Busselskapets kostnader og billettinntekter, vedlikehold infrastruktur og skatteinngangen.

Samlet resultat av nytte-kostnadsanalysen blir da som vist i tabell 10. Begge tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomme. Prioritering ved hjelp av NN/K-brøken tilsier at alternativ 1 bør velges framfor alternativ 2.

Tabell 9: Årlige nytte- og kostnadselementer

	Alternativ 1	Alternativ 2
Investering i 2005	5 000 000	5 000 000
Vedlikehold infrastruktur per år	500 000	500 000
Busselskapets kostnader per år	2 357 062	1 595 141
Billettinntekter per år	2 336 250	1 375 875
Trafikantnytte per år	5 880 546	4 642 072
Eksterne kostn. (bedring) per år	133 608	57 146
Økt skatteinngang per år	312 980	261 511
Økt skatteinngang 2005	967 742	967 742
Restverdi 2030	1 875 000	1 875 000

Tabell 10: Samfunnsøkonomisk resultat (nåverdi i 2005)

	Alternativ 1	Alternativ 2
Investering holdepl., snupl.	-6 000 000	-6 000 000
Vedlikehold infrastruktur	-7 670 014	-7 670 014
Drift m.m. for buss	-36 157 392	-24 469 505
Billettinntekter	35 838 139	21 105 960
Trafikantnytte	75 173 111	59 341 263
Red. eksterne kostnader	1 707 961	730 522
Skatteinngang	5 962 407	5 172 878
Restverdi infrastruktur	436 872	436 872
Netto nåverdi (NN)	69 291 085	48 647 978
NN per budsjettkrone	8.63	4.10

15. Konklusjoner

Vi har sett at valget av driftsopplegg påvirker de fleste elementene i analysen. Begge alternativene framstår som samfunnsøkonomisk lønnsomme, men med klart bedre netto nytte per budsjettkrone i alternativ 1.

Tenk deg at dette hadde vært en analyse hvor en bussbasert løsning skulle veies opp mot en banebasert løsning. Med et gitt driftsopplegg fikk banealternativet en NN/K-brøk på 6,00. Da ser vi at valget av driftsopplegg for bussalternativet er avgjørende for om buss- eller banebasert løsning skal anbefales utfra nytte-kostnadsanalysen.

Eksempel 2: Kalkulasjonsrente

Nivået på kalkulasjonsrenta, eller diskonteringsrenta, har vært et diskusjonstema innen nytte-kostnadsanalyse. For større prosjekter bør valget av kalkulasjonsrente baseres på en analyse av prosjektets risiko. Når det ikke gjennomføres en særskilt risikoanalyse må det uansett gjøres vurderinger av hvilken risikokategori prosjektet skal plasseres i, i henhold til Finansdepartementets rundskriv R 14/99.

Hvordan påvirkes lønnsomheten i ulike typer prosjekter av nivået på kalkulasjonsrenta? I dette eksemplet skal vi studere to typer prosjekter:

- A) En infrastrukturinvestering med store investeringskostnader i begynnelsen av analyseperioden. Årlige kostnader i løpet av perioden er relativt små, og årlig nytte relativt stor.
- B) Et driftsrettet tiltak med små investeringskostnader i starten, men større driftskostnader hvert år i analyseperioden. Årlig netto nytte blir derfor liten i forhold til prosjekt A.

En vegutbygging kan ha kjennetegnene i prosjekt A, mens beskrivelsen av prosjekt B passer for et driftstiltak i kollektivtrafikken.

For begge prosjektene er analyseperioden 2006-2030, med 2005 som henfø-ringsår.

Prosjekt A:

Investeringskostnadene er 2000 mill. kr. fordelt jevnt over anleggsperioden 2002-2005. Årlige kostnader til drift og vedlikehold av infrastrukturen er på 10 mill. kr. På nyttesiden gir prosjektet en trafikantnytte på 499 mill. kr. årlig og en reduksjon i eksterne kostnader (miljø, ulykker) på 4 mill. kr. årlig. Investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnadene er oppgitt inklusive mva. Disse avgiftene skal føres som økt skatte- og avgiftsinngang til det offentlige. Skattekostnad er ikke inkludert i de oppgitte tallene. Det skal derfor beregnes 20 prosent ekstra på de kostnadene som medfører økt finansieringsbehov over offentlige budsjetter, det vil her si investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnadene. Siden den økte skatteinngangen reduserer finansieringsbehovet skal det regnes 20 prosent på denne også, slik at samlet skattekostnad reduseres noe. Ved analyseperiodens slutt gjenstår en restverdi på 15/40 av investeringen. Denne regnes uten avgifter og skattekostnad.

Prosjekt B:

Investeringskostnadene er 20 mill. kr., og anleggsperioden er år 2005. Vedlikehold og drift av infrastrukturen beløper seg til 2 mill. kr. årlig. En operatør (f.eks. et busselskap) øker sitt underskudd på driften med 50 mill. kr. årlig. Da er det tatt hensyn til drifts- og kapitalkostnader og billettinntekter. Årlig trafikantnytte er

135 mill. kr., mens reduksjonen i eksterne kostnader er 33 mill. kr. årlig. Endret skatteinngang og skattekostnad skal beregnes som ovenfor. Det er ingen restverdi ved analyseperiodens slutt.

Disse to prosjektene rangeres likt utfra nettonytte per budsjettkrone (se tabell 1) dersom det benyttes 7 prosent kalkulasjonsrente slik det har vært vanlig for alle prosjekttyper.

Tabell 1: Nåverdi i 2005 med 7 prosent kalkulasjonsrente. Millioner kroner

	Prosjekt A	Prosjekt B
Investering	-2 220	-20
Drift/vedlikehold infrastruktur	-117	-23
Operatørens resultat	0	-583
Trafikantnytte	5 815	1 573
Reduksjon eksterne kost.	47	385
Endret skatteinngang	452	8
Skattekostnad	-377	-124
Restverdi	111	0
Netto nåverdi (NN)	3 712	1 217
NN per budsjettkrone	1.97	1.97

Vi skal se at det å endre kalkulasjonsrenta slår forskjellig ut i de to prosjektene. Dette skyldes i hovedsak den ulike fordelingen av kostnader over tida. Tabell 2 viser netto nåverdi ved kalkulasjonsrenter fra 4 til 8 prosent.

Tabell 2: Netto nåverdi og netto nåverdi per budsjettkrone

Kalkulasjonsrente (%)	Prosjekt A		Prosjekt B	
	NN	NN/K	NN	NN/K
4	5 879	3.20	1 638	1.99
5	5 046	2.73	1 476	1.98
6	4 330	2.32	1 337	1.98
7	3 712	1.97	1 217	1.97
8	3 174	1.67	1 113	1.96

Et prosjekt med en tung kostnad i starten og nytte som påløper utover i perioden, vil påvirkes mye av kalkulasjonsrenta. Med høy rente blir de framtidige nyttebe- løpene tillagt mindre vekt. Derimot vil kalkulasjonsrenta ha mindre å si for et pro- sjekt hvor kostnadene er mer jevnt fordelt over tid. Vi ser av tabell 2 at prosjekt B er mindre følsomt enn prosjekt A for endringer i kalkulasjonsrente. Vi ser også at ved det høyeste rentenivået har B bedre NN/K-brøk enn A.

En vegutbygging som prosjekt A kan vi oppfatte som en konjunkturfølsom sam- ferdselsinvestering som bør ha samme risikotillegg som et gjennomsnittlig pro- sjekt i aksjemarkedet. Ifølge Finansdepartementets anbefalinger skal det dermed brukes 8 prosent kalkulasjonsrente. En kollektivtrafikkinvestering som prosjekt B

antar vi har middels risiko, og velger 6 prosent utfra anbefalingene i departementets rundskriv. På bakgrunn av disse vurderingene rangeres prosjekt B foran prosjekt A.

Forslaget fra transportetatene om å bruke 5 prosent når det gjelder veginvesteringer og 4 prosent når det gjelder investeringer i kollektivtrafikk ville gi motsatt prioriteringsrekkefølge i eksemplet vårt (se tabell 2).

Generelt kan vi si at lavere rente vanligvis trekker lønnsomheten opp, mens høyere rente trekker den ned. Videre vil disse effektene slå sterkere ut i prosjekter med tunge kostnader i begynnelsen enn i prosjekter hvor kostnadene er mer jevnt fordelt over tida. Hvis vi sammenlikner transportetatenes forslag med Finansdepartementets anbefalinger, ser vi at det lave rentenivået i etatens forslag kan trekke i retning av å favorisere tyngre infrastrukturinvesteringer framfor mer driftsrettede tiltak.

Eksempel 3: Valg av linjenett

1 Forutsetninger

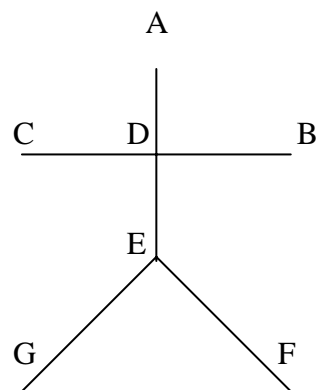
1.1 Tiltaket

Bussvik er en by på rundt 30 000 innbyggere. Det er ingen køproblemer i vegnettet, selv ikke i rushtida. Kollektivtilbudet er godt utbygd. Likevel vurderer myndighetene en kraftig forbedring. I denne forbindelsen har det kommet opp en ide om å legge om hele linjenettsstrukturen. Et spørsmål man er uenig om, er om kollektivtakstene da bør økes.

Tiltaket består altså av en foreslått omlegging av linjenettet som vil gi økt frekvens på de fleste strekninger. Vi skal analysere de samfunnsøkonomiske konsekvensene av tiltaket i to tilfeller: I det første er billettprisene de samme som før tiltaket, og i det andre økes billettprisene med den hensikt at operatøren skal få dekket noe av kostnadsøkningen ved omleggingen.

1.2 Studieområdet

Siden kollektivtilbudet omfatter Bussvik med forsteder, er dette en naturlig avgrensning av studieområdet. Boliger og arbeidsplasser er konsentrert til et fåtall områder, som er angitt med bokstaver i figur 1. De blir våre soner. Siden vi ikke tar sikte på å flytte noen holdeplasser eller betjene helt nye områder med buss, kan vi ignorere tilbringertid i problemstillingen, og identifisere sonene med de viktigste bussholdeplassene i dem. Det gir oss en enkel nettverksstruktur som i figuren. Figuren viser nodene (holdeplasser og sentroider i ett) og lenkene i nettverket. A, B og C er forsteder, D er et knutepunkt, og E, F og G er sentrale busstopp i byen. F er en større industriarbeidsplass, og G er sentrum, med butikker, offentlige arbeidsplasser osv. Hver lenke er 10 kilometer lang.



Figur 1. Soner og transportnettverk

1.3 Nullalternativet og tiltaksalternativene

Det eksisterende bussrutenettet i området kaller vi linjenett 0. Det vurderes å legge om til et alternativt rutenett, linjenett 1. Nettene er bygd opp som følger:

Nett 0	Nett 1
Linjer	Linjer
A-D-E	A-D-E-F
B-D-C	A-D-E-G
D-E	B-D-E-F
E-F	C-D-E-G
E-G	

Vi skal finne ut om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å legge om fra nett 0 til nett 1.

Nett 0 er oppbygd etter det prinsippet at det skal være lokale forbindelser langs B-C-D med linja B-C, og at det skal være direkte linje til sentrum fra A og D med linja A-E samt at det skal være lokale linjer i byen med linjene E-F og E-G.

Det alternative nettet 1 er oppbygd etter det prinsippet at det ikke skal gis noen direkte forbindelse B-C-D, men til gjengjeld flere direkte forbindelser fra forstedene til ulike steder i byen.

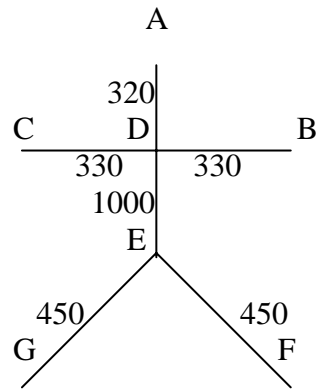
For alternativ 1 antar vi enten samme prisnivå (tilfelle A), eller 25% høyere prisnivå (tilfelle B), for å undersøke effekten av prissetting.

1.4 Etterspørsel

For enkelhets skyld behandler vi kun rushtrafikken om morgenen. Reisemønsteret om ettermiddagen kan antas å være det omvendte. Trafikken utenom rush ser vi foreløpig helt bort fra.

Oppgave: Er det uproblematisk å anta at reisemønsteret om ettermiddagen er speilbildet av reisemønsteret om morgenen?

For det eksisterende linjenettet 0 har man gjort undersøkelser ombord på bussene. Resultatet for en typisk morgenrush-time ser slik ut:



Figur 2. Lenkestrømmer, kollektiv

Det er altså observert 330 passasjerer i timen på lenka CD, det samme på lenka DB, 1000 på lenka DE osv. Nesten alle lenkestrømmer går i en retning, nemlig nedover og inn mot sentrum i figuren. Bussene i motsatt retning er altså tomme. Unntakene er en strøm på 10 passasjerer i retning fra D til B, og 30 passasjerer i retning fra D til C (begge tall inkludert i tallene i figuren).

Disse data gir oss følgende opplysninger om linje- og kolonnesummene i OD-matrisen:

Tabell 1: Data fra trafikkteiling 1 time i morgenrushet

Fra/Til	A	B	C	D	E	F	G	Sum
A								320
B								320
C								300
D								
E								
F								0
G								0
Sum	0	10	30			450	450	

Vi ser at ut fra tellinger ombord aleine, er vi ikke i stand til å fylle ut alle kolonne- og radsummer i OD-matrisen. Dette er fordi trafikken på lenke DE er så sammensatt med hensyn til hvor folk kommer fra og skal til. Vi må supplere med telling av hvor mange som kommer ombord og går av på punktene D og E. Anta at vi da får følgende bilde:

Tabell 2: Kolonne- og radsummer i OD-matrisen, 1 time i morgenrushet

Fra/Til	A	B	C	D	E	F	G	Sum
A								320
B								320
C								300
D								250
E								100
F								0
G								0
Sum	0	10	30	150	200	450	450	1290

Det lar seg lett verifisere at dataene fra tabell 2 gir opphav til de lenkestrømmene som er observert ifølge figur 2. Tabell 2 gir oss nå, sammen med de generaliserte reisekostnader på hver reiserelasjon og den gjennomsnittlige generaliserte reisekostnaden for reiser i systemet på dette tidspunktet, det datagrunnlaget vi trenger for estimering av OD-matrisen. Estimeringen er beskrevet i kapittel 6 i veglederen. Vi har ikke her gjennomført noen slik estimering, men vil anta at den gir følgende sterkt usymmetriske matrise til resultat:

Tabell 3: OD-matrise for 1999, 1 time i morgenrushet

Fra/Til	A	B	C	D	E	F	G	Sum
A	-	10	10	50	50	100	100	320
B	0	-	20	50	50	100	100	320
C	0	0	-	50	50	100	100	300
D	0	0	0	-	50	100	100	250
E	0	0	0	0	-	50	50	100
F	0	0	0	0	0	-	0	0
G	0	0	0	0	0	0	-	0
SUM	0	10	30	150	200	450	450	1290

Tabell 3 gir altså etterspørselen i 1999 i en av rushtidstimmene i det tilfellet da ingen omlegging av linjenettet har funnet sted. Vi antar at det vil være en årlig etterspørselsvekst på 1% både med og uten omleggingen. Det er den samlede virkningen av utenfra gitte forhold, som økt folketall, økt bilhold og relative prisforskyvninger mellom bil og kollektiv. I mangel av andre opplysninger vil vi anta at veksten berører alle elementer i OD-matrisen på samme måte (det motsatte

vil dessuten gi oss tekniske problemer). Mer er ikke å si om etterspørselen uten tiltaket.

Vi vender oss nå til problemet å anslå etterspørselen når linjenettsoleggingen er etablert. Etterspørselen X for det enkelte OD-par antar vi er en funksjon av generalisert kostnad G for det OD-paret:

$$(1) \quad X = a * \exp(-bG)$$

Oppgave: Kontroller i kapittel 7 at dette er en rimelig etterspørselsmodell, gitt de forutsetninger vi har gjort her.

Etterspørselsfunksjonen (1) gir en etterspørselselastisitet $\varepsilon_G = -bG$, dvs. at $\varepsilon_p = (p/G)\varepsilon_G = -bp$, jf. avsnitt 7.8 i veglederen. Det antas at $\varepsilon_p = -0,23$. Utfra et prisene i nullalternativet varierer mellom 8 og 12 kroner, velges $b = 0,023$. Nivåparameteren a skal vi senere beregne for hvert OD-par, ved hjelp av de kjente X og G fra nullalternativet.

Oppgave: Vurder om det er rimelig i vårt tilfelle å anta samme elastisitet i alle reisemarkeder.

Generaliserte reisekostnader består av tidskomponenter vurdert i kroner, samt billettprisen p . Tidskomponentene er tiden ombord på bussen, ventetid og omstigningstid.

$$(2) \quad G = p + t(v_1 * ventetid + v_2 * omstigningstid + v_3 * ombordtid)$$

I kapittel 8 finner vi at tidsverdien for reiser til og fra arbeid, her kalt t , er 41 kroner per time. Ventetid vektes med $v_1 = 1,8$ (ventetiden er under 7,5 minutter), og ombordtid med $v_3 = 1$. For omstigningstid skal vi her bruke vekten $v_2 = 1,2$.

Forventet ventetid er lik halvparten av ruteintervallet.

La oss til slutt i dette avsnittet tenke litt over hva vi har gjort. Hvorfor valgte vi oss ut en enkelt time som grunnlag for å beregne etterspørselen? Kunne vi ikke ha brukt en hel dag?

En grunn til at vi ikke bruker en hel dag, er at kollektivtilbudet ikke er det samme hele dagen. Dermed vil i det minste ventetida mellom avganger være ulik, og dermed også de generaliserte reisekostnadene. Det beste er derfor åpenbart å beregne trafikantnytte for hver periode som har ulikt tilbud.

Innafor en slik periode hvor kollektivtilbudet er det samme, kan det trenge en videre oppdeling i spesielle tilfeller. Et slikt tilfelle er hvis køsituasjonen for biltrafikken varierer i perioden. Det er ikke tilfelle her. Så hvorfor bruker vi ikke hele rushtida som en periode? I bunn og grunn må det være for å kunne holde kontroll med at systemet ikke overbelastes i timen eller halvtimen med størst etterspørsel (overfylte avganger etc.), dvs. for å kontrollere at tilbudet samsvarer med etterspørselen i alle beregningsalternativer.

Hvis vi ikke hadde hatt dette behovet, kunne vi her ha regnet hele rushtida under ett. Vi ville da ha fått en symmetrisk matrise (folk antas å ta samme vegen hjem om ettermiddagen).

1.5 Analyseperiode og prediksjonsår

Hvis rutetilbudet blir lagt om, vil det skje fra og med år 2000. Vi antar at rutetilbudet skal revideres igjen etter tre år. Analyseperioden settes til 2000-2002, dvs. 3 år. Denne tidshorisonten er vesentlig kortere enn det som er vanlig for nyttekostnadsanalyser av kollektivtiltak. Grunnen til at vi kan operere med denne korte tidshorisonten i dette tilfellet, er at vi ikke har noen investeringer i infrastruktur i tiltaket, og annenhåndsmarkedet for busser antas å fungere perfekt. Antallet busser kan derfor tilpasses optimalt på forholdsvis kort sikt. Dessuten trenger ikke kollektivtrafikantene noen langsiktig garanti når det gjelder rutetilbudet. Det antas at de kan tilpasse seg raskt.

2000 velges som prediksjonsår.

1.6 Omregning fra rushtidstime til årlige størrelser

Vi har betraktet den mest belastede timen i morgenrushet. Strengt tatt burde vi gjøre våre beregninger også for timer med mindre etterspørsel. For enkelhets skyld er beregningene i analysen gjort kun for denne ene timen. Videre har vi antatt at etterspørselen i alle timer i rushtida er den samme (bortsett fra retningen, som skifter fra morgenrush til ettermiddagsrush). For å beregne årlige størrelser vil vi bruke en omregningsfaktor basert på følgende forutsetninger: Rushtiden utgjør 6 timer per døgn (morgen og ettermiddag sammenlagt). Utenom rush regner vi 12 timer med trafikk i døgnet, og vi antar at kollektivtilbudet i disse periodene er halvparten av hva det er i rushtiden. Har vi beregnet for eksempel en kostnad T for rushtimen, blir kostnaden per døgn $[6T+(12/2)T] = 12T$. Denne ganges med 250 for å få årlig kostnad, dvs. $12 \cdot 250 \cdot T$, som blir 3000 T . Det er altså faktoren 3000 vi vil bruke i omregningen.

Oppgave: 1) Har kollektivselskapet kostnader som ikke kan fordeles likt på alle timer? Kontroller i så fall om vi tar hensyn til det i de etterfølgende beregningene. 2) Kan vi beregne trafikantnyttene for hele året ved å multiplisere med 3000, på samme måte som vi vil gjøre med kostnadene?

2 Driftsopplegg og kostnader for operatøren

Avgangsfrekvensene i linjenett 0 og linjenett 1 er oppgitt i hhv. tabell 2 og tabell 3. Lengden på den enkelte linja framkommer ved å summere over de lenkene som inngår. Anta at hastigheten er 40 km/t. Hastigheten og lengden gir oss kjøretiden. Når kjøretiden og frekvensen er kjent, finner vi kjøretøybehovet (antall busser) som produktet av de to, men dette må ganges med 2 siden tabellen viser kjøretiden kun for den ene retningen. Antallet busser ganges med en timekostnad (sjåførkostnad) på 240 kroner. Vi har da totale tidskostnader per time.

Frekvensen multiplisert med linjas lengde gir oss antall kjøretøykilometer. Også her må vi gange med to, siden tabellen oppgir lengden for kun den ene retningen. Antall kjøretøykilometer ganges med en kilometerkostnad på 11 kroner. Vi har da totale kilometerkostnader per time.

Tids- og kilometerkostnadene summeres slik at vi finner totale kostnader.

Resultatene for nett 0 og nett 1 er vist i tabellene 4 og 5.

Tabell 4: Kostnader i linjenett 0

Linjer	Frekvens avganger/t	Lengde km	Hastighet km/t	Kjøretid min	Kost/km kr	Antall busser	Totale kostnader
A-D-E	5	20	40	30	11	5	3400
B-D-E	5	20	40	30	11	5	3400
D-E	10	10	40	15	11	5	3400
E-F	6	10	40	15	11	3	2040
E-G	6	10	40	15	11	3	2040
Sum						21	14280

Tabell 5: Kostnader i linjenett 1

Linjer	Frekvens avganger/t	Lengde km	Hastighet km/t	Kjøretid min	Kost/km kr	Antall busser	Totale kostnader
A-D-E-F	4	30	40	45	240	6	4080
A-D-E-G	4	30	40	45	240	6	4080
B-D-E-F	6	30	40	45	240	9	6120
C-D-E-G	6	30	40	45	240	9	6120
Sum							20400

Det alternative nettet krever flere busser og koster 6120 kr (43%) mer, i tillegg til investeringskostnaden, vedlikeholdskostnadene og klargjøringskostnadene (se nedenfor). Antallet busskilometer i nett 0 er 840, og i nett 1 er det 1200. Vi antar at kostnadene i tabellene ovenfor ligger fast i den treårsperioden vi analyserer.

Årlige kostnader ved å drive nett 0 er dermed 14 280 kr ganger faktoren 3000 (jf. avsnitt 1.6 ovenfor), dvs. 42,84 mill. kr. For nett 1 blir tilsvarende årlige kostnader 61,2 mill. kr.

Det nye nettet krever 9 busser ekstra. Anta at disse koster 1,3 millioner kroner per buss i innkjøp, og har en levetid på 15 år. Siden levetida er 12 år lenger enn analyseperioden, opererer vi med et restbeløp på 12/15 av innkjøpsveriden. Begrepet restverdi er forklart i kapittel 2.

De 9 ekstra bussene krever også vedlikehold. Siden det er en høybelastningsperiode vi har tatt utgangspunkt i, må vi også legge til daglige klargjøringskostnader. For enkelthets skyld er både vedlikehold og klargjøringskostnader ignorert i det følgende.

Oppgave: Hvorfor er vedlikeholdskostnader og klargjøringskostnader for eksisterende busser uten interesse i regnestykket? I hvilke tilfeller kunne de være av interesse?

3 OD-matriser og reisekostnadsmatriser

3.1 Generaliserte kostnader

De tre følgende tabellene viser beregnede reisetider, ventetider, omstigningstider og disse tidene oversatt til kroner, samt pris og generalisert kostnad for samtlige OD-par. Tabell 6 gjelder linjenett 0. Tabell 7 gjelder det alternative nettet 1 med uforandrede priser, mens tabell 8 gjelder nett 1 med 25% høyere prisnivå.

Tabell 6: Tidskomponenter og generaliserte kostnader

OD-par	Intervall	Ventetid	Omstign.- tid	Ombord- tid	Gen tid min	Gen tid kr	Billett- pris	G
A-B	12	6	6	30	48	32,80	8,00	40,80
A-C	12	6	6	30	48	32,80	8,00	40,80
A-D	12	6	0	15	25,8	17,63	8,00	25,63
A-E	12	6	0	30	40,8	27,88	8,00	35,88
A-F	12	6	5	45	61,8	42,23	12,00	54,23
A-G	12	6	5	45	61,8	42,23	12,00	54,23
B-C	12	6	0	30	40,8	27,88	8,00	35,88
B-D	12	6	0	15	25,8	17,63	8,00	25,63
B-E	12	6	1,67	30	42,8	29,25	8,00	37,25
B-F	12	6	6,67	45	63,8	43,60	12,00	55,60
B-G	12	6	6,67	45	63,8	43,60	12,00	55,60
C-D	12	6	0	15	25,8	17,63	8,00	25,63
C-E	12	6	1,67	30	42,8	29,25	8,00	37,25
C-F	12	6	6,67	45	63,8	43,60	12,00	55,60
C-G	12	6	6,67	45	63,8	43,60	12,00	55,60
D-E	6	3	0	15	20,4	13,94	8,00	21,94
D-F	6	3	5	30	41,4	28,29	12,00	40,29
D-G	6	3	5	30	41,4	28,29	12,00	40,29
E-F	10	5	0	15	24	16,40	8,00	24,40
E-G	10	5	0	15	24	16,40	8,00	24,40

Tabell 7: Tidskomponenter og generalisert kostnad, nett 1, alternativ A

OD-par	Intervall	Ventetid	Omstign.- tid	Om bord- tid	Gen tid min	Gen tid kr	Billett- pris	G
A-B	7,5	3,75	5	30	42,75	29,21	8,00	37,21
A-C	7,5	3,75	5	30	42,75	29,21	8,00	37,21
A-D	7,5	3,75	0	15	21,75	14,86	8,00	22,86
A-E	7,5	3,75	0	30	36,75	25,11	8,00	33,11
A-F	15	7,5	0	45	58,5	39,98	12,00	51,98
A-G	15	7,5	0	45	58,5	39,98	12,00	51,98
B-C	10	5	5	30	45	30,75	8,00	38,75
B-D	10	5	0	15	24	16,40	8,00	24,40
B-E	10	5	0	30	39	26,65	8,00	34,65
B-F	10	5	0	45	54	36,90	12,00	48,90
B-G	10	5	5	45	60	41,00	12,00	53,00
C-D	10	5	0	15	24	16,40	8,00	24,40
C-E	10	5	0	30	39	26,65	8,00	34,65
C-F	10	5	5	45	60	41,00	12,00	53,00
C-G	10	5	0	45	54	36,90	12,00	48,90
D-E	3	1,5	0	15	17,7	12,10	8,00	20,10
D-F	3	1,5	0	30	32,7	22,35	12,00	34,35
D-G	3	1,5	0	30	32,7	22,35	12,00	34,35
E-F	6	3	0	15	20,4	13,94	8,00	21,94
E-G	6	3	0	15	20,4	13,94	8,00	21,94

Tabell 8: Tidskomponenter og generalisert kostnad, nett 1, alternativ B

OD-par	Intervall	Ventetid	Omstignings- tid	Om- bordtid	Gen tid min	Gen tid kr	Bill pris	G
A-B	7,5	3,75	5	30	42,75	29,21	10	39,21
A-C	7,5	3,75	5	30	42,75	29,21	10	39,21
A-D	7,5	3,75	0	15	21,75	14,86	10	24,86
A-E	7,5	3,75	0	30	36,75	25,11	10	35,11
A-F	15	7,5	0	45	58,50	39,98	15	54,98
A-G	15	7,5	0	45	58,50	39,98	15	54,98
B-C	10	5	5	30	45,00	30,75	10	40,75
B-D	10	5	0	15	24,00	16,40	10	26,40
B-E	10	5	0	30	39,00	26,65	10	36,65
B-F	10	5	0	45	54,00	36,90	15	51,90
B-G	10	5	5	45	60,00	41,00	15	56,00
C-D	10	5	0	15	24,00	16,40	10	26,40
C-E	10	5	0	30	39,00	26,65	10	36,65
C-F	10	5	5	45	60,00	41,00	15	56,00
C-G	10	5	0	45	54,00	36,90	15	51,90
D-E	3	1,5	0	15	17,70	12,10	10	22,10
D-F	3	1,5	0	30	32,70	22,35	15	37,35
D-G	3	1,5	0	30	32,70	22,35	15	37,35
E-F	6	3	0	15	20,40	13,94	10	23,94
E-G	6	3	0	15	20,40	13,94	10	23,94

3.2 Etterspørsel

Forventet etterspørsel i nullalternativet finnes ved å ta utgangspunkt i den kjente etterspørselen fra 1999 og legge til en vekst på 1% årlig.

Ved å sette de generaliserte kostnadene fra tabell 6 og etterspørselen fra tabell 3 inn i etterspørselsmodellen (1), får vi parameteren a for hvert OD-par.

For tiltaksalternativet finner vi deretter etterspørselen i 2000 ved å bruke etterspørselsmodellen (1) med de beregnede a -verdiene og sette inn de ulike generaliserte kostnadene G som er regnet ut i tabellene 7 og 8. Når etterspørselen i år 2000 er beregnet, finnes etterspørselen i 2001 og 2002 ved å legge til 1% årlig.

OD-matriser for hvert år i alle alternativer er vist i tabell 9. *Obs.:* Siden vi ikke i eksemplet har tatt oss bryet med å regne generaliserte kostnader og etterspørsel for lavbelastningsperioden, men rett og slett har beregnet årlig etterspørsel ved å gange høybelastningstimen med 3000, har vi her fått inn en unøyaktighet i beregningene av årlig etterspørsel i tiltaksalternativene. Denne forplanter seg til beregningen av årlig trafikantnytte. I et eksempel som dette er det uten betydning, bare man innser at i et virkelig tilfelle må vi beregne generaliserte kostnader, etterspørsel og trafikantnytte for en lavbelastningstime også.

Tabell 9: OD-matriser

OD-par	Nullalternativet			Tiltaksalt. A			Tiltaksalt. B		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
A-B	10,10	10,20	10,30	11,78	11,90	12,02	11,25	11,37	11,48
A-C	10,10	10,20	10,30	11,78	11,90	12,02	11,25	11,37	11,48
A-D	50,50	51,01	51,52	56,09	56,65	57,22	53,57	54,10	54,64
A-E	50,50	51,01	51,52	57,25	57,82	58,40	54,68	55,22	55,78
A-F	101,00	102,01	103,03	117,39	118,56	119,75	109,56	110,66	111,76
A-G	101,00	102,01	103,03	117,39	118,56	119,75	109,56	110,66	111,76
B-C	20,20	20,40	20,61	20,12	20,32	20,52	19,21	19,40	19,60
B-D	50,50	51,01	51,52	54,14	54,68	55,23	51,71	52,22	52,75
B-E	50,50	51,01	51,52	57,18	57,75	58,33	54,61	55,16	55,71
B-F	101,00	102,01	103,03	130,37	131,68	132,99	121,68	122,90	124,12
B-G	101,00	102,01	103,03	118,64	119,83	121,02	110,73	111,84	112,95
C-D	50,50	51,01	51,52	54,14	54,68	55,23	51,71	52,22	52,75
C-E	50,50	51,01	51,52	57,18	57,75	58,33	54,61	55,16	55,71
C-F	101,00	102,01	103,03	118,64	119,83	121,02	110,73	111,84	112,95
C-G	101,00	102,01	103,03	130,37	131,68	132,99	121,68	122,90	124,12
D-E	50,50	51,01	51,52	54,51	55,05	55,60	52,06	52,58	53,10
D-F	101,00	102,01	103,03	124,27	125,52	126,77	115,99	117,15	118,32
D-G	101,00	102,01	103,03	124,27	125,52	126,77	115,99	117,15	118,32
E-F	50,50	51,01	51,52	55,56	56,11	56,67	53,06	53,59	54,13
E-G	50,50	51,01	51,52	55,56	56,11	56,67	53,06	53,59	54,13
Sum	1302,9	1315,93	1329,09	1526,63	1541,9	1557,32	1436,69	1451,06	1465,57

Etterspørselen i tiltaksalternativet med uendrede priser (alternativ A) gir høyere etterspørsel enn nullalternativet, siden de generaliserte kostnadene er redusert overallt, unntatt for relasjon B-C. Også i alternativet med økte billettpriser er etterspørselen større enn i nullalternativet, men økningen er mindre enn i alternativ A.

4 Billetttinntekter og konsumentoverskudd

4.1 Biletttinntekter

Biletttinntektene beregnes ved å kombinere etterspørselen i tabell 9 med billettprisene i tabellene 6-8. Resultatene er vist i tabell 10.

Tabell 10: Billettinntekter (kr)

OD-par	Nullalternativet			Tiltaksalt. A			Tiltaksalt. B		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
A-B	81	82	82	94	95	96	113	114	115
A-C	81	82	82	94	95	96	113	114	115
A-D	404	408	412	449	453	458	536	541	546
A-E	404	408	412	458	463	467	547	552	558
A-F	1212	1224	1236	1409	1423	1437	1643	1660	1676
A-G	1212	1224	1236	1409	1423	1437	1643	1660	1676
B-C	162	163	165	161	163	164	192	194	196
B-D	404	408	412	433	437	442	517	522	527
B-E	404	408	412	457	462	467	546	552	557
B-F	1212	1224	1236	1564	1580	1596	1825	1843	1862
B-G	1212	1224	1236	1424	1438	1452	1661	1678	1694
C-D	404	408	412	433	437	442	517	522	527
C-E	404	408	412	457	462	467	546	552	557
C-F	1212	1224	1236	1424	1438	1452	1661	1678	1694
C-G	1212	1224	1236	1564	1580	1596	1825	1843	1862
D-E	404	408	412	436	440	445	521	526	531
D-F	1212	1224	1236	1491	1506	1521	1740	1757	1775
D-G	1212	1224	1236	1491	1506	1521	1740	1757	1775
E-F	404	408	412	444	449	453	531	536	541
E-G	404	408	412	444	449	453	531	536	541
Sum	13655	13792	13930	16138	16300	16463	18946	19136	19327

Summene for billettinntekter for morgenrushtimen i de respektive årene ganges med 3000 for å finne årlige størrelser, jf. avsnitt 1.6 ovenfor:

Tabell 11: Årlige billettinntekter (kr)

	2000	2001	2002
Nett 0	40 965 600	41 375 256	41 789 009
Nett 1, alt. A	48 415 349	48 899 502	49 388 497
Nett 1, alt. B	56 839 402	57 407 797	57 981 874

Som det framgår, øker billettinntektene med 1% per år, på grunn av den årlige etterspørselsveksten.

4.2 Konsumentoverskudd

For en morgenrushtime i hvert av årene 2000-2002 beregner vi hvor mye konsumentoverskuddet øker hvis nett 0 erstattes av nett 1. Fra kapittel 7 har vi nytteberegningsformelen

$$(3) \quad UB = - \int_{G_0}^{G_1} a e^{-bG} dG = \frac{a}{b} (e^{-bG_1} - e^{-bG_0})$$

der G_0 og G_1 er de generaliserte reisekostnadene henholdsvis uten og med tiltaket. ($UB = \text{user benefit}$.) Integralet beregnes for hvert OD-par i hvert av årene. Resultatene er vist i tabell 12, for tilfellet der nett 0 erstattes av nett 1 uten prisøkning, og tilfellet der nett 0 erstattes av nett 1 med prisøkning.

Tabell 12: Konsumentoverskudd (kr)

OD-par	Fra nett 0 til nett 1, alt. A			Fra nett 0 til nett 1, alt. B		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002
A-B	40,58	40,98	41,39	17,54	17,72	17,90
A-C	40,58	40,98	41,39	17,54	17,72	17,90
A-D	150,39	151,89	153,41	40,75	41,16	41,57
A-E	153,50	155,04	156,59	41,60	42,01	42,43
A-F	257,97	260,54	263,15	-82,33	-83,15	-83,98
A-G	257,97	260,54	263,15	-82,33	-83,15	-83,98
B-C	-59,68	-60,28	-60,88	-99,00	-99,99	-100,99
B-D	65,66	66,32	66,98	-40,17	-40,57	-40,98
B-E	144,14	145,58	147,03	32,36	32,69	33,01
B-F	809,14	817,23	825,40	431,22	435,53	439,88
B-G	299,05	302,04	305,06	-44,87	-45,32	-45,77
C-D	65,66	66,32	66,98	-40,17	-40,57	-40,98
C-E	144,14	145,58	147,03	32,36	32,69	33,01
C-F	299,05	302,04	305,06	-44,87	-45,32	-45,77
C-G	809,14	817,23	825,40	431,22	435,53	439,88
D-E	98,46	99,45	100,44	-8,08	-8,16	-8,25
D-F	690,52	697,43	704,40	330,27	333,58	336,91
D-G	690,52	697,43	704,40	330,27	333,58	336,91
E-F	132,87	134,20	135,55	24,28	24,52	24,77
E-G	132,87	134,20	135,55	24,28	24,52	24,77
Sum	5222,52	5274,74	5327,49	1311,88	1325,00	1338,25

Samlet sett er konsumentoverskuddene positive, men på enkelte relasjoner kommer kollektivpassasjerene dårligere ut enn i nullalternativet.

Årlige konsumentoverskudd er vist i tabell 13. (Summene fra tabell 12 multiplisert med 3000. Husk at dette er en forenkling.)

Tabell 13: Årlige konsumentoverskudd (kr)

	2000	2001	2002
Alt. A	15 667 552	15 824 228	15 982 470
Alt. B	3 935 643	3 975 000	4 014 750

5 Eksterne kostnader

Tallene i tabell 14 er hentet fra kapittel 8 i veilederen. Når det gjelder utslipp til luft, skal vi i dette eksemplet se bort fra at en del av trafikkarbeidet skjer i forsteder og en del i sentrum av byen. Satsene for tettbygd strøk er valgt.

Tabell 14: Miljø- og ulykkeskostnader per kjøretøykilometer

	Bil	Buss
Utslipp til luft	0,25 kr	2,63 kr
Ulykker	0,55 kr	0,60 kr

Det ses her bort fra støykostnader. Skulle vi ha beregnet disse, ville vi trenge data for antall støyplagede personer. Beregningen måtte gjøres for hele systemet under ett.

Nett 1 medfører 360 busskilometer mer enn nett 0, noe som bidrar til å øke de eksterne kostnadene. Samtidig bidrar nedgangen i antall bilkilometer til å redusere de eksterne kostnadene.

Hvor mye reduseres antall bilkilometer? Svaret vil være forskjellig i tilfelle A og tilfelle B, siden flere reisende vil velge buss i alternativ A. Vi antar at halvparten av de passasjerene i morgenrushtimen som kommer til som følge av omleggingen, er tidligere bilister¹. Hvis det er gjennomsnittlig 1,3 personer i hver bil, beregner vi reduksjonen i antall biler slik:

$$(4) \quad \frac{1}{2}(x_1 - x_0)/1,3 = \text{antall færre biler}$$

der x_1 og x_0 er etterspørselen med og uten tiltaket i det året omleggingen iverksettes. I tabell 15 er antallet færre biler multiplisert med antall kilometer for hvert OD-par, slik at reduksjonen i antall bilkilometer framkommer.

¹ Denne vilkårlige antakelsen kunne vært unngått om vi valgte en multimodal etterspørselsmodell. Men dette er det eneste punktet i beregningene hvor vi egentlig kunne trenge en slik modell, siden det ikke er kø på vegene.

Tabell 15: Reduksjon i antall bilkilometer

OD-par	Alternativ A Red. km	Alternativ B Red. km
A-B	12,95	8,87
A-C	12,95	8,87
A-D	21,50	11,80
A-E	51,93	32,13
A-F	189,11	98,80
A-G	189,11	98,80
B-C	-0,65	-7,61
B-D	14,00	4,64
B-E	51,40	31,62
B-F	338,90	238,60
B-G	203,53	112,26
C-D	14,00	4,64
C-E	51,40	31,62
C-F	203,53	112,26
C-G	338,90	238,60
D-E	15,41	5,99
D-F	179,03	115,29
D-G	179,03	115,29
E-F	19,45	9,84
E-G	19,45	9,84
Sum	2104,91	1282,17

Vi bruker satsene for eksterne kostnader fra tabell 14 til å beregne hva økningen i busskilometer og reduksjonen i bilkilometer tilsvarer i kroner. Beløpene ganges med faktoren 3000 for å finne årlige beløp. Resultatet er vist i tabell 16. Det er valgt å vise reduksjoner som positive tall og økninger som negative, siden reduksjoner i eksterne kostnader blir positive bidrag i nyttetekostnadsanalysen.

Tabell 16: Årlig reduksjon i eksterne kostnader

	Buss	Bil, alt. A	Bil, alt. B	Samlet, alt. A	Samlet, alt. B
Utslipp	-2 840 400	1 578 680	961 627	-1 261 720	-1 878 773
Ulykker	-648 000	3 473 097	2 115 580	2 825 097	1 467 580
Sum	-3 488 400	5 051 777	3 077 207	1 563 377	-411 193

Grunnen til at vi får motsatte fortegn i de to tilfellene A og B, er at busser har store eksterne kostnader i forhold til personbiler, og i tilfelle B er ikke reduksjonen i biltrafikk stor nok til å veie opp for dette.

6 Beregninger for hele analyseperioden

Det brukes en kalkulasjonsrente på 7%, og alle beløp neddiskonteres til år 2000.

Investerings:

Det investeres i 9 busser som hver koster 1,3 millioner kroner i 2000. Ved analyseperiodens utløp i 2002, regnes en positiv restverdi på 12/15 av anskaffelseskostnaden.

$$(5) \quad 9 \left(-1300000 + \frac{\frac{12}{15} * 1300000}{1,07^2} \right) = -3524614 \text{ kr}$$

Investeringen på 3,5 millioner kroner blir den samme i tilfellene A og B.

Operatørens overskudd:

Operatøren får monetære kostnadsendringer ved omlegging fra linjenett 0 til linjenett 1 både gjennom endring i driftskostnader og endring i billettinntekter. Fra avsnitt 2 har vi at de årlige kostnadene ved å drive nett 0 og nett 1 er henholdsvis 42, 84 og 61,2 millioner kr, det vil si en årlig kostnadsøkning på 18,36 millioner kroner ved omlegging. Totalt i analyseperioden blir det

$$(6) \quad -18360000 \left(1 + \frac{1}{1,07} + \frac{1}{1,07^2} \right) = -51555214 \text{ kr}$$

Billettinntektene finnes i tabell 11. Siden de øker med 1% per år i alle alternativer, kan utregningen av samlede økte billettinntekter gjøres slik:

Alternativ A:

$$(7) \quad (48415349 - 40965600) * \left(1 + \frac{1,01}{1,07} + \frac{1,01^2}{1,07^2} \right) = 21119443 \text{ kr}$$

Alternativ B:

$$(8) \quad (56839402 - 40965600) * \left(1 + \frac{1,01}{1,07} + \frac{1,01^2}{1,07^2} \right) = 45000960 \text{ kr}$$

Med (6), (7) og (8) blir samlet driftsunderskudd ved omlegging 30 435 771 kroner i tilfelle A og 6 554 254 kroner i tilfelle B.

Konsumentoverskudd:

De årlige beløpene hentes fra tabell 13. For alternativ A:

$$(9) \quad 15667552 + \frac{15824228}{1,07} + \frac{15982470}{1,07^2} = 44416258 \text{ kr}$$

Alternativ B:

$$(10) \quad 3935643 + \frac{3975000}{1,07} + \frac{4014750}{1,07^2} = 11157234 \text{ kr}$$

Eksterne kostnader:

Årlige reduksjoner hentes fra tabell 16. Alternativ A gir

$$(11) \quad 1563377 \left(1 + \frac{1}{1,07} + \frac{1}{1,07^2} \right) = 4389991 \text{ kr}$$

Alternativ B:

$$(12) \quad -411193 \left(1 + \frac{1}{1,07} + \frac{1}{1,07^2} \right) = -1154637 \text{ kr}$$

7 Samfunnsøkonomisk resultat

Tabellene 17 og 18 er sammenstillinger av komponentene fra analysen for hhv. tilfelle A og tilfelle B. Det beregnes en skyggepris på 20% ($\lambda = 0,20$) på operatørens driftsunderskudd og investering, siden dette skal dekkes av offentlige midler.

Tabell 17: Samfunnsøkonomisk nytte av å legge om fra nett 0 til nett 1, med samme billettakster (tilfelle A)

	Trafikanter	Operatør	Det offentlige	Tredjepart
Investering		-3 524 614 kr		
Driftsoverskudd		-30 435 771 kr		
Konsument-overskudd	44 416 258 kr			
Red. miljø- og ulykkeskostnader				4 389 991 kr
Kolonnesum	44 416 258 kr	-33 960 385 kr		4 389 991 kr
$1+\lambda$		-40 752 462 kr		
Nåverdi		8 053 787 kr		

Tabell 18: Samfunnsøkonomisk nytte av å legge om fra nett 0 til nett 1, med 25 % høyere billettakster (tilfelle B)

	Trafikanter	Operatør	Det offentlige	Tredjepart
Investering		-3 524 614 kr		
Driftsoverskudd		-6 554 254 kr		
Konsument-overskudd	11 157 234 kr			
Red. miljø- og ulykkeskostnader				-1 154 637 kr
Kolonnesum	11 157 234 kr	-10 078 868 kr		-1 154 637 kr
$1+\lambda$		-12 094 642 kr		
Nåverdi		-2 092 044 kr		

I tabell 19 sammenliknes alternativene. I tillegg er netto nytte pr budsjettkrone beregnet. Telleren i nyttekostnadsbrøken er nåverdien vi har beregnet, mens nevneren er lik investerings- og driftskostnader (offentlig finansieringsbehov) inklusive mva. på 23%.

Tabell 19. Oversikt over resultatene for hvert av alternativene

	Alternativ A	Alternativ B
1. Total trafikantnytte	44 416 258	11 157 234
2. Total operatørnytte (1+λ)	- 40 752 462	-12 094 642
3. Total nytte for det offentlige, inkludert λ		
4. Total nytte tredjepart	4 389 991	- 1 154 637
5. Nåverdi (1 + 2 + 3 + 4)	8 053 787	- 2 092 045
6. Netto nytte pr budsjettkrone	0,193	-0,169
7. Offentlig finansieringsbehov	33 960 385	10 078 868

Resultatene fra tabellene 17-19 viser at en omlegging til linjenett 1 uten økning i billettprisene (alternativ A) er et samfunnsøkonomisk lønnsomt tiltak. Omlegging til nett 1 med økning i billettprisene er derimot ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt.

8 Konklusjoner

Til tross for at det er bedriftsøkonomisk ulønnsomt å legge om linjenettet, viste analysen at det er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom billettprisene ikke økes. Dette skyldes at konsumentoverskuddet og reduksjonen i eksterne kostnader i tilfelle A er store nok til å veie opp for det bedriftsøkonomiske underskuddet.

I tilfelle B gjør prisøkningen det mindre attraktivt å velge bussen som transportmiddel. Dermed reduseres ikke biltrafikken nok til at totale eksterne kostnader går ned. Samtidig blir konsumentoverskuddet mindre enn i tilfelle A, på grunn av prisøkningen. Nytteten i tilfelle B blir derfor ikke stor nok til å veie opp for kostnadene. Det betyr at hvis det offentlige ikke ser seg råd til det økte driftstilskuddet i tilfelle A, er den nestbeste løsningen ikke å øke billettprisene med 25% som i tilfelle B, men å beholde nåværende linjenett. (Det er samtidig naturlig å konkludere med at et alternativ med noe mindre prisøkning burde vært utredet, dersom man forkaster plan A).

Underveis analyserte vi endringene på OD-nivå og ikke bare totalt. Denne framgangsmåten er nødvendig for å komme til riktig resultat. Samtidig synliggjør den hvem som taper og hvem som vinner på endringene i linjenett eller billettpriser. Dette spiller en rolle i en fordelingspolitisk diskusjon.

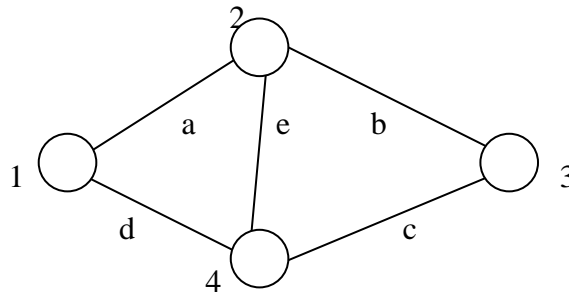
Oppgavesamling

Oppgavesamling

Oppgavesett 1: Nytteberegning med trapesformel

Nedenfor følger et sett av oppgaver knyttet til nytteberegning med trapesformelen. Formålet er å få oppgaveløseren til å trekke konklusjoner sjøl om hvilke framgangsmåter som bør velges, og hvilke som bør unngås.

Nettverket



Nettverket har fire noder 1, 2, 3 og 4, og fem lenker a, b, c, d og e. Lenkekostnadene i nullsituasjonen er:

Kostnad a = 5

Kostnad b = 3

Kostnad c = 4

Kostnad d = 4

Kostnad e = 2

Tabell 1 viser alle mulige ruter mellom nodene.

Trafikantene antas å velge laveste rutekostnad.

Etterspørselen

Etterspørselen på alle relasjoner er gitt ved funksjonen

$$X_{ij} = 10 - G_{ij} \quad i = 1,2,3,4; j = 1,2,3,4; i \neq j.$$

der i er indeksen for startnoder og j er indeksen for destinasjonsnoder. X er etterspørselen (i antall reiser) og G er generalisert kostnad (som angitt i tabellen).

Dette er altså en modell av type K1. I siste del av oppgavene vil vi også benytte modell K0.

Tabell 1: Mulige ruter mellom nodene

Ruter	Rutekost	
Ruter fra 1 til 2	a	5
	de	6
	dcb	11
Ruter fra 1 til 3	ab	8
	aec	11
	dc	8
	deb	9
Ruter fra 1 til 4	d	4
	ae	7
	abc	12
Ruter fra 2 til 3	b	3
	ec	6
	adc	13
Ruter fra 2 til 4	e	2
	ad	9
	bc	7
Ruter fra 3 til 4	c	4
	be	5
	bad	12

Tiltak

1. Tiltaket senker kostnaden på lenke d fra 4 til 2.
2. Tiltaket senker kostnaden på lenke a fra 5 til 1.
3. Tiltaket øker kostnaden på lenke e fra 2 til 10. (Dette kan ansees å være en drastisk omlegging av en kollektivrute, slik at den for alle praktiske formål blir ubrukelig for folk i våre noder).

Oppgave 1.1

Sett opp fra-/til-matrisa og kostnadsmatrisa for utgangssituasjonen.

For hvert av de tre tiltakene, sett opp fra-/til- og kostnadsmatrisa.

Oppgave 1.2

Vi ser på tiltak 1.

- a. Nyttmaksimeringsmetoden: Beregn trafikantnytte med trapesformelen.
- b. Nytteberegning ved å bruke trapesformelen på den enkelte lenka i nettverket, dvs. ved å bruke en formel av typen

$$UB = \frac{1}{2} \sum_k (g_k^0 - g_k^1)(v_k^0 + v_k^1)$$

der k er en indeks for lenkene i nettverket, g_k er lenkekostnaden og v_k er trafikken på lenka.

(OBS. Hvis to ruter har samme rutekostnad, vil vi anta at trafikken fordeler seg likt på de to rutene. Det gjelder overalt i oppgavesettet).

Sammenlikn svaret med a.

- c. Beregn differansen mellom totalkostnadene i systemet før og etter tiltaket ved å addere totalkostnadene på hver av lenkene før tiltaket, og trekke fra den tilsvarende summen av totalkostnadene på hver av lenkene etter tiltaket. Kall denne differansen A. Kjenner du til analyser som har brukt A som mål på trafikantnytta?

Ta nå etterspørselen på hvert OD-par *etter* tiltaket, og last den ut på nettet ved å bruke rutevalget fra *før* tiltaket. Finn trafikkvolumet på hver av lenkene som følger av dette. Multipliser disse lenkevolumene med lenkekostnadene fra *før* tiltaket, og adder over lenkene til en totalsum. Kall denne summen B.

På samme måte tar du etterspørselen *før* tiltaket og laster den ut på nettet med rutevalget fra *etter* tiltaket, finner trafikkvolumene på lenkene og multipliserer dem med lenkekostnadene *etter* tiltaket. Adder kostnadene over lenkene, og kall denne summen C.

Beregn trafikantnytta som $\frac{1}{2}(A + B - C)$. Sammenlikn med a og b.

Merknad: Den framgangsmåten vi her har brukt, kan beskrives ved en formel. Vi bruker indeks k til å liste opp lenkene i utgangspunktet. Vi lar K være mengden av alle disse lenkene. Når vi summerer over alle $k \in K$, betyr det at vi summerer over alle lenkene i nettverket, slik de var i utgangspunktet. Lenkene i situasjonen *med tiltaket* indekserer vi derimot med m , og lar M være mengden av alle lenker i nettverket etter tiltaket. Summerer vi over alle $m \in M$, betyr det altså alle lenkene i situasjonen med tiltaket. Hvis tiltaket innebærer nye lenker, er K og M forskjellige. Men sjøl om K og M skulle være like (som i denne oppgava), vil vi opprettholde distinksjonen mellom dem, og bruke to forskjellige indekser, k og m . La nå g_k^0 være lenkekostnaden på lenke k i utgangspunktet, og g_m^1 lenkekostnaden på lenke m med tiltaket. I denne oppgava er g_k^0 og g_m^1 uavhengig av lenketrafikken. La v_k^0 være trafikkvolumet på lenke nr. k når alle har valgt billigste rute i utgangssituasjonen, og v_m^1 trafikkvolumet på lenke m når alle har valgt billigste rute i situasjonen med tiltaket. La derimot v_m^0 være trafikkvolumet på lenke m i det forbedrede nettverket *med etterspørselen fra før-situasjonen og rutevalget fra den nye situasjonen*. La v_k^1 være trafikkvolumet på lenke k i det gamle nettverket *med*

etterspørselen fra situasjonen etter tiltaket og rutevalget fra situasjonen før tiltaket.

Trafikantnytta kan da beregnes med følgende formel:

$$UB = \frac{1}{2} \left[\sum_{k \in K} (g_k^0 v_k^0 + g_k^0 v_k^1) - \sum_{m \in M} (g_m^1 v_m^0 + g_m^1 v_m^1) \right]$$

Her er første og siste ledd i klammeparentesen lik A, andre ledd er B og tredje ledd er C.

- d. Beregn gjennomsnitts reisekostnad g i hele systemet før og etter tiltaket, og totalt reisevolum x før og etter tiltaket.

Nytteberegnet tiltaket ved å anvende trapesformelen på alle reiser i systemet, dvs. med en formel av typen

$$UB = \frac{1}{2} (g^0 - g^1) (x^0 + x^1)$$

Sammenlikn svaret med a.

Oppgave 1.3

Som oppgave 1.2, men med tiltak 2.

Oppgave 1.4

Som oppgave 1.2, men med tiltak 3.

Oppgave 1.5

Beskriv kort dine opplevelser med oppgave 1.2-1.4, og de konklusjonene du trekker.

Oppgave 1.6

Se på tiltak 2. Anta nå at tiltaket ikke påvirker etterspørselen, som er gitt ved OD-matrissa i førsituasjonen både før og etter tiltaket. (Modell K0).

- Benytt trapesformelen til å nytteberegne tiltaket. Sammenlikn med svaret på 1.3a.
- Benytt framgangsmåten beskrevet i oppgave 1.2b. Sammenlikn med svaret på a og svarene på 1.3a og b.
- Ta differansen mellom de totale kostnadene på de forbedrede lenkene i før- og ettersituasjonen. Sammenlikn med a.

- d. Ta differansen mellom de totale kostnadene på alle lenker der det skjer endringer i kostnader eller trafikkstrømmer. Sammenlikn med a.
- e. Benytt formelen fra oppgave 1.2c. Sammenlikn med a og d.
- f. Vi har kalt vår metode i dette tilfellet for kostnadsminimering. I hvilken forstand er det kostnadsminimering vi benytter når vi regner riktig i K0-tilfellet?
- g.

Oppgave 1.7

Beskriv dine erfaringer med oppgavesettet som helhet.

Oppgavesett 2: Etterspørselsmodeller

Betrakt en lenke med køproblemer. I nullalternativet kjører biler og busser i de samme feltene.

$$\text{Antall bussreiser: } X_{BUSS}^0 = 1600$$

$$\text{Antall bilreiser: } X_{BIL}^0 = 2600$$

$$\text{Kostnad bussreise: } G_{BUSS}^0 = 10$$

$$\text{Kostnad bilreise: } G_{BIL}^0 = 12$$

Tiltak: Det opprettes et kollektivfelt, slik at generalisert kostnad for bussreiser reduseres til $G_{BUSS}^1 = 8$, mens den øker til $G_{BIL}^1 = 13$ for bilreiser.

Vi skal sammenlikne nytteberegningene under ulike forutsetninger om etterspørselen.

Oppgave 2.1

K0: Vi tar ikke hensyn til etterspørselsjusteringer, og betrakter kun busstrafikken. Hva blir konsumentoverskuddet?

Oppgave 2.2

BK0: Vi tar fremdeles ikke hensyn til etterspørselsjusteringer, men tar med i betraktningen at tiltaket har konsekvenser både for buss- og biltrafikken. Hva blir konsumentoverskuddet?

Oppgave 2.3

K1: Vi betrakter kun busstrafikken og antar at etterspørselen endrer seg i henhold til modellen $X_{BUSS} = A_{BUSS} e^{-0,03G_{BUSS}}$.

- Hva blir den nye etterspørselen X_{BUSS}^1 ? (Konstanten A beregnes ved hjelp av de kjente X og G for nullalternativet.)
- Hva blir konsumentoverskuddet?

Oppgave 2.4

BK1: Vi åpner for transportmiddelvalg. Bruk den binomiske logitmodellen

$$X_{BUSS} = 4200 \frac{2160e^{-0,03G_{BUSS}}}{2160e^{-0,03G_{BUSS}} + 3727e^{-0,03G_{BIL}}}$$

$$X_{BIL} = 4200 \frac{3727e^{-0,03G_{BIL}}}{2160e^{-0,03G_{BUSS}} + 3727e^{-0,03G_{BIL}}}$$

til å beregne etterspørselen i tiltaksalternativet. Hva blir konsumentoverskuddet?

Oppgave 2.5

Oppsummer konsekvensene av å ikke ta hensyn til at tiltaket virker i to sektorer, eller å ikke ta hensyn til etterspørselsendringer.

Oppgavesett 3: Operatørens kostnader

Opplysninger

Det er to alternativer for kollektivtransport på en linje. Valget står mellom å investere i leddbuss eller i sporvogn. Det antas at infrastrukturen for begge alternativer er tilgjengelig. For å avgjøre hvilket alternativ som er mest lønnsomt i samfunnsøkonomisk forstand, brukes nytte-kostnadsanalyse. I dette oppgavesettet skal vi konsentrere oss om de driftsøkonomiske kostnadene ved de to alternativene. Vi betrakter her den aktuelle linja isolert sett. Kostnadene beregnes utfra følgende forutsetninger:

Innkjøpskostnad leddbuss: $c^B = 3\,000\,000$ kr

Innkjøpskostnad sporvognsett: $c^S = 18\,000\,000$ kr

Levetid leddbuss: $\hat{a}^B = 12$ år

Levetid sporvognsett: $\hat{a}^S = 24$ år

Skrapverdi leddbuss: $s^B = 1\,000\,000$ kr

Skrapverdi sporvognsett $s^S = 2\,000\,000$ kr

Kalkulasjonsrente: $r = 0,07$

Vedlikeholds- og forsikringskostnader leddbuss: $b^B = 50\,000$ kr/år

Vedlikeholds- og forsikringskostnader sporvognsett: $b^S = 150\,000$ kr/år

Klargjøringskostnad leddbuss: $m^B = 500$ kr/dag

Klargjøringskostnad sporvognsett: $m^S = 1\,000$ kr/dag

Lønnskostnader: 200 kr/t

Kilometeravhengige kostnader leddbuss: $p_0^B g_0^B + p^B g^B = 5$ kr

Kilometeravhengige kostnader sporvognsett: $p_0^S g_0^S + p^S g^S = 25$ kr

Lengde på linja: $a = 8$ km

Rundturtid (start – vendepunkt – start, inkl. regulertid): $t = 0,5$ time

Driftstimer n^k :

- Dager med høy belastning: 6 timer rushtid og 12 timer ellers
- Dager med lav belastning: 18 timer

Antall dager med høy belastning: 230

Antall dager med lav belastning: 135

Anta at passasjerkapasiteten er den samme i ett sporvognsett med tre vogner som i tre leddbusser. Det innebærer at leddbussen må ha avgang tre ganger så ofte som et sporvognsett for å få med like mange passasjerer. Frekvens f^{kj} :

Kjøretøy	Rush	Ikke rush på høybel.dag	Lavbel.dag
Buss	12	6	6
Sporvogn	4	2	2

Bruk framgangsmåten fra kapittel 9 i oppgavene.

Oppgave 3.1

Finn kjøretøybehovet både for dager med høy og lav belastning, for begge transportmidlene.

Oppgave 3.2

Beregn kapitalkostnad per kjøretøy per dag, for begge transportmidlene.

Oppgave 3.3

Beregn totale tidsavhengige kostnader per dag for begge transportmidlene. Skill mellom dager med høy og lav belastning.

Oppgave 3.4

Beregn kilometeravhengige kostnader per dag for begge transportmidlene. Skill mellom dager med høy og lav belastning.

Oppgave 3.5

Beregn totale kostnader per år for begge transportmidlene.

Oppgave 3.6

Hvordan skal beløpene fra oppgave 5 brukes i nytte-kostnadsanalysen? Beskriv hvilke andre komponenter som skal med i analysen og i hvilken retning de forventes å påvirke resultatet.

Oppgavesett 4: Beregninger på overordnet nivå

Som i oppgavesett 3, står man overfor valget mellom å betjene en linje med ledd-busser eller med sporvogner. La oss si at det i dag er busser som trafikkerer linja. Nullalternativet går ut på å fortsette med bussdrift. Tiltaksalternativet vil være å gå over til sporvogner.

Beregningene på grunnleggende og mellomliggende nivå er gjort, slik at det foreligger en liste over de nytte- og kostnadselementene som skal med i analysen.

Én periode, uten vekstrater

I første omgang skal vi betrakte en enkel situasjon der det ikke er utenfra gitte vekstrater å ta hensyn til, og heller ingen begivenheter som gjør det nødvendig å dele studieperioden inn i underperioder. Studieperioden er årene 2001-2025.

Tabell 2: Nytte- og kostnadselementene i år t i kroner

Element	Nullalt.	Tiltaksalt.	Endring
Infrastrukturinvestering, I_t	-	-	-
Drift- og vedlikehold av infrastruktur, D_t	110 000	340 000	230 000
Trafikantnytte, UB_t			-4 100 000
Operatørens resultat, RES_t	5 300 000	6 000 000	700 000
Det offentliges skatteinntekter, SKA_t	70 000		-70 000
Eksterne kostnader, EK	2 200 000	300 000	-1 900 000

Det er endringer fra nullalternativet til tiltaksalternativet vi er interessert i. I tabellen betyr positivt fortegn en økning, mens negativt fortegn indikerer nedgang.

Det antas at det ikke er noen nye investeringer i kjørevegen forbundet med de to alternativene. På grunn av slitasje påløper det imidlertid vedlikeholdskostnader.

Trafikantnyttens avhenger av de generaliserte kostnadene og etterspørselen. Det planlegges ingen endringer i billettpris, slik at endringer i generalisert kostnad oppstår kun som en følge av endringer i tidsbruk. Det negative konsumentoverskuddet skyldes at ventetidene i tiltaksalternativet blir mye lengre, siden spor-

vognene vil ha færre avganger per time enn leddbussene (slik som i oppgavesett 3). Etterspørselsjusteringene er relativt små, fordi mesteparten av reisene foregår i rushtiden og er lite følsomme for kostnadsendringer.

Operatørens resultat er bedre i tiltaksalternativet enn i nullalternativet, til tross for at etterspørselen ikke er vesentlig forskjellig i de to tilfellene. Årsaken til at tiltaksalternativet gir større overskudd er at operatøren har lavere kostnader med sporvognene enn med leddbussene (som i oppgavesett 3).

Bussdriften genererer skatteinntekter til det offentlige på grunn av drivstoffavgifter. Det er ingen slike avgifter forbundet med sporvognene.

De eksterne kostnadene består av miljø- og ulykkeskostnader. Miljøkostnadene består igjen av utslipps- og støykostnader. Det er utslippskostnadene som er årsaken til den store forskjellen mellom buss og sporvogn her. Sporvognene antas å ikke ha utslipp, mens det regnes en kostnad per kjøretøykilometer på 5,15 kroner for busstrafikk i store byer (jf. kapittel 8). Når det gjelder ulykkeskostnader, regnes en lavere kostnad per kjøretøykilometer for busser enn for sporvogner, men siden trafikkarbeidet er høyere for bussene (som i oppgavesett 3), kommer de to alternativene omtrent likt ut her.

Oppgave 4.1

- a) Det beregnes en skyggepris på 20% på offentlige midler. For hvilke av elementene i tabell 2 skal det beregnes skyggepris?
- b) Bruk en kalkulasjonsrente på 7%. Henføringsåret er 2000. Hva blir annuitetsfaktoren?
- c) Finn netto nåverdi av tiltaket.

Vekstrate og underperioder

Vi studerer samme tiltak som ovenfor, men tar nå hensyn til at etterspørselen forventes å øke med 1,1% årlig t.o.m. 2002, og deretter med 0,9% årlig i resten av studieperioden.

Etterspørselsveksten påvirker trafikantnyten, jf. kapittel 11. At vekstraten endrer seg etter 2002, gjør det naturlig å dele inn studieperioden i to underperioder: 2001-2002 og 2003-2025. Trafikantnytteberegningen gjøres nå separat for de to periodene.

Vi følger fortsatt opplegget i oppgavesett 3, der vi hadde tre typer tidsperioder: Høybelastningsdager bestående av 6 timer rushtid og 12 timer med trafikk utenom rush, og lavbelastningsdager bestående av 18 timer med trafikk. Under visse forutsetninger om billettpris, tid ombord og verdsetting av tidsbruken, sammen med opplysningene fra oppgavesett 3, får vi generaliserte kostnader som vist i tabell 3. Data for etterspørselen i 2000 kan man tenke seg er innhentet ved en trafikkteiling. Etterspørselen i 2001 i nullalternativet er beregnet ved å ta hensyn til vekstraten, mens etterspørselen i tiltaksalternativet er beregnet utfra en etter-

spørselsmodell for sammenhengen mellom G og X. I prinsippet trenger vi etterspørsels- og kostnadsmatriser for hvert av de tre delmarkedene i nullalternativet og tiltaksalternativet. I dette tilfellet inneholder ”matrisene” kun ett element hver.

Tabell 3: Etterspørsel i år 2001

2001	Nullalternativet		Tiltaksalternativet	
	Gen.kost. G	Ettersp. X	Gen.kost. G	Ettersp. X
H-dager, rush	33,33	448 884	39,48	438 774
H-dager, ellers	33,60	167 826	38,70	154 683
L-dager	30,40	148 617	34,30	138 507
Sum		765 327		731 964

Oppgave 4.2

- Finns annuitetsfaktoren for trafikantnytteberegningen i hver av underperiodene (henføringsår er første år i hver periode).
- Beregn trafikantnytte i hver underperiode, henført til det første året i hver periode.
- Finns samlet netto nåverdi for tiltaket.

Løsninger til oppgavesettet i veilederen

Løsninger til oppgavesett 1

- 1.2 a) 25,5 b) 25 c) 25,5 d) 18,3
 1.3 a) 50,5 b) 56 c) 50,5 d) 39,7
 1.4 a) -27,5 b) -32 c) -27,5 d) -25,6
 1.6 a) 34 b) 38 c) 17 d) 34 e) 34

Løsninger til oppgavesett 2

- 2.1 3 200
 2.2 600
 2.3 a) 1 700 b) 3 300
 2.4 735

Løsningsforslag til oppgavesett 3

3.1

Kjøretøybehov = Rundturtid * Frekvens. Tabellen nedenfor viser resultatet for de ulike periodene.

Kjøretøy	Rush	Ikke rush på høybel.dag	Lavbel.dag
Buss	6	3	3
Sporvogn	2	1	1

3.2

Fra kapittel 9 hentes uttrykket for årlige kapitalkostnader:

$$C_K = (c - s) \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}} + rs + b$$

Kapitalkostnadene fordeles på dagene med høy belastning. Her vil det si at

$$c_K = \frac{C_K}{230}.$$

For en leddbuss blir kapitalkostnad per dag

$$c_K^B = \left[\frac{(3000000 - 1000000) \cdot 0,07}{1 - 1,07^{-12}} + 0,07 \cdot 1000000 + 50000 \right] \frac{1}{230} = 1616,54 \text{ kr}$$

For et sporvognsett blir kapitalkostnad per dag

$$c_K^S = \left[\frac{(18000000 - 2000000) \cdot 0,07}{1 - 1,07^{-24}} + 0,07 \cdot 2000000 + 150000 \right] \frac{1}{230} = 6674,02 \text{ kr}$$

3.3

Tidsavhengige kostnader per dag for kjøretøytype j er

$$c_{iid}^j = \sum_k (\delta_k^1 c_K^j + \delta_k^2 m^j + n^k w) K^{kj}, \text{ der } k \text{ er de ulike periodene over døgnet. } \delta^1 \text{ er } 1$$

for den høyest belastede perioden på høybelastningsdager, og null ellers. Det innebærer at kapitalkostnaden kun skal telles med hvis beregningen gjøres for en dag med høy belastning, og da kun en gang – i perioden med høyest belastning (rush). δ^2 er 1 i den av dagens perioder som har høyest belastning, og null ellers. Klargjøringskostnaden telles dermed med en gang per dag.

Tabellen viser resultatene for leddbusser og sporvognsett på dager med høy og lav belastning:

	Buss	Sporvogn
Rush, h-dag	19899,23	17748,04
Ikke rush, h-dag	7200,00	2400,00
Sum h-dag	27099,23	20148,04
L-dag	12300,00	4600,00

Som eksempel vises utregningen for leddbusser på høybelastningsdager:

$$c_{iid}^B = (1616,54 + 500 + 6 \cdot 200)6 + (12 \cdot 200)3 = 19899,23 + 7200 = 27099,23 \text{ kr}$$

(Små avvik skyldes avrunding.)

3.4

Uttrykket for de kilometeravhengige kostnadene per dag for kjøretøytype j er

$$c_{km}^j = \sum_k (p_0^j g_0^j + p^j g^j) n^k a f^{kj}. \text{ Her får vi følgende resultater:}$$

	Buss	Sporvogn
Rush, h-dag	2880	4800
Ikke rush, h-dag	2880	4800
Sum h-dag	5760	9600
L-dag	4320	7200

Eksempel på utregning: Kostnader for sporvogn på dager med lav belastning:

$$c_{km}^S = 25 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 2 = 7200 \text{ kr}$$

3.5

For å komme fram til årlige kostnader, summeres tids- og kilometeravhengige kostnader for lavbelastningsdager for seg og ganges med 135. Summen av tids- og kilometeravhengige kostnader for høybelastningsdager ganges med 230.

Resultatene blir:

	Buss	Sporvogn
H-dag	7 557 624	6 842 049
L-dag	2 243 700	1 593 000
Sum	9 801 324	8 435 049

Sporvognsettene er dyrere i innkjøp og drift enn leddbussene, men vi ser at de likevel kom rimeligere ut totalt sett i denne oppgaven. Dette skyldes at det trengs færre av dem for å dekke et gitt behov for passasjerkapasitet.

3.6

Kostnadene vi har beregnet inngår i nytte-kostnadsanalysen sammen med operatørens billettinntekter, effektivitetstapet/gevinsten som skyldes offentlig skattefinansiering av operatørens underskudd, konsumentoverskuddet og miljø- og ulykkeskostnader. Alle størrelser må neddiskonteres og summeres over analyseperioden slik at nåverdien framkommer.

Vi kan sammenlikne hvert av de to alternativene (leddbuss eller sporvogn) med et definert nullalternativ, og beregne samfunnsøkonomisk lønnsomhet av hver av investeringene. Hvis det er slik at ett av alternativene vil bli gjennomført uansett samfunnsøkonomisk lønnsomhet, slik at analysen skal gi svar på hvilket alternativ som skal prioriteres, kan vi også velge det ene alternativet – for eksempel sporvogn – som referansealternativ, og beregne endringen i samfunnsøkonomisk lønnsomhet som leddbussalternativet ville føre med seg.

For å beregne billettinntektene trenger vi forutsetninger om priser og reise- og ventetider, slik at etterspørselen for hvert år kan beregnes ved hjelp av en egnet modell. Etterspørsel og generalisert kostnad er også grunnlaget for å finne endring i konsumentoverskudd. Det er rimelig å forvente at passasjerene kommer bedre ut med buss enn med sporvogn, siden bussene har avgang mye oftere.

Når det gjelder de eksterne kostnadene, kan vi regne med at de dieseldrevne bussene genererer større miljøkostnader enn de elektrisitetsdrevne sporvognene. (Men det må bemerkes at miljøkostnadene ved elektrisitetsdrevne kjøretøy er avhengige av hvordan elektrisiteten er produsert.)

Oppsummering: Operatørens årlige kostnader og miljøkostnadene taler til fordel for sporvogner. Konsumentoverskuddet trekker i motsatt retning, og hvis det mer

enn oppveier for forskjellene i miljøkostnader og operatørens kostnader, bør busser prioriteres.

4.1

- a) Skyggepris skal beregnes på endringen i infrastrukturens vedlikeholdskostnader, operatørens resultat og endret skatteinngang.
- b) Annuitetsfaktor:

$$A = \sum_{t=1}^{25} \frac{1}{1,07^t} = \frac{1 - 1,07^{-25}}{0,07}$$

- c) Årlig netto nytte i kroner:

Økte vedlikeholdskostnader inkl. skyggepris	-276 000
Redusert trafikantnytte	-4 100 000
Bedret økonomisk resultat inkl. skyggepris	840 000
Reduserte skatteinntekter inkl. skyggepris	-84 000
<u>Reduserte eksterne kostnader</u>	<u>1 900 000</u>
<u>Årlig netto nytte</u>	<u>-1 720 000</u>

Netto nåverdi:

$$NNV = (-1720000) * \frac{1 - 1,07^{-25}}{0,07} = -20044163 \text{ kr}$$

Negativ netto nåverdi tilsier at tiltaket ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

4.2

- a) Annuitetsfaktor for underperioden 2001-2002, med henføringsår 2001:

$$B_1 = \sum_{t=1}^2 \frac{1}{\left(1 + \frac{0,07 - 0,011}{1,011}\right)^{t-1}} = 1 + \frac{1 - \left(1 + \frac{0,07 - 0,011}{1,011}\right)^{-1}}{\frac{0,07 - 0,011}{1,011}} = 1 + \frac{1}{1 + \frac{0,07 - 0,011}{1,011}}$$

Annuitetsfaktor for underperioden 2003-2025, med henføringsår 2003:

$$B_2 = \sum_{t=3}^{25} \frac{1}{\left(1 + \frac{0,07 - 0,009}{1,009}\right)^{t-3}} = 1 + \frac{1 - \left(1 + \frac{0,07 - 0,009}{1,009}\right)^{-22}}{\frac{0,07 - 0,009}{1,009}}$$

b) Trafikantnytte i underperioden 2001-2002:

$$UB_1 = \left[\frac{1}{2} \sum_{k=1}^3 (G_{k1}^0 - G_{k1}^1)(X_{k1}^0 + X_{k1}^1) \right] \cdot B_1$$

der toppskrift 0 og 1 står for henholdsvis nullalternativet og tiltaksalternativet, mens fotskrift k refererer til type tidsperiode, dvs. rushtid, utenom rush på høybelastningsdag, eller lavbelastningsdag. Utregningen blir:

$$UB_1 = \frac{1}{2} [(33,33 - 39,48)(448884 + 438774) + (33,60 - 38,70)(167826 + 154683) + (30,40 - 34,30)(148617 + 138507)] \cdot \left[1 + \frac{1}{1 + \frac{0,07 - 0,011}{1,011}} \right]$$

$$= -7\,996\,949 \text{ kr}$$

Trafikantnytte i underperioden 2003-2025:

$$UB_2 = \left[\frac{1}{2} \sum_{k=1}^3 (G_{k3}^0 - G_{k3}^1)(X_{k3}^0 + X_{k3}^1) \right] \cdot B_2$$

Generaliserte kostnader i 2003 er de samme som i 2001. Etterspørselen beregnes ved å gange X-verdiene fra 2001 med $1,011 \cdot 1,009$, slik at det tas hensyn til to års vekst.

Utregning gir $UB_2 = -55\,379\,894$ kr.

c) De øvrige nytte- og kostnadselementene i perioden 2001-2002 har ingen vekstrate knyttet til seg. Annuitetsfaktoren for disse elementene i perioden 2001-2002, med hensføringsår 2001, blir:

$$\tilde{B}_1 = \sum_{t=1}^2 \frac{1}{1,07^{t-1}} = 1 + \frac{1 - 1,07^{-1}}{0,07} = 1 + \frac{1}{1,07}$$

Netto nytte utenom trafikantnyttten blir i 2001:

Økte vedlikeholdskostnader inkl. skyggepris	-276 000
Bedret økonomisk resultat inkl. skyggepris	840 000
Reduserte skatteinntekter inkl. skyggepris	-84 000
Reduserte eksterne kostnader	1 900 000
<u>Årlig netto nytte ekskl. trafikantnytte</u>	<u>2 380 000</u>

Samlet netto nytte for perioden 2001-2002, henført til 2001, blir:

$$M_1 = 2\,380\,000 \cdot \tilde{B}_1 + UB_1 = -3\,392\,650 \text{ kr}$$

Tilsvarende utregning gjøres for perioden 2003-2025. Annuitetsfaktoren blir

$$\tilde{B}_2 = \sum_{t=3}^{25} \frac{1}{1,07^{t-3}} = 1 + \frac{1 - 1,07^{-22}}{0,07},$$

mens det er samme årlige netto nytte utenom trafikantnytte i denne perioden som i forrige. Samlet netto nytte for perioden 2003-2025, henført til 2003, blir:

$$M_2 = 2\,380\,000 * \tilde{B}_2 + UB_2 = -26\,674\,142 \text{ kr}$$

For å finne netto nåverdi for tiltaket i studieperioden sett under ett, må M_1 og M_2 neddiskonteres til henføringsåret 2000:

$$NNV = \frac{M_1}{1,07} + \frac{M_2}{1,07^3} = (-3\,170\,701) + (-21\,774\,045) = -24\,944\,746 \text{ kr}$$