



**TØI rapport  
501/2000**

# **Nytte-kostnadsanalyse som evalueringsverktøy for ITS-investeringer**

**Hanne Samstad  
Tom E. Markussen**

ISSN 0802-0175  
ISBN 82-480-0178-4

Oslo, desember 2000

---

**Tittel:** Nytte-kostnadsanalyse som  
evalueringsverktøy for ITS-investeringer

**Forfatter(e):** Hanne Samstad; Tom E. Markussen

TØI rapport 501/2000  
Oslo, 2000-12  
75 sider  
82-480-0178-4  
ISSN 0802-0175

**Finansieringskilde:**

Norges forskningsråd under programmet LOGITRANS;  
Statens vegvesen Vegdirektoratet

**Prosjekt:** 2595 Utfordringer ved nytte-  
kostnadsanalyse av ITS-  
investeringer

**Prosjektleder:** Tom E. Markussen

**Kvalitetsansvarlig:** Harald Minken

**Emneord:**

Nytte-kostnadsanalyse; Intelligente  
transportsystemer; ITS; Infrastruktur

**Sammendrag:**

Den formen for nytte-kostnadsanalyse (NKA) som brukes ved infrastrukturinvesteringer i vegsektoren er utviklet med tanke på mer tradisjonelle vegtiltak. Er metoden et egnet verktøy for også å evaluere investeringer i intelligente transportsystemer (ITS)? Litteraturgjennomgangen og diskusjonen i denne rapporten viser at NKA i hovedsak egner seg som verktøy for å evaluere samfunnsøkonomisk lønnsomhet av ITS-investeringer. For noen ITS-anvendelser, spesielt de som skal gi sanntids trafikkinformasjon, vil det være større usikkerhet forbundet med trafikkanalysen som NKA bygger på. Videre kan trafikantene oppleve nytte utover hva som vanligvis beregnes av trafikantnytte i NKA. Mulige alternative beregningsmetoder presenteres.

---

**Title:** Cost-benefit analysis as an evaluation tool for ITS  
investments

**Author(s):** Hanne Samstad; Tom E. Markussen

TØI report 501/2000  
Oslo: 2000-12  
75 pages  
82-480-0178-4  
ISSN 0802-0175

**Financed by:**

The Research Council of Norway under the programme  
LOGITRANS; The Public Roads Administration Directorate  
of Public Roads

**Project:** 2595 Cost-benefit analysis as an evaluation  
tool for ITS investments

**Project manager:** Tom E. Markussen

**Quality manager:** Harald Minken

**Key words:**

Cost-benefit analysis; Intelligent Transportation Systems;  
ITS; Infrastructure

**Summary:**

The method of cost-benefit analysis (CBA) used for evaluation of infrastructure investments was developed for traditional road investments. Is the method a useful tool for evaluation of investments in intelligent transportation systems (ITS) as well? The literature study and the discussion in this report show that CBA generally is a useful tool for evaluating the economic efficiency of ITS investments. Regarding some ITS applications, especially those that provide travellers with real time traffic information, there will be more uncertainty in the traffic analyses which are the basis for CBA calculations. Further, there may exist benefits to travellers that are not usually included in user benefit calculations in CBA. Possible alternative calculation methods are presented.

**Language of report:** Norwegian

---

Rapporten kan bestilles fra:  
Transportøkonomisk institutt, Biblioteket  
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)

---

The report can be ordered from:  
Institute of Transport Economics, The library  
Gaustadalleen 21, NO 0349 Oslo, Norway  
Telephone +47 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)

---

# Forord

Er tradisjonell nytte-kostnadsanalyse et egnet verktøy for å evaluere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av anvendelser av **Intelligente TransportSystemer (ITS)**? Spørsmålet er utgangspunktet i denne rapporten, der vi ser på anvendelser av ITS som kan by på andre utfordringer enn evaluering av mer tradisjonelle veginvesteringer. Rapporten er sluttokumentasjonen av prosjektet ”Utfordringer av ved nytte-kostnadsanalyse av ITS-investeringer”, som er finansiert av Norges forskningsråd gjennom programmet LOGITRANS. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Kontor for transportinformatikk, har også støttet prosjektet med midler.

Rapporten er skrevet av cand polit Hanne Samstad. Cand oecon Tom E. Markussen har vært prosjektleder og bidratt til rapporten. Kvalitetssikringen har forskningsleder Harald Minken vært ansvarlig for. Laila Aastorp Andersen har stått for den endelige tekstbehandlingen.

Vi takker Håkon Wold i Statens vegvesen Vegdirektoratet, Kontor for transportinformatikk og Heert Daas ved Statens vegvesen Oslo for innspill og bistand i prosjektarbeidet. Den endelige utformingen av rapporten er imidlertid helt ut ansvaret til TØI.

Oslo, desember 2000  
TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT

*Knut Østmoe*  
instituttssjef

*Harald Minken*  
forskningsleder



Sammendrag:

# Nytte-kostnadsanalyse som evalueringsverktøy for ITS-investeringer

*Er tradisjonell nytte-kostnadsanalyse et egnet verktøy for å evaluere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av anvendelser av intelligente transportsystemer (ITS)? Med fokus på ITS-anvendelser innen trafikkstyring, og spesielt tiltak som gir trafikantene informasjon, har vi identifisert to områder der ITS-evaluering kan by på andre utfordringer enn evaluering av mer tradisjonelle infrastrukturinvesteringer: 1) Det vil ofte være knyttet større usikkerhet til trafikkanalysen som ligger til grunn for nytte- og kostnadsberegningene. 2) Trafikkinformasjon kan gi trafikantene nytte utover det som inngår i en "vanlig" trafikantnytteberegning. Forslag til løsninger diskuteres i rapporten.*

## Innledning

I intelligente transportsystemer (ITS) anvendes moderne informasjons- og kommunikasjonsteknologi for å innhente, bearbeide og formidle informasjon om trafikkforhold. Formålet er gjerne bedre framkommelighet, trafiksikkerhet, miljøhensyn eller kombinasjoner av disse. Større og mindre ITS-systemer brukes både innen privatbiltrafikk, godstransport og kollektivtrafikk.

Nytte-kostnadsanalyse (NKA) er et hjelpemiddel til å vurdere om et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt, og til å prioritere mellom tiltak. Siden den formen for NKA som brukes ved infrastrukturinvesteringer er utviklet med tanke på mer tradisjonelle vegtiltak, kan man spørre seg om metoden er et egnet verktøy for også å evaluere ITS-tiltak. I denne rapporten forsøker vi å besvare dette spørsmålet og identifisere områder hvor man kan få andre utfordringer ved ITS-evaluering enn ved samfunnsøkonomisk evaluering av tradisjonelle vegtiltak.

Feltet ITS er mangfoldig og i stadig utvikling. Siden NKA først og fremst er et hjelpemiddel til å systematisere beslutningsgrunnlaget for bruken av offentlige midler, har vi valgt å avgrense prosjektet til ITS-anvendelser som kan være aktuelle for offentlige investeringer. Dette antar vi i første rekke er anvendelser hvor informasjonen i prinsippet er tilgjengelig for alle trafikanter, i motsetning til anvendelser av mer privat karakter, som for eksempel sikkerhets- og navigasjonssystemer i bilen. Vi har i hovedsak konsentrert oss om trafikkstyringssystemer. Mange ITS-anvendelser innen trafikkstyring er i bruk i Norge eller er aktuelle å ta i bruk.

## Identifisering av problemstillinger

Trafikkstyring kan skje både gjennom påbud og forbud og gjennom informasjon og anbefalinger. Ved den førstnevnte typen kan vi ikke se at det er noen grunn til å avvike fra tradisjonell NKA-metodikk. Når trafikkstyring skjer ved hjelp av informasjon, reiser det seg imidlertid et par spørsmål:

For det første trengs det kunnskap om hvordan trafikantene reagerer på informasjonen. ITS-tiltak brukes til å påvirke beslutninger som transportmiddelvalg, rutevalg, valg av reisetidspunkt og reisemål, eller beslutningen om å reise i det hele tatt. Hvordan kan vi gjøre realistiske antakelser om trafikantenes respons når tiltaket er forholdsvis nytt og uprøvd?

For det andre gir informasjonen trafikantene et bedre beslutningsgrunnlag. Det kan tenkes at nytten av dette er av en annen form enn nytten ved tradisjonelle vegtiltak. Hvordan kan vi da måle og verdsette nytten av tiltak?

## Simulering av trafikantatferd

Ofte vil det være nødvendig å bruke en transportmodell som grunnlag for nyttekostnadsanalysen. Mange kommersielle programpakker for nettverksmodellering, deriblant TRIPS og EMME/2, forutsetter at trafikantene har full informasjon. Som en tilnærming er det, ved hjelp av noen grep, mulig å bruke slike modeller til å simulere de trafikale konsekvensene av å gi informasjon. Alternativt kan man bruke modeller som er utviklet med tanke på ITS-evaluering. Spesielt for tiltak som skal gi sanntids trafikkinformasjon er dynamiske modeller bedre egnet enn de statiske modellene nevnt ovenfor. Ulike dynamiske modeller har ulikt detaljnivå når det gjelder simulering av trafikantenes atferd. Meget detaljerte modeller krever store mengder inngangsdata og kan derfor være dårlig egnet til storskalaanalyser.

En detaljert modellering av trafikantatferden krever kunnskap om hvordan trafikantene reagerer på informasjonen. Faktorer som påvirker responsen er blant annet tilbøyeligheten til å følge informasjonen, hvor godt kjent trafikantene er i området, kapasitet på eventuelle alternative ruter og risikoen for at informasjonen er feilaktig.

## Trafikantnytte

Trafikantnytteberegningen i NKA fanger opp nytten av de atferdsendringene som endrer generaliserte reisekostnader ( $G$ ) og antall reiser. Disse atferdsendringene er bare en av flere typer konsekvenser som ITS-tiltak kan gi.

Blant andre mulige konsekvenser finner vi endret sikkerhetsmargin og endret tidspunkt for gjennomføring av reisen. Med informasjon om reisetida kan trafikantene redusere sikkerhetsmarginen som legges inn på grunn av usikkerhet. Man kan også få den effekten at trafikantene starter tidligere fordi de har fått informasjon om uventede forsinkelser. Generaliserte reisekostnader er ikke nødvendigvis endret som følge av informasjonen, i hvert fall ikke slik  $G$  vanligvis er definert. Ved å inkludere i  $G$  tidskostnadene ved å komme for sent eller for tidlig fram, fanger man opp en type tidskostnader som en del ITS-tiltak har til hensikt å redusere. I stedet for

kostnadene ved ikke å komme presis, kunne man eventuelt inkludere en kostnad knyttet til reisekostnadens varians.

Redusert stress og økt komfort ved reisen er også en type konsekvens av informasjon. Slike kvalitetsforbedringer kan forekomme også i tilfeller hvor trafikantene ikke endrer atferd, og med "vanlig" NKA får vi da ingen utslag i trafikantnytte. Kvalitetsforbedringer kan behandles under de ikke-prissatte konsekvensene som inngår sammen med NKA i en konsekvensanalyse. Hvis det fins betalingsvillighet for informasjon, skulle det imidlertid være mulig å prissette den kvalitetsforbedringen det innebærer å få informasjon, for eksempel gjennom spørreundersøkelser. I tilfeller hvor man også har regnet andre gevinster som følge av informasjonen (f. eks. reduksjon i tidskostnader), ligger det en fare for dobbelttelling her.

Vi kan ofte ikke skille nytten av informasjon fra nytten som følger av den atferdsendringen informasjonen fører til. I stedet for å fokusere på de trafikale konsekvensene og beregne trafikantnytte på grunnlag av det, kunne man rette oppmerksomheten mot verdsetting av det å få informasjon. Trafikantnytte kan da beregnes ved hjelp av trafikantenes direkte verdsetting av nytten gjennom *stated preference*-undersøkelser. Med dette ville man i prinsippet fange opp nytte som ikke kommer med i "vanlig" trafikantnytteberegning. I tillegg unngår man krevende datainnsamling til transportmodeller.

## Nytte-kostnadsanalysen for øvrig

Når det gjelder de øvrige nytte- og kostnadselementene som inngår i en NKA, ser vi ingen prinsipielle spørsmål knyttet til *verdsetting*, dvs. enhetsprisene. Beregningene av noen av dem er imidlertid avhengig av output fra en trafikkanalyse, slik at vi kan ha et *måleproblem*, jf. diskusjonen om simulering av trafikantatferd ovenfor.

Det er naturlig å bruke en kortere analyseperiode ved ITS-tiltak enn ved vegutbygging. 10 års analyseperiode ser ut til å være gjengs i de norske og utenlandske analysene vi har sett.

Det bør vurderes om man skal bruke en lavere diskonteringsrente i NKA av ITS-tiltak enn ved vegutbygging, med den begrunnelsen at en stor del av kostnadene ved mange ITS-tiltak er driftsavhengige.

ITS-tiltak er reversible i større grad enn tradisjonelle vegtiltak. Hvis det blir vanlig praksis i NKA (også av tradisjonelle tiltak) å inkludere en kostnad for tapt beslutningsfleksibilitet, vil ITS-tiltak kunne komme forholdsvis noe bedre ut i analysene.

## Eksempler

Vi har valgt ut åtte ITS-anvendelser og studert hvordan de er evaluert i litteraturen, hvilke konsekvenser man kan forvente at disse ITS-tiltakene vil ha, og om "vanlig" NKA egner seg som evalueringsverktøy. Av de åtte tiltakene oppfatter vi følgende som ikke mer problematisk enn tradisjonelle vegtiltak ved NKA-evaluering: Trafikkstyringssystem for tunneler, signalprioritering, tilfartsregulering og elektronisk bompengerelevring. Tiltak hvor det kreves god kunnskap om trafi-

kantenes respons for å kunne modellere de trafikale effektene, er trafikkstyring ved informasjon på variable skilt o.l., trafikkstyringssystem for håndtering av hendelser, trafikkstyring ved dårlig luftkvalitet og vegprisingssystem med avansert differensiering av prisen. Ved NKA med "vanlig" trafikantnytteberegning risikerer man dessuten at en del av nytten ikke fanges opp for tiltakene trafikkstyring ved informasjon, hendelseshåndtering og avansert vegprisingssystem.

Som et eksempel vi går grundigere inn i har vi valgt trafikantinformasjonssystemet på E18 gjennom Vestfold i regi av Statens vegvesen. Vi har diskutert ulike hensyn som må tas i en tenkt NKA utført forut for iverksettelsen av prosjektet.

## Konklusjoner og anbefalinger

I hovedsak egner NKA seg som verktøy for å evaluere samfunnsøkonomisk lønnsomhet av ITS-investeringer. For mange typer ITS-tiltak vil metodikken i NKA være like godt egnet som ved evaluering av mer tradisjonelle vegtiltak. Det kan imidlertid være større usikkerhet forbundet med ITS-evaluering siden teknologien er ny, og man har lite erfaring å basere seg på når det gjelder hvordan trafikantene vil reagere på tiltakene. Å forutsi de trafikale effektene av et informasjonstiltak blir dermed vanskeligere. Etter hvert som nettopp ITS-systemer skaffer til veie data om trafikkstrømmene vil dette problemet bli mindre.

Noen modifikasjoner ved metodikken kan gjøre NKA bedre egnet som evalueringsverktøy for ITS. For at NKA skal få fram nytten ved informasjonstiltak på en mer fullstendig måte, bør vi inkludere kostnadene ved å komme for sent eller for tidlig, jf. avsnittet om trafikantnytte ovenfor. Det må arbeides videre med hvordan denne tidsbruken skal måles og verdsettes. Alternativt kunne vi inkludere kostnaden ved reisekostnadens varians. I så fall er det behov for å lage et opplegg for hvordan denne kostnaden kan beregnes og måles.

Det kan være betalingsvillighet for informasjon også når trafikantene ikke endrer atferd. Det kan gjøres undersøkelser for å avdekke trafikantenes verdsetting av informasjon i tilfeller hvor det ikke er atferdsendring. Hvis det ikke lar seg gjøre å avdekke verdsettingen i kroner, bør denne typen nytte behandles under ikke-pris-satte konsekvenser.

Undersøkelser av trafikantenes verdsetting av informasjon kan alternativt erstatte "vanlig" trafikantnytteberegning i sin helhet. Da unngås vanskelig datainnsamling og fare for dobbelttelling av konsekvenser.

Et grunnleggende spørsmål er om nytten ved ITS-tiltak i hovedsak er av typer som fanges opp i "vanlig" NKA, eller om de andre typene konsekvenser vi har diskutert er av så stor betydning at det bør utarbeides mer konkrete opplegg for å beregne nytten av disse. Svaret kan bare finnes gjennom økt kunnskap om nyttevirkningene av ITS. Derfor ville det uansett være interessant å prøve å måle og verdsette de konsekvensene vi har nevnt som ikke vanligvis beregnes. Da ville man kanskje kunne synliggjøre eventuelle mangler ved dagens metodikk for samfunnsøkonomisk evaluering av ITS-investeringer.



**Summary:**

# **Cost-benefit analysis as an evaluation tool for ITS investments**

## **Introduction**

Intelligent transportation systems (ITS) make use of advanced information technology to collect, process and present information on traffic conditions. The aim is usually increased mobility, traffic safety improvements, reduced environmental deterioration or combinations of these. ITS systems of various extents are used in goods transportation and individual and public transportation.

Cost-benefit analysis (CBA) is a tool for economic evaluation and for ranking alternatives. Since the form of CBA applied to infrastructure investments is developed for more traditional road investments, one might question the method's ability to evaluate ITS investments. In this report we try to answer this question and identify areas where ITS evaluation offers different challenges than in economic evaluation of traditional road investments.

ITS is a large field in continuous development. CBA is primarily a tool for systemising the basis for decisions concerning public spending. Hence we have chosen to delimit the project to ITS applications which are likely to be financed by the public sector. We assume that these primarily are applications where information in principle is available to all travellers, as opposed to applications of a more private nature such as in-vehicle safety systems and navigation systems. Our focus is mainly on traffic management systems. Many ITS applications in traffic management are used or are likely to be used in Norway.

## **Identification of problems**

Traffic management can take place through restrictions and through information and recommendations. Regarding the former, we cannot find any reason to deviate from traditional CBA methodology. However, when traffic management is carried out through the provision of information, a few questions arise:

Firstly, there is a need for knowledge about how the travellers will respond to information. ITS is applied in order to influence decisions such as mode choice, route choice, choice of departure time and destination, or the decision to travel at all. How can we make realistic assumptions about travellers' responses when the ITS application is relatively new?

Secondly, information gives travellers a better basis for decisions. Benefits might be of a different kind than what is the case for traditional road investments. How can we measure and value the benefits?

## Simulation of travel behaviour

Often it will be necessary to use a transport model as a foundation for the cost-benefit analysis. Many transportmodelling software packages, among them TRIPS and EMME/2, assume that travellers are fully informed. With some adjustments it is possible to use such models for simulations of the traffic impacts of information. Alternatively, one could use models that are developed for ITS evaluation. For ITS applications that provide real time traffic information, dynamic models are more appropriate than the static models mentioned above. Some of the dynamic models require detailed data and can be quite time consuming for large-scale analyses.

A detailed modelling of traveller behaviour requires knowledge about how the travellers respond to information. Factors that influence the response is, among others, the tendency to react to information, how well the travellers know the area, capacity on alternative routes and the risk of the information being false.

## User benefits

CBA calculations of user benefits to individuals captures the benefits that derive from behavioural changes that influence generalised costs (G) and the number of trips. These behavioural changes are just one of several types of consequences that ITS investments might lead to.

Among other possible consequences there are changes in time buffer and changes in departure time. With information about the travel time, travellers can reduce the time buffer imposed by uncertainty. Another possible effect is that travellers start earlier because they receive information about unexpected delays. Generalised costs will not necessarily change as a consequence of information, at least not the way G is usually defined. By including in G the costs of arriving late or early, one will take into account a kind of time costs that some ITS investments are intended to reduce. Instead of including the costs of unpunctual arrival, one could perhaps include a cost related to the variance of generalised cost.

Reduced stress and increased comfort is also one type of consequence of information. Such quality improvements may occur also in cases where there is no change in traveller behaviour, and using standard CBA we will not find any changes in user benefits. Quality improvements may be treated as part of the analysis of qualitative consequences that accompanies CBA in a complete analysis of consequences. However, if there is willingness to pay for information it should be possible to measure this quality improvement in monetary terms, for instance by means of interviews. In cases where other benefits of information is included (e.g., reduction of time costs) there is a risk of double counting.

Usually, we are not able to separate the benefits of information from the benefits that derive from the behavioural changes that follow from information. Instead of focusing on the travel impacts and calculating user benefits on that basis, one could

draw one's attention to the valuation of receiving information. User benefits could then be calculated by means of the travellers' direct valuation of benefits through stated preference surveys. That way, benefits that are not usually calculated in standard CBA would in principle be taken into account. In addition, one would avoid difficult data collection for transport models.

## Other parts of CBA

Regarding the other benefits and costs which are calculated in CBA, we do not see any fundamental problems related to *valuation*, i.e. unit costs. However, some calculations depend on the output from a transport model, implying that there might be a problem of *measurement*, as discussed in the section on simulation of travel behaviour above.

It would be reasonable to use a shorter time horizon for analyses of ITS investments than for road investments. 10 years seems to be common in ITS analyses.

A lower discount rate than in CBA of road investments should be considered in CBA of ITS investments, on the grounds that a larger part of the costs of ITS investments are variable costs.

ITS investments are reversible to a greater extent than traditional road investments. Had it been common practice to include in CBA (in general) a cost of lost flexibility of decision, results of CBA of ITS investments would have become relatively better.

## Examples

We have selected eight ITS applications and studied how they are evaluated in the literature, which consequences they are likely to have, and if standard CBA would be an appropriate evaluation tool. Of the eight applications, we consider the following to be no more problematic than traditional road investments with respect to CBA: Traffic management systems for tunnels, signal priority, ramp control (ramp metering) and electronic toll collection. Applications that require increased knowledge of travellers' response in order to do simulations are: Traffic management by means of information presented on variable message signs (VMS) etc., incident management, traffic management in case of severe air pollution, and advanced road pricing systems. Using CBA with standard user benefit calculation there is also a risk of not taking into account some of the benefits of the applications information given on VMS, incident management and advanced road pricing.

As an example for more detailed study we chose the traveller information system on the E18 through Vestfold County, run by the National Public Roads Administration. We have discussed different considerations that are relevant if one was to carry out a CBA of the project before it was implemented.

## Conclusions and recommendations

In the main, CBA is an appropriate tool for economic evaluation of ITS investments. For many ITS applications the CBA methodology will be equally

suitable as for the evaluation of more traditional road investments. However, there may be greater uncertainty in ITS evaluation because of the new technology and because of the absence of historical data on travellers' response to information. Hence, predicting the impacts on travel will be more difficult. As ITS systems will provide traffic data this problem will be smaller in the future.

Some modifications of the methodology might make CBA a better evaluation tool for ITS. In order to make the calculations of the benefits of information more complete we could include the costs of arriving early or late. Further work is needed on how this time consumption should be measured and valued. Alternatively, we could include the cost of the variance of generalised costs. In that case there is a need to develop a calculation method.

There might exist a willingness to pay for information also when the travellers do not alter their behaviour. Surveys might be conducted to reveal the valuation of information in cases without behavioural changes. If it is impossible to reveal valuation in money terms this type of benefits should be treated in the analysis of the qualitative consequences of the investment.

Surveys of travellers' valuation of receiving information could alternatively replace "ordinary" user benefit calculation as a whole. Difficult data collection and risk of double counting of consequences would then be avoided.

A fundamental question is if the benefits of ITS applications in the main will be captured in standard CBA, or if the types of benefits we have discussed are of such an importance that further development of the methodology is needed. The answer can only be found through increased knowledge about the consequences of ITS. Therefore, it would be worthwhile anyway to try to measure and value the benefits we have mentioned which are not usually calculated. That way one might perhaps be able to make visible some possible weaknesses in the economic evaluation methodology when applied to ITS investments.

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	I
<b>Summary</b> .....	i
<b>1 Innledning</b> .....	1
1.1 Bakgrunn for prosjektet .....	1
1.2 Problemstillinger og metode .....	1
1.3 Disposisjon av rapporten .....	2
<b>2 Hva er ITS?</b> .....	4
2.1 Klassifisering .....	4
2.2 Avgrensning .....	7
2.3 Nærmere om trafikkstyringssystemer .....	8
<b>3 Om NKA og retningslinjer for ITS-evaluering i noen land</b> .....	11
3.1 Konsekvensutredning og nytte-kostnadsanalyse i Norge .....	
3.2 Tidligere forskning på nytte-kostnadsanalyse av ITS .....	13
3.3 Evaluering i noen andre land .....	16
3.4 Prissatte og ikke-prissatte konsekvenser .....	17
3.5 Definisjon av alternativer .....	18
<b>4 Modellering av trafikale effekter av ITS-tiltak</b> .....	20
4.1 Modellen MATS .....	20
4.2 Om verktøy for modellering av informasjonstiltak .....	21
4.3 Informasjon og trafikantatferd .....	23
<b>5 Nytte- og kostnadselementer</b> .....	26
5.1 Investering, drift og vedlikehold .....	26
5.2 Miljø .....	27
5.2.1 Konsekvenser av ITS-tiltak for miljøet .....	27
5.2.2 Miljøkostnader .....	27
5.3 Ulykker .....	27
5.3.1 Konsekvenser av ITS-tiltak for trafiksikkerhet .....	27
5.3.2 Ulykkeskostnader .....	28
5.4 Resultat for kollektiv-, parkerings- og bomselskap .....	29
5.5 Ulempekostnader ved ferjesamband .....	29
5.6 Skatter, avgifter og skyggepris på offentlige midler .....	29
5.7 Oppsummering .....	30
<b>6 Beregning av trafikantnytte</b> .....	31
6.1 Trafikantnytteberegning ved tradisjonelle vegtiltak .....	31
6.2 Informasjon som kvalitetsforbedring .....	33
6.2.1 Ikke-prissatt konsekvens .....	34
6.2.2 Økt betalingsvillighet .....	34
6.3 Reisekostnadsbegrepet .....	35
6.4 Reduksjon i reisekostnadenes varians .....	37
6.5 RP- og SP-metoder .....	40
6.6 Oppsummering og anbefaling .....	41

---

<b>7</b>	<b>Nåverdiberegning og presentasjon</b> .....	43
7.1	Risikovurderinger, kostnadsstruktur og diskonteringsrente.....	43
7.2	Presentasjon av analysen.....	44
<b>8</b>	<b>NKA og eksempler på ITS-tiltak</b> .....	46
8.1	Utvalg av tiltak.....	46
8.2	Trafikkstyring: informasjon på variable skilter m.m. ....	47
8.3	Trafikkstyring: Håndtering av hendelser.....	47
8.4	Trafikkstyringssystem for tunneler .....	49
8.5	Trafikkstyring: Signalprioritering .....	50
8.6	Trafikkstyring: Tilfartsregulering .....	51
8.7	Trafikkstyring ved dårlig luftkvalitet .....	52
8.8	Elektronisk bompengerekrav .....	52
8.9	Avansert vegprisingssystem.....	54
8.9.1	Trafikkstyring og vegprising .....	54
8.9.2	Vegprising med avansert differensiering.....	55
8.9.3	NKA og vegprising.....	55
8.10	Oppsummering .....	56
<b>9</b>	<b>Eksemplet ”Trafikkinformasjon E18 Vestfold”</b> .....	57
9.1	Kort beskrivelse av prosjektet.....	57
9.2	Skisse av en nytte-kostnadsanalyse av prosjektet .....	57
<b>10</b>	<b>Oppsummering</b> .....	63
10.1	Oppsummering og konklusjoner .....	63
10.2	Videre forskning.....	63
	<b>Litteratur</b> .....	65
	<b>Vedlegg</b>	
	Beskrivelse av noen ITS-anvendelser.....	71

---

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn for prosjektet

Andre virkemidler enn fysiske kapasitetsutvidelser tvinger seg fram i vegsektoren etter hvert som trafikken vokser og infrastrukturen beslaglegger stadig større arealer. Intelligente transportsystemer (ITS) er hjelpemidler til å utnytte eksisterende kapasitet bedre. ITS kan også brukes i sikkerhets- og miljøtiltak og i andre transportsystemer enn vegnettet.

Etter hvert som ITS blir mer utbredt og nye ITS-prosjekter blir aktuelle, melder behovet seg for evalueringsverktøy. I samfunnsøkonomiske analyser av ITS-prosjekter kan det være andre hensyn å ta enn i tilsvarende analyser av mer tradisjonelle infrastrukturtiltak. Samtidig ønsker vi at analysene skal være sammenlignbare.

Denne rapporten er sluttdokumentasjonen av prosjektet ”Samfunnsøkonomiske evalueringer av ITS-investeringer”, et prosjekt under programmet LOGITRANS i Norges Forskningsråd.

## 1.2 Problemstillinger og metode

Nytte-kostnadsanalyse (NKA) er det primære verktøyet som brukes i samfunnsøkonomisk evaluering i transportsektoren. NKA kan brukes til evaluering av allerede gjennomførte prosjekter, men vårt fokus er på NKA som bidrag til beslutningsgrunnlaget *før* eventuell iverksetting. NKA er et hjelpemiddel til å avgjøre om et prosjekt er samfunnsøkonomisk lønnsomt og dermed bør iverksettes. Det er også et hjelpemiddel til å prioritere mellom prosjekter, utfra kriteriet om mest mulig nettonytte per investert krone.

I 1999 gjennomførte vi et forprosjekt med følgende problemstilling:

*Hva må til for at nytte-kostnadsanalyse skal bli et bedre verktøy for å analysere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av ITS-investeringer?*

Spørsmålet i seg selv antyder at ordinær metodikk for nytte-kostnadsanalyse ikke fungerer godt nok ved evaluering av ITS-tiltak. Bakgrunnen for denne antakelsen er at utenlandsk litteratur tyder på at dagens NKA-metodikk ikke fullt ut er i stand til å fange opp nytten ved ITS-tiltak.

Forprosjektet identifiserte noen problemstillinger som vi har jobbet videre med i dette hovedprosjektet. Første delproblem er hvilke krav vi må stille til transportmodeller for at de skal gi de relevante dataene som ligger til grunn for en nytte-kostnadsanalyse. Hvordan kan vi simulere de trafikale effektene av informasjonstiltak? Tar transportmodellen høyde for at trafikantene ikke besitter fullkommen

informasjon i utgangspunktet? Og hvordan kan vi gjøre forutsetninger om trafikantenes respons på informasjonen?

Andre delproblem er om ITS-tiltak gir andre samfunnsøkonomiske konsekvenser enn mer tradisjonelle tiltak, slik at det er virkninger som skal inkluderes i analysen i tillegg til de nytte- og kostnadselementene man vanligvis beregner ved vegtiltak. Spørsmålet reiser seg fordi ITS-tiltak virker gjennom andre mekanismer enn tradisjonelle tiltak. Istedenfor fysiske utvidelser og forbedringer i transportsystemet dreier det seg om bedre utnyttelse av det eksisterende transportsystemet. Og ikke bare det: Informasjonstiltak er ment å sette trafikantene i stand til å ta bedre transportbeslutninger, noe som bidrar til bedre planlegging og kontroll over egen situasjon både for enkeltpersoner og næringslivet.

Tredje delproblem gjelder beregningen av de enkelte nytte- og kostnadselementene. Hvordan *måle* konsekvensene av et ITS-tiltak? Hvordan *verdsette* (prissette) konsekvensene for å finne den samfunnsøkonomiske virkningen?

I hovedprosjektet har vi sett andre og tredje delproblem under ett. Vi oppfatter det ikke slik at det er nye nytte- eller kostnadselementer som skal inkluderes, men heller en modifisering av elementer som allerede er vanlig å ta med. Eventuell nytte utover det som fanges opp i ”vanlig” NKA er knyttet til trafikantnytte.

Metoden i prosjektet har i hovedsak vært litteraturstudier. De viktigste kildene når det gjelder NKA-metodikk generelt har vært Finansdepartementet (2000), Statens vegvesen (1995a) og Minken et al. (2000). For å få en oversikt over de mange ulike anvendelsene innen ITS har internett vært et hjelpemiddel, mens Perrett et al. (1996) og Vejdirektoratet (1999) har vært blant de viktigste litterære kildene. Av arbeider som tar for seg ITS-evaluering og spesielt NKA av ITS, har de mest sentrale vært Brand (1998), Gillen et al. (1999) og EVA Consortium (1991). Litteratursøk i databasen Transport har bidratt til oversikt over relevant litteratur. Videre har vi vært i kontakt med andre forskningsmiljøer gjennom deltakelse på en nordisk ITS-konferanse og et internasjonalt seminar om ITS-evaluering.

### 1.3 Disposisjon av rapporten

Før vi kan ta stilling til hvordan NKA egner seg til ITS-evaluering, må vi avklare hva slags ITS-tiltak vi sikter til. I kapittel 2 gir vi en oversikt over ulike ITS-anvendelser, og gjør deretter en avgrensning av prosjektet.

Vi må også avklare hvordan NKA brukes som evalueringsverktøy i dag. Dette er første tema i kapittel 3. Kapitlet fortsetter med en gjennomgang av noen tidligere arbeider om NKA av ITS, samt retningslinjer for ITS-evaluering fra noen andre land. Til slutt tar vi for oss to temaer knyttet til NKA generelt, og ser disse i forhold til ITS: Forholdet mellom prissatte og ikke-prissatte konsekvenser, og valg av null- og tiltaksalternativer i analysen.

En nytte-kostnadsanalyse bygger på data fra en trafikkanalyse. Kapittel 4 tar for seg utfordringer ved transportmodellbruk i forbindelse med ITS-evaluering.

Når man har data fra trafikkanalysen og andre inngangsdata til NKA, skal de enkelte nytte- og kostnadselementene beregnes. Alle disse, med unntak av trafikantnytte, gjennomgås i kapittel 5. Vi gir ingen detaljert oppskrift for hvordan man



bør gå fram, men diskuterer hvorvidt det er spesielle hensyn å ta når det er ITS-tiltak som analyseres.

Kapittel 6 er viet trafikantnytteberegning. Først presenteres prinsippet for trafikantnytteberegning generelt, og deretter diskuteres problemer ved å fange opp nytten ved ITS-tiltak. Noen mulige løsninger presenteres.

Når årlige nytte- og kostnadsbeløp er beregnet, skal disse neddiskonteres og summeres over analyseperioden. Kapittel 7 tar opp nåverdiberegning, og spesielt valg av diskonteringsrente. Til slutt omtales hvordan analyseresultatene bør presenteres.

I kapittel 8 knytter vi de teoretiske betraktningene fra kapitlene 4-7 sammen med eksempler på ulike ITS-tiltak. En del utenlandske analyser av tiltakene omtales.

I kapittel 9 går vi grundigere inn i et eksempel: Trafikkinformasjon på E18 i Vestfold. Vi tar for oss hvordan en NKA av prosjektet kunne vært gjort i lys av vår diskusjon av NKA av ITS-tiltak.

## 2 Hva er ITS?

Intelligent Transport(ation) Systems (ITS), Advanced Traffic Telematics (ATT) og Road Transport Informatics (RTI) er betegnelser som har vært brukt om den samme typen tiltak, nemlig informasjons- og kommunikasjonsteknologi anvendt i transportsystemer. Betegnelsen ATT har vært utbredt i Europa mens det har vært vanlig å kalle det ITS i USA og Canada. Betegnelsen ITS ser etter hvert ut til å vinne terreng i hele verden. Vi velger å bruke *intelligente transportsystemer* (ITS) på norsk.

Større og mindre ITS-systemer brukes innen godstransport, kollektivtrafikk og privatbiltrafikk. Formålene med ITS-investeringer kan være bedre framkommelighet, trafiksikkerhet, miljøhensyn eller kombinasjoner av disse. ITS er annerledes enn mer tradisjonelle transportinvesteringer i den forstand at det dreier seg om et skifte i teknologi snarere enn fysiske kapasitetsutvidelser. Moderne teknologi åpner for raskere innhenting, bearbeiding og formidling av informasjon. I intelligente transportsystemer utnyttes dette til å påvirke folks transportbeslutninger med sikte på å oppnå målsettingene om effektiv, sikker og miljøvennlig transport.

Visse former for automatikk fantes for enkelte innretninger i transportsystemet allerede i første halvdel av 1900-tallet. Kjøretøyaktiverte trafikksignaler ble tatt i bruk i USA i 1928. Men utviklingen av det vi i dag tenker på som ITS skjedde senere. I 1960- og 70-åra ble det utviklet teknologier som nå er viktige komponenter i ITS, som for eksempel datastyrte trafikksignaler og variable skilt. Ny teknologi la grunnlaget for videreutvikling og utprøving i 1980-åra. I løpet av 1990-åra har ITS-prosjekter blitt iverksatt i større skala.

### 2.1 Klassifisering

For å få en skjematisk oversikt over mest mulig av feltet ITS, og for å få et grunnlag for å gjøre avgrensninger i prosjektet, er det hensiktsmessig med en klassifisering av ITS-anvendelser. Klassifiseringen i tabellene 2.1-2.3 bygger først og fremst på Perrett et al. (1996), men også på ERTICO<sup>1</sup> (1999) og egne vurderinger. Perrett et al. har evaluert potensiell nytte av en rekke transporttelematikk-anvendelser som ble regnet for å være av interesse for det britiske Department of Transport. I deres rapport sorteres anvendelsene først i tre områder: Områder hvor det er aktuelt for offentlig sektor å drive, områder hvor både offentlig og privat sektor sannsynligvis vil være aktive, og områder mest aktuelle for privat sektor. På neste trinn i hierarkiet skilles det mellom åtte delområder (som for eksempel trafikkovervåking, planlegging av kollektivreiser, styring av godstransporter og ”intelligente” kjøretøyer). På laveste trinn i hierarkiet listes det opp en rekke an-

---

<sup>1</sup> European Road Transport Telematics Implementation Co-ordination Organisation

vendelser (som for eksempel hastighetsregulering, trafikantinformasjonssystemer i kollektivtransport, kjøretøylokalisering og anti-kollisjonssystemer). ERTICO presenterer en klassifisering av hva de kaller ITS-tjenester på sine internettsider. Der brukes seks kategorier, til dels overlappende med Perrett et al. (1996) .

I tabellene 2.1-2.3 har vi skilt mellom typer ITS-anvendelser som trolig er aktuelle for henholdsvis offentlig, offentlig og privat og ren privat investering. I tillegg til de nevnte kildene har vi supplert med anvendelser fra Leviäkangas og Pili-Sihvola (1999) og Vejdirektoratet (1999). Opplistingen er selvsagt ikke uttømmende. ITS er et omfattende felt, og et felt i stor utvikling.

En kort beskrivelse av en del av anvendelsene finnes i vedlegget til denne rapporten.

Noen anvendelser passer flere steder i tabellene, men er tatt med bare en gang. Kun integrerte betalingssystemer er nevnt under betalingssystemer, selv om dette området også omfatter separate systemer som elektronisk billettering og elektronisk innkreving av bompenger/vegprising. Disse er imidlertid listet under andre områder.

Klassifiseringen kunne vært organisert etter andre prinsipper enn dem vi har fulgt. En alternativ klassifisering er inndeling etter typen virkemiddel, for eksempel ulykkesreducerende virkemidler for seg, køredukerende for seg, miljøtiltak for seg osv.

**Tabell 2.1:** Anvendelsesområder som sannsynligvis er mest aktuelle for offentlig investering

---

**Område: Trafikkovervåking og etterspørselsregulering**

---

1. Trafikkovervåking
2. Håndtering av ulykker og andre hendelser
3. Værmålestasjoner
4. Variable skilt med melding om hendelser, evt. anbefalte ruter
5. Lysende kantstolper for å varsle uventet fartsreduksjon
6. Kjørefeltssignaler (variable skilt for det enkelte kjørefelt)
7. Tilfartsregulering for å redusere køproblemer på motorveg
8. Variable fartsgrenser foran købelastede strekninger for å redusere kø og utslipp
9. Informasjon ved påbudt eller anbefalt omkjøring
10. Signalprioritering for enkelte kjøretøygrupper
11. "Urban traffic control" (bl.a. koordinering av signaler i flere kryss)
12. Trafikkstyring ved dårlig luftkvalitet for å redusere utslippene i belastede områder
13. Oppdatert informasjon om parkeringsmuligheter for å redusere trafikkarbeid
14. Dynamisk informasjon ved park&ride-punkter for å øke overgangen til kollektivtransport
15. Elektronisk betaling / adgangsbegrensning for å spare tidskostnader (mindre kø)
16. Fartskontroll ved hjelp av trafikkovervåkingssystem

**Område: Anvendelser for vegger i spredtbygde strøk og/eller med liten ådt**

17. Varsling om dyr nær vegen for å redusere ulykkeskostnader
18. Informasjon om vær- og kjøreforhold der det er få eller ingen alternative ruter

**Område: Tilrettelegging for utsatte trafikantgrupper**

19. "Intelligente" fotgjengeroverganger
  20. Hensyn til fotgjengere og syklister integrert i kontrollsystem
  21. Forskjellige hjelpemidler for funksjonshemmede
- 

**Tabell 2.2:** Anvendelsesområder som kan være aktuelle både for offentlig og privat investering

---

**Område: Kollektivtransport**

---

22. Trafikantinformasjon før reisen / Ruteplanlegging
23. Trafikantinformasjon under reisen
24. Etterspørselsstyrt tilbud av kollektivtransport
25. Elektronisk billettering for å spare tidskostnader og få data om etterspørselen
26. Sikkerhetssystemer mot kriminalitet m.m. for å øke kollektivandelen

**Område: Betalingssystemer**

27. Integreerte elektroniske betalingssystemer for å spare tids- og administrasjonskostnader

**Område: Administrasjon av bildeling**

28. Bestillingssystem og trafikk- og parkeringsinformasjon for å redusere trafikkarbeidet
-

**Tabell 2.3:** Anvendelsesområder som sannsynligvis er mest aktuelle for private investeringer

---

**Område: Førerinformasjon og navigasjonshjelpemidler**

---

- 29. Trafikkinformasjon i bilen (ikke ruteveiledning)
- 30. Ruteveiledning basert på statisk kart for trafikanter som ikke kjenner området
- 31. Ruteveiledning basert på oppdatert trafikkinformasjon (dynamisk)

**Område: "Intelligente" kjøretøyer**

- 32. "Cruise control" for bedre komfort
- 33. Automatisk hastighetsregulering for å redusere ulykkeskostnader
- 34. Anti-kollisjonssystemer for å redusere ulykkeskostnader
- 35. Overvåking av fører og kjøretøy; reagerer på atferd som truer trafikksikkerheten
- 36. Utstyr for å holde bilen i kjørefeltet slik at utforkjøring og kollisjoner forhindres
- 37. Automatisk regulering av dårlig fungerende motor; tilbakemelding om utslipp
- 38. Egne kjørefelt for "intelligente" kjøretøyer for å øke framkommeligheten

**Område: Godstransport**

- 39. Lokalisering av kjøretøy for bedre informasjon til fører og ledelse
  - 40. Flåtestyring for å redusere kostnader per leveranse
  - 41. Administrasjon av transport av farlig gods
  - 42. Koordinering av godstransport i byer for å redusere kostnader per leveranse
  - 43. Eget transportnettverk for "intelligente" godstransporter
- 

## 2.2 Avgrensning

Hva slags ITS-investeringer er det vi tenker oss skal være gjenstand for den type samfunnsøkonomisk lønnsomhetsvurdering vi behandler i dette prosjektet?

Som en første tilnærming kan vi si at det er mest interessant for oss å holde oss til anvendelser der offentlige investeringer er aktuelt. Dette fordi vårt prosjekt har et samfunnsøkonomisk perspektiv, og nytte-kostnadsanalyse til syvende og sist skal bidra til beslutningsgrunnlaget for best mulig bruk av nettopp offentlige midler. Videre vil vi konsentrere oss om anvendelser som enten er i bruk eller kan tenkes å bli vurdert for bruk i Norge. Dette for å sikre best mulig relevans. Men det utelukker selvsagt ikke at evalueringsmetoden kan brukes på andre ITS-prosjekter.

Hvilke anvendelser som er av privat og hvilke som er av offentlig karakter, er diskutert i utenlandsk litteratur (bl.a. Kanninen (1996)), uten at konklusjonene automatisk kan overføres til norske forhold. Tabellene i forrige avsnitt gir en pekepinn om hvilken inndeling vi ser for oss. Tabell 2.3 inneholder anvendelsesområder hvor investeringene trolig vil komme fra privat sektor. Det dreier seg om prosjekter som kommer de bedriftene eller personene til gode som har anskaffet seg spesielt utstyr til formålet. Riktignok er en felles infrastruktur i mange tilfeller nødvendig for å kunne bruke utstyret, og det kan argumenteres for og imot at det er en offentlig oppgave å finansiere denne infrastrukturen. Hvis det offentlige velger å gå inn med midler, så er samfunnsøkonomisk analyse av slike prosjekter aktuelle. Her er det stor usikkerhet forbundet med trafikantnytteberegningene. De

trafikanter som har det individuelle ITS-utstyret i sitt kjøretøy, opplever antakelig økt nytte, men hva med øvrige trafikanter?

Med offentlig og privat karakter tenker vi ikke bare på hvilken sektor finansieringen kommer fra – for øvrig et forhold som trolig vil endre seg på sikt. Et offentlig gode i samfunnsøkonomisk teori er kjennetegnet av at det er åpent for alle å nyte godet så sant det er tilbudt, og det er ikke mulig å utelukke noen fra å nyte det. Én persons konsum vil heller ikke forhindre at en annen person kan konsumere samme godet. Et klassisk eksempel er et lands forsvar. I ITS-sammenheng kan vi si at et trafikkstyringssystem som informerer trafikantene via variable tavler har karakter av å være et offentlig gode, mens for eksempel et antikollisjonssystem for en bil er et privat gode.

Vi vil ikke inkludere private ITS-anvendelser i prosjektet, som sagt fordi prosjektet har et samfunnsøkonomisk perspektiv. I stedet vil vi konsentrere oss om ITS-tiltak der informasjonen i prinsippet er tilgjengelig for "alle" og ikke primært krever at den enkelte anskaffer spesielt utstyr. Dette er tilfelle for de anvendelsesområdene som inngår i tabell 2.1.

ITS i kollektivtransport kommer i en mellomstilling, sammen med andre anvendelser nevnt i tabell 2.2. Tiltak av typen nr. 22-26 vil sannsynligvis være et anliggende for operatørselskapene, og gjenstand for offentlig finansiering i den grad det offentlige er involvert i driften av kollektivtransporten. Samtidig kan de oppfattes som virkemidler myndighetene kan bruke for å trekke flere bilførere over til kollektive transportmidler. Å gjøre nytte-kostnadsanalyser av denne typen tiltak er relevant, men med de rammene dette prosjekt har, bør dette heller behandles i et separat prosjekt.

ITS-prosjekter spesielt rettet mot fotgjengere, syklistene og funksjonshemmede velger vi ikke å behandle i prosjektet. På disse feltene er ikke NKA godt nok utviklet selv for tradisjonelle investeringer. Dessuten vil disse prosjektene ofte være små, mens vi i hovedsak vil konsentrere oss om tiltak av større omfang.

Konklusjonen er at vi vil fokusere på trafikkstyringssystemer. Elektronisk betaling av bompenger/vegprising vil også bli omtalt. Avgrensningen betyr imidlertid ikke at diskusjonen om evalueringsmetodikk ikke er relevant for andre ITS-tiltak.

## 2.3 Nærmere om trafikkstyringssystemer

Byggesteinene i trafikkstyringssystemer er dataregistrering, en sentral, presentasjonsmedia og kommunikasjonskanaler mellom disse enhetene (Vejdirektoratet, 1999). Figur 2.1 viser hva som kan inngå i hver "byggestein".

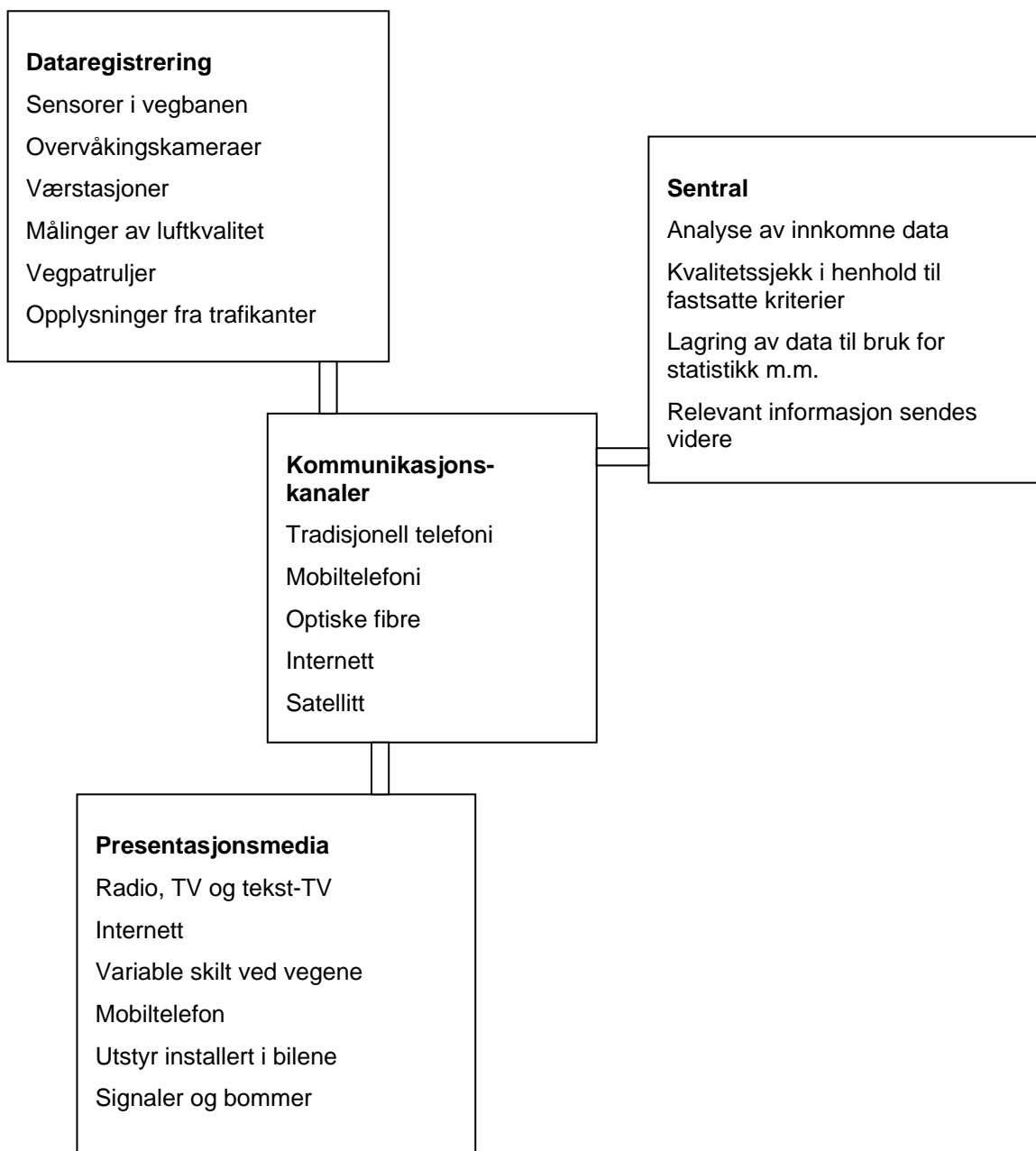
Staten Georgia i USA har et omfattende trafikkstyringssystem kalt Navigator. I Navigator finner vi igjen byggesteinene fra figur 2.1. Et *Transportation Management Center* og sju mindre *Transportation Control Centers* knyttet til dette ivaretar sentralens oppgave. Dataregistrering skjer blant annet ved hjelp av 66 overvåkingskameraer og 318 videokameraer, samt vegpatruljer. Kommunikasjonskanalene i figur 2.1 er i bruk. Som presentasjonsmedia brukes blant annet internett og 41 variable skilt (Presley og Wyrosdick, 1998).

Et norsk eksempel er Vegtrafikksentralen i Oslo, som dekker Oslo, Akershus, Østfold, Hedmark og Oppland. Dataregistrering foregår med sensorer, klimastasjoner, meldinger fra trafikanter, og over 300 overvåkingskameraer. Informasjonen presenteres utad ved hjelp av internett, trafikkmeldinger i radio, tekst-TV, variable skilt og telefonnummer 175. Vegtrafikksentralen spiller rollen som koordinator mellom politi, brannvesen og andre ved for eksempel store idrettsarrangementer.

Vegnettet og teknologien som Vegtrafikksentralen dekker, er ganske variert. For en del tunneler i Oslo brukes avansert teknologi i spesielle styringssystemer for trafikkregulering i tunneler. Dette sikrer best mulig reaksjon på hendelser i tunnelene.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Kilde: Informasjonsbrosjyre fra Statens vegvesen om Vegtrafikksentralen i Oslo, samt befaring på Vegtrafikksentralen.



**Figur 2.1:** Byggesteiner i trafikstyringssystemer (Basert på Vejdirektoratet, 1999)



## 3 Om NKA og retningslinjer for ITS-evaluering i noen land

Innledningsvis i dette kapitlet tar vi kort for oss hvordan nytte-kostnadsanalyse brukes til å vurdere samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Deretter ser vi på forskning og retningslinjer fra Europa og USA for bruk av NKA i ITS-sammenheng. Til slutt tar vi for oss to temaer knyttet til NKA generelt, og ser disse i forhold til ITS: Forholdet mellom prissatte og ikke-prissatte konsekvenser, og valg av null- og tiltaksalternativer i analysen.

### 3.1 Kort om nytte-kostnadsanalyse

#### 3.1.1 Formålet med nytte-kostnadsanalyser

Nytte-kostnadsanalyse er standardmetoden for vurdering av den samfunnsøkonomiske lønnsomhet ved offentlige investeringsprosjekter. Metoden kan beskrives som forsøk på å veie sammen alle nytte- og kostnadselementer ved investeringsprosjektene på en systematisk måte. Kostnadene og nytten regnes i kroner. For å vurdere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten til prosjektet skal en benytte *nåverdikriteriet*. Dette kriteriet sier at et prosjekt er samfunnsøkonomisk lønnsomt hvis og bare hvis den neddiskonterte verdien av alle fremtidige inntekter og kostnader er positiv. En nytte-kostnadsanalyse gjennomføres vanligvis før en eventuell beslutning om å igangsette tiltaket, og analysen vil da inngå som en del av beslutningsgrunnlaget.

I NOU 1998: 16 *Nytte-kostnadsanalyser – Veiledning i bruk av lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor* heter det at ”Hovedformålet med nytte-kostnadsanalyser er å klarlegge og synliggjøre konsekvensene av alternative tiltak før beslutninger fattes.” (s. 10) Slike konsekvenser er bl.a. kostnader som skal belastes offentlige budsjetter, utgifts- og inntektsendringer for private husholdninger og næringslivet, og virkninger miljø, helse og sikkerhet. Endringer i tidsbruk for trafikanter er også ofte viktig ved transporttiltak.

#### 3.1.2 Nytte-kostnadsanalyse som del av en konsekvensanalyse

Nytte-kostnadsanalysen er en gjerne en del av konsekvensutredningen/-analysen. Det er de konsekvensene som en har funnet forsvarlig å prissette, dvs. sette en kroneverdi på, som inngår i nytte-kostnadsanalysen.

I Vegdirektoratets Håndbok 140 defineres *konsekvensanalyser*, slik de utføres av Statens vegvesen slik (Statens vegvesen 1995a, s. 26):

*Konsekvensanalyser* kan beskrives som analyser hvor det gjøres en systematisk vurdering av alle relevante fordeler og ulemper som nye vegsystemer eller tiltak på eksisterende veg- eller gatenett vil føre til – uavhengig av om fordelene og ulempene kan prissettes eller ikke.

Om sonderinger mellom virkninger som måles i penger og virkninger som ikke gjør det, skrives det i NOU 1998: 16 (s. 12):

”I enkelte tilfeller, f.eks. i forbindelse med mange miljøtiltak, kan det være mulig å måle noen virkninger i penger. Andre virkninger kan imidlertid være vanskelige å måle på annen måte enn i fysiske enheter. I slike tilfeller kan vi gjennomføre en nytte-kostnadsanalyse basert på de nytte- og kostnadsvirkningene vi finner det faglig forsvarlig å verdsette. I tillegg må vi imidlertid beskrive de virkningene som ikke verdsettes, slik at også disse virkningene kan inngå i en vurdering av om tiltaket bør gjennomføres.”

### 3.1.3 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet ved nåverdimetoden

I en nytte-kostnadsanalyse verdsettes altså konsekvensene i kroner og øre. Pengeverdiene brukes så til å veie de ulike konsekvensene mot hverandre. Hvis en summerer de beregnede verdiene av alle konsekvensene av et tiltak, og summen blir positiv, sier en at tiltaket er *samfunnsøkonomisk lønnsomt*.

En krone i dag ikke har samme verdi som en krone om ett år. For å kunne sammenlikne og summere gevinster og kostnader som kommer i ulike år, omregner en de årlige nytte- og kostnadselementene til *nåverdi*. Dette er verdien *i dag* av gevinster og kostnader som kommer i fremtidige perioder. *Nåverdimetoden* vil dermed si at den årlige nettonytten (nytte minus kostnader) neddiskonteres til investerings- eller iverksettelsestidspunktet. Netto nåverdi (NNV) er nettoverdien i dag av alle de verdsatte nytte- og kostnadselementene ved prosjektet, og kalkuleres som i formel (1):

$$(1) \quad NNV = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{U_t}{(1+k)^t}$$

$I_0$  er investeringskostnaden som vi antar påløper i år 0,  $U_t$  er nettonytten i år  $t$ ,  $k$  er diskonteringsrenten som settes konstant over tiden, og  $n$  er analyseperioden i antall år.

*Investeringsprosjektet er lønnsomt dersom NNV er større enn eller lik null. Da gir prosjektet en avkastning som er høyere enn avkastningskravet,  $k$ .*

Når vi står overfor en bindende budsjetttramme som gjør at ikke alle lønnsomme prosjekter kan realiseres, kan vi rangere prosjektene etter NNV per enhet av den knappe budsjetttrammen. Vi anvender da netto nåverdi per budsjettkrone (NNB) som lønnsomhetsindikator:

$$(2) \quad NNB = \frac{NNV}{\text{Nåverdi av alle utbetalinger innenfor budsjetttrammen}}$$

Hvis vi ser bort fra andre hensyn enn prosjektenes lønnsomhet, blir beslutningsregelen å gjennomføre prosjektene i rangert rekkefølge inntil budsjettet er brukt opp. Dette vil være korrekt dersom verdien av å øke budsjetttrammen er like stor i alle perioder, og ingen prosjekter er avhengige av hverandre<sup>3</sup>.

### 3.2 Tidligere forskning på nytte-kostnadsanalyse av ITS

Her vil vi omtale Bristow et al. (1997), som vurderer ulike evalueringsmetoder som har vært brukt for transporttelematikk, og Gillen et al. (1999), Zavergiu (1996) og Brand (1998) som representerer alternative innfallsvinkler til nytte-kostnadsanalyse av ITS-prosjekter.

Etter en gjennomgang av evalueringsprosedyrer fra flere prosjekter i USA og Europa, konkluderer Bristow et al. med at mange mener det eksisterer nytte av ITS utover den nytten som vanligvis beregnes i NKA. Denne ekstra nytten er vanskelig å måle og verdsette. Samtidig påpekes det at mange har vært opptatt av å framheve mulig ekstra nytte, mens lite har vært gjort for å studere mulige ekstra kostnader ved ITS.

Flere har identifisert følgende utfordringer i evaluering av ITS-prosjekter:

- Større usikkerhet i modelleringen av virkningene siden teknologien er ny
- Større usikkerhet når det gjelder modellering av trafikantenes respons på tiltakene
- Mulige nye eller annerledes virkninger enn ved mer tradisjonelle prosjekter

Gillen et al. og Brand har noe ulike syn på hvordan disse utfordringene bør møtes. Gillen et al. poengterer

*"...that ITS projects do not differ substantially from conventional projects and therefore does not require any form of special project evaluation. ITS represents a technological change and the only real issue is the measurement of benefits and costs in the absence of historical information."*

Vi tolker dette som at man mener det ikke forekommer nye eller annerledes virkninger ved ITS-prosjekter, men at modellering kan bli et problem siden det fins lite erfaring å basere seg på. Når det mangler pålitelige etterspørselsmodeller anbefaler Gillen et al. å bruke fem kategorier for nytte:

- 1) økt effektivitet i transportsystemet
- 2) mobilitet
- 3) trafiksikkerhet
- 4) produktivitet
- 5) redusere miljøbelastning

---

<sup>3</sup> Dersom disse to betingelsene ikke er oppfylt, kan ikke denne enkle beslutningsregelen benyttes. Det er i stedet nødvendig å beregne lønnsomheten av ulike prosjektkombinasjoner som kan realiseres innenfor gitte restriksjoner.

Videre skal man skille mellom tre typer aktører:

- 1) trafikantene
- 2) instans som står for anskaffelse, drift og vedlikehold
- 3) samfunnet

Nytten i de ulike kategoriene måles for hver type aktør. En del av virkningene vil være relativt uproblematisk å måle. Mer vanskelig er det å måle produktivitetsforbedringer for næringslivet som følge av informasjon om trafikkforhold. Gillen et al. foreslår at dette kan gjøres gjennom å bruke informasjon som en innsatsfaktor i bedriftenes produktfunksjoner. Når det gjelder nytte for privatbilister er det enkelt å måle tidsgevinster og sparte kjøretøykostnader, men økt mobilitet og tilgjengelighet til destinasjoner er også en del av nytten ved ITS. Dette er vanskeligere å måle, og man står i fare for å underestimere nytten.

Både Gillen et al. og Brand peker på at når tilgjengeligheten til destinasjoner forbedres og noen trafikanter kjører lenger enn tidligere, slår det negativt ut i en nytteberegning som er basert på reduksjon i tids- og kjøretøykostnader. Vi forutsetter at trafikantene er nyttemaksimerende. Når trafikanten velger å øke sine tids- og kjøretøykostnader og kjøre til en fjernere destinasjon, innebærer det at trafikanten nå opplever at nytten er minst like stor som kostnadene ved å reise til den nye destinasjonen. Det er altså snakk om en økning i nytte og ikke en reduksjon. Den logiske bristen oppstår hvis vi prøver å beregne nytten ved hjelp av en metode som ikke tar høyde for endringer i reisemønster. Neuburger (1971) klargjør forskjellen mellom ulike nytteberegningmetoder i evalueringen av transportplaner og hvilke feil man risikerer å begå. Ved å velge den best egnede metoden utfra Neuburger, unngår vi det problemet Gillen et al. og Brand peker på. Løsningen er å legge OD-matriser<sup>4</sup> for før- og ettersituasjonen til grunn for nytteberegningene og forutsette at antall reiser for et OD-par avhenger av reisekostnadene (tid + penger), som vist i avsnitt 6.1. Men Gillen et al. har rett i at det blir vanskeligere å etablere OD-matriser når tiltakene er av en ny type og etterspørselssammenhengene ukjente.

I motsetning til Gillen et al. legger Brand vekt på at ITS gir nytte på andre måter enn tradisjonelle infrastrukturinvesteringer, og at dette må få konsekvenser for evalueringsmetoden. Det gjelder ITS-tiltak hvor trafikantene får informasjon og dermed blir i stand til å ta bedre transportbeslutninger. Istedenfor å prøve å simulere virkningene i transportmodeller og på den måten danne et grunnlag for nytteberegningen, bør man finne trafikantenes verdsetting av tiltakene direkte gjennom spørreundersøkelser av typen *stated preference*. Dette ville imøtekomme alle de tre utfordringene nevnt ovenfor. Det er privatbilisters nytte Brand anbefaler å måle på denne måten. Næringslivets nytte kan måles gjennom økt produktivitet.

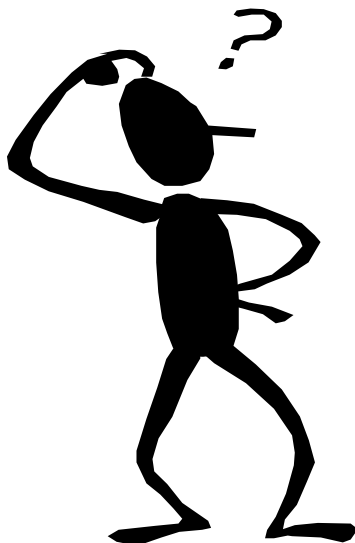
---

<sup>4</sup> OD: origin – destination.

“...ITS projects **do not differ substantially** from conventional projects and therefore **does not require** any form of **special project evaluation**. ITS represents a technological change and the only real issue is the measurement of benefits and costs in the absence of historical information.”

(Gillen et al., 1999)

“ITS **differs considerably** from conventional transportation capacity increases and operational improvements... This difference... **has far-reaching consequences** on the benefit measures and data collection methods needed to plan and evaluate ITS improvements.” (Brand, 1998)



Opplegget til Zavergiu (1996) likner det hos Gillen et al. ved at nytten for ulike aktører identifiseres. Zavergiu kritiserer tradisjonelle nytte-kostnadsanalyser for å være for ensidig opptatt av reduksjoner i tids- og ulykkeskostnader, mens nytte for andre enn trafikantene ignoreres. Et hovedpoeng er at bedre framkommelighet gir positive virkninger i økonomien. For å fange opp alle relevante nyttevirksomheter av et ITS-tiltak anbefaler Zavergiu en metode med et hierarki av nytteaktører. På første nivå, mikronivået, finner vi trafikanten. Denne har primær nytte av tiltaket i form av for eksempel redusert reisetid, redusert stress og økt pålitelighet i transportsystemet. Andre nivå er transportnettverket, hvor vi finner sekundær nytte. Effektivitetsmål og reduksjon i negative miljøeffekter er eksempler på dette. På tredje nivå, det makroøkonomiske nivået, har den berørte regionale økonomien nytte av den økte mobiliteten som tiltaket fører med seg. Viktigheten av å se transportforbedringer i sammenheng med økonomisk aktivitet blir understreket, men det er samtidig klart at slike virkninger er vanskelige å måle. En fjerde gruppe som har nytte av ITS-tiltak er potensielle private investorer og leverandører av ITS-teknologi.

Zavergiu presenterer en metodikk hentet fra ITS America hvor følgende aspekter kobles sammen i en omfattende tabell:

- 29 ITS-anvendelser
- Målsettinger mht. sikkerhet, miljø, mobilitet, produktivitet m.m.
- De fire gruppene som kan dra nytte av ITS-tiltak: Individuelle transportbrukere, infrastrukturholdere, samfunnet og private utstysleverandører.
- Primær nytte, sekundær nytte, gevinster for private leverandører

Man bør være oppmerksom på faren for overlapping mellom de ulike formene for nytte som måles i dette opplegget, slik at man unngår dobbelttelling.

Etter å ha gjennomgått Bristow et al., Brand, Gillen et al. og Zavergiu, ser vi at utfordringene ved nytte-kostnadsanalyse av ITS-tiltak er forsøkt besvart på ulike måter. Flere av kildene legger vekt på å fokusere på hvem som blir berørt av tiltaket og deretter identifisere virkningene for disse. Brand skiller seg fra de øvrige i at han anbefaler å løsrive seg fra de fysiske målene som tidsbruk og kjørelengde i beregningen av trafikantnytte, og heller basere seg på spørreundersøkelser for å avdekke trafikantenes verdsetting av nytten ved tiltakene.

### 3.3 Evaluering i noen andre land

Det finske transport- og kommunikasjonsdepartementet har arbeidet for å utvikle retningslinjer for evaluering av ITS-prosjekter. En rapport ble utgitt i 1998 (Kulmala *et al.* 1998). Nytt-kostnadsanalyse er en del av evalueringen av samfunnsøkonomisk lønnsomhet, sammen med multikriterieanalyse og verbal vurdering. Her anbefales det ikke å bruke nytte-kostnadsanalyse dersom de økonomiske virkningene er meget usikre. For øvrig listes det opp en rekke indikatorer for virkningene av ITS-prosjekter. Indikatorene er sortert i sju kategorier: 1) transportnettverket og dets kostnader, 2) kjøretøyparken og dens kostnader, 3) tilgjengelighet, 4) reisetid og forutsigbarhet, 5) trafikkisikkerhet, 6) støy, utslipp og energifor-

bruk, og 7) komfort. I nytte-kostnadsanalysen er indikatorene til hjelp i beregningen av kostnader knyttet til ulykker, tidsbruk, drift av kjøretøy og miljø. Rapporten viser til enhetspriser gitt av finske vegmyndigheter.

Også Department of Transportation i USA publiserte i 1999 retningslinjer for ITS-evaluering (U.S. Department of Transportation, 1999). Å beregne nytte og kostnader inngår som en del av evalueringsopplegget. Retningslinjene framhever ikke samfunnsøkonomisk lønnsomhet som kriterium, men retter heller søkelyset mot hvordan man kan måle om ITS-tiltak oppfyller ulike delmål, blant annet innenfor trafikkikkerhet, mobilitet, transportsystemets effektivitet, energibruk og miljøvern. Indikatorer på hvert område er foreslått. Et aspekt som ikke dekkes av den nytte-kostnadsmetodikken som er vanlig i Norge, er variabiliteten i reisetid. ITS-tiltak kan bidra til å redusere variabiliteten og dermed gjøre det lettere for næringslivet og privatbilister å planlegge sine transporter bedre. Dette kan redusere den sikkerhetsmarginen man legger inn på grunn av usikkerhet om reisetida.

I EU gjennomførte man innenfor forsknings- og utviklingsprogrammet DRIVE et prosjekt kalt EVA (*Evaluation Process for Road Transport Informatics*). I 1991 ble EVA-manualen publisert (EVA Consortium, 1991). Manualen inneholder rammer for evaluering av *road transport informatics* (RTI), som utgjør en stor del av det vi kaller ITS. Nytte-kostnadsanalyse er en av evalueringsmetodene. Den anbefales for evalueringer hvor konsekvensene kan prissettes. Hvis vesentlige konsekvenser ikke kan prissettes, anbefaler EVA-manualen multikriterieanalyse. Videre anbefales kostnadseffektivitetsanalyse dersom tiltaket skal oppfylle en spesifisert målsetting og pengemessige verdier er tilgjengelige kun for kostnadssiden ved tiltaket. For nytte-kostnadsanalysen sin del er det listet opp relevante komponenter med tilhørende forslag til enhetspriser. Manualen går også detaljert inn på hvilke aktører som kan bli berørt av RTI-tiltak. Dataverktøy (*EVA Computer Program*) hører med til evalueringspakken.

EVA-manualen introduserer en type virkning som det ikke er vanlig å ta fullt ut hensyn til: Reduksjon i såkalt *disposition time*. Dette defineres som tida man bruker på å planlegge en reise, tilpasning til transportmidlets avgangstidspunkt og tida man må vente etter ankomst som følge av enten transportmidlets frekvens eller sikkerhetsmargin på grunn av usikkerhet om reisetida. Endringer i disse formene for tidsbruk er ikke tilstrekkelig fanget opp i ”vanlig” NKA.

### 3.4 Prissatte og ikke-prissatte konsekvenser

Som vi ser av blant annet EVA-manualen og de finske retningslinjene, er ikke nytte-kostnadsanalyse nødvendigvis det anbefalte evalueringsverktøyet for ITS-prosjekter. Vi ønsker å studere hvor godt NKA egner seg til evaluering av ITS og hvordan man eventuelt kunne tilpasse metoden for at den kunne egne seg bedre. Et avgjørende spørsmål er hvorvidt ITS-tiltakene som evalueres gir konsekvenser som ikke prissettes. Tiltak i transportsektoren gir generelt virkninger som

- kan kvantifiseres og prissettes (eks. tidsbesparelser)
- kan kvantifiseres men vanskelig prissettes (eks. hvor stort areal av nærmiljøet vil gå tapt ved en vegutbygging)
- er vanskelig å kvantifisere og dermed prissette

Den første kategorien virkninger inngår i nytte-kostnadsanalyse. For den andre kategorien finnes det metodikk for å evaluere de ikke-prissatte konsekvensene (Statens vegvesen, 1995a). Det brukes en nidelt skala fra ”Meget stor negativ konsekvens” via ”Ubetydelig konsekvens” til ”Meget stor positiv konsekvens”. De ikke-prissatte konsekvensene kan inngå sammen med NKA i en konsekvensanalyse. For den tredje kategorien er man kun i stand til å gjøre verbale drøftinger.

I NKA prissettes også goder som ikke omsettes i noe marked. Det er etablert metodikk for å prissette tidsbesparelser, økt trafikksikkerhet og enkelte miljøforbedringer. Andre goder som ikke har noen markedspris faller utenfor NKA og behandles eventuelt under ikke-prissatte konsekvenser.

Trafikantnyttene utgjør vanligvis en stor del av de prissatte konsekvensene av et tiltak. Slik vil det også være med en rekke ITS-tiltak; trafikantene vil oppleve nytte av tiltaket i form av spart tid og eventuelt sparte kjøretøykostnader. For noen tiltak kan det imidlertid være slik at trafikantene ikke nødvendigvis opplever tidsbesparelser eller reduserte kjøretøykostnader, men at de for eksempel bedre kan tilpasse transportmiddelvalg eller avreisetidspunkt slik at de kommer fram til ønsket tidspunkt. Dette skjer ved tiltak som gir trafikantene informasjon og derfor reduserer usikkerheten om reisetida ved ulike transportmidler, ruter eller avreisetidspunkt. Dersom denne typen nytte er hoveddelen av nytten ved tiltaket, kommer tiltaket dårlig ut i en NKA. I beste fall behandles det under ikke-prissatte konsekvenser i en konsekvensanalyse.

Hvis NKA skal være et godt evalueringsverktøy for ITS-tiltak, og hvis nytten av tiltakene for en stor del er av en type som nå ikke prissettes, kunne det være interessant å forsøke å ”flytte” denne typen nytte fra å være ikke prissatt og over i NKA. Dette fins det noen eksempler på i litteraturen, som vi skal se i kapittel 6 om beregning av trafikantnytte.

### 3.5 Definisjon av alternativer

Definisjonene av de ulike alternativene man analyserer er avgjørende for analyse-resultatet. Alternativene spiller to roller: For det første trenger vi å sammenlikne tiltaksalternativ med et referansealternativ for å kunne vurdere om tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt. For det andre er nytte-kostnadsanalysen et redskap til å prioritere mellom alternative tiltak.

Nullalternativet (basis- eller referansealternativet) skal representere situasjonen man ville hatt uten tiltaket. Det vil si at vedtatte planer og planer som høyst sannsynlig vil bli realisert skal inkluderes, samt utenfra gitte endringer som vil komme uavhengig av tiltaket vi analyserer. Ved ITS-tiltak som er innrettet mot å bedre trafikkavviklingen når det inntreffer hendelser som forstyrrer trafikkflyten, blir det meningsløst å la nullalternativet omfatte kun normale trafikkforhold. Planlagte hendelser (for eksempel rutinemessig vedlikeholdsarbeid) og uforutsette hendelser (for eksempel ulykker og motorhavarier), må inngå i nullalternativet med angivelser av hyppighet og varighet for de ulike hendelsestypene. Det kan derfor være et forholdsvis omfattende arbeid å beskrive nullalternativet.

Ved analyser av investering i ITS-utstyr er det i noen tilfeller relevant å ha med som et alternativ en oppgradering av eksisterende utstyr. Å sammenlikne et ITS-



alternativ med et nullalternativ som innbefatter eksisterende utstyr uten oppgradering, kan gi et feilaktig inntrykk av nytten ved ITS-teknologien. Dette kan illustreres med et eksempel hentet fra Tarnoff (1999). Et lyskryss med dagens teknologi gir så og så store forsinkelser. Man beregner besparelsene i forsinkelser etter en ITS-investering, og kommer til at tiltaket vil ha meget stor nytte. Det man ikke har tatt hensyn til, er at det gamle utstyret var tilpasset trafikkmengdene fra mange år tilbake. Hadde man bare justert det gamle utstyret etter dagens trafikk, ville også besparelser i tidsbruken vært oppnådd. Ved å ta med en slik oppgradering som et eget alternativ, kan man sammenlikne nettonytten per investert krone ved dette alternativet og ved ITS-alternativet – altså bruke nytte-kostnadsbrøken til å rangere de to alternativene.

Man bør altså stille spørsmålet om ikke mye av de samme effektene kan oppnås ved alternative tiltak som er billigere. Slike tiltak bør utredes som egne alternativer. Dette er i tråd med bestemmelsene om konsekvensutredning i Plan- og bygningsloven.

## 4 Modellering av trafikale effekter av ITS-tiltak

Ved hjelp av transportmodeller kan vi få data om de endringene i antall reiser, kjørelengde og tidsbruk som det forventes at et tiltak fører med seg for hvert av de berørte transportmidlene. Dataene brukes i nytte-kostnadsanalysen til å beregne trafikantnytte, endring i miljø- og ulykkeskostnader, endring i skatteinngang til det offentlige og i driftsinntekter for operatører i kollektivtrafikken, bomselskaper og andre. Vi så i avsnitt 3.2 at Brand (1998) anbefaler å legge spørreundersøkelser framfor fysiske mål til grunn for trafikantnytteberegningen i ITS-prosjekter. Selv om spørreundersøkelser skulle bli brukt til å beregne trafikantnyttene, kan vi altså trenge data fra trafikkanalysen til andre beregninger i nytte-kostnadsanalysen.

I dette kapitlet vil vi komme inn på noen av de utfordringene man står overfor i modellering av effektene ved ITS-tiltak. Vi omtaler kort noen av de modellverktøyene man har til rådighet.

Vi konsentrerer oss om modellering av effektene av tiltak innen trafikkstyring. Trafikkstyring kan skje både gjennom påbud/forbud og gjennom informasjon og anbefalinger. Ved den førstnevnte typen trafikkstyring skulle ikke modelleringen av de trafikale konsekvensene by på noen større utfordringer enn ved tradisjonelle vegtiltak (gitt at man har data om hyppighet og varighet av ulike hendelser). Trafikantene er nødt til å følge anvisningene de mottar fra for eksempel kjørefeltsignaler, automatiske bommer og fjernstyrte skilt. Ved den andre formen for trafikkstyring – med bruk av informasjon og anbefalinger – er det vanskeligere å forutsi trafikantenes atferd. Å modellere de trafikale konsekvensene av ITS-tiltak som gir trafikantene informasjon krever egnede modeller og kunnskap om hvordan trafikantene reagerer på informasjonen.

### 4.1 Modellen MATS

Modellen MATS (Modell for analyse av trafikkstyringssystem) er utviklet av Trafitek for Statens vegvesen (Statens vegvesen, 1994). MATS er et NKA-verktøy i form av et dataprogram myntet på analyse av trafikkstyringsutstyr for vegtrafikk-tunneler. Tre alternativer med ulik grad av automatisering sammenliknes med et nullalternativ (basisnivå). Endring i nytte oppstår som følge av endring i tids-, kjøretøy- og ulykkeskostnader, mens endringer på kostnadssiden oppstår på grunn av investeringskostnader og endring i drifts- og vedlikeholdskostnader knyttet til trafikkstyringssystemet.

MATS er tiltenkt tilfeller med ett eller to tunnellop og en mulig omkjøringsveg. Egenskaper ved tunnelen og omkjøringsvegen legges inn, som for eksempel ÅDT, veglengde, ulykkesfrekvens og havarifrekvens. Videre må det angis antall enheter

av ulike utstyrstyper som brukes i de forskjellige analysealternativene, og på bakgrunn av dette beregner programmet årlig investeringskostnad (annuitet) og drifts- og vedlikeholdskostnader. De forventede effektene på ulykkesfrekvens, tid per hendelse o.l. kan endres av brukeren – hvis ikke, antas standardverdier basert på empiri fra Oslostunnelen. Enhetspriser er gitt. Elementene på nyttesiden regnes så ut av programmet, og netto nytte samt nytte-kostnadsforhold framkommer.

Ved slike tiltak som MATS kan analysere, må trafikantene følge de anvisningene som blir gitt (kjøre omkjøringsveg når tunnelen er stengt). Trafikantenes atferd skulle derfor ikke være vanskelig å forutsi.

## 4.2 Om verktøy for modellering av informasjonstiltak

I *statiske* nettverksmodeller anvendes Wardrops prinsipp for fordeling av trafikken på alternative ruter, dvs. at i likevekt er det ingen trafikanter som kan redusere sin reisekostnad gjennom å endre rutevalg. Slike modeller forutsetter at trafikantene har full informasjon. Hvis en trafikkmodell skal kunne fange opp de trafikale endringene som følger av å gi trafikantene informasjon, må den være i stand til å skille mellom situasjoner med og uten informasjonen. Modeller som i utgangspunktet forutsetter full informasjon egnert seg derfor ikke så godt. Dette gjelder for eksempel EMME/2 og TRIPS (sistnevnte brukes i dag til analyser av samferdselstiltak i bl.a. Bergen og Trondheim). Disse tar ikke høyde for at trafikantene besitter informasjon i ulik grad.

I en slik modell får man ikke simulert effekten av å gi trafikantene informasjon, for den antas de å ha i utgangspunktet. Man kunne antatt at dagens modell gir resultatet *med* fullkommen informasjon, og så sammenliknet dette med en modellkjøring der det er lagt inn et element av tilfeldighet (stokastisk variabel) i rutevalgene for å simulere en situasjon *uten* fullkommen informasjon. Svakheten ved å bruke stokastisk rutevalg er faren for at rutevalgene i modellen stemmer dårlig med hva trafikantene faktisk ville valgt.

RETRO-EMMA er et modellsystem i bruk på TØI (Vold, 1999). Hvordan stiller RETRO-EMMA seg i forhold til modellering av å gi informasjon ved hendelser? Fordeling av trafikantene på rutene i nettverket skjer ut fra prinsippet om at transportsystemet er i likevekt når reisekostnadene er de samme på alternative ruter (Wardrops prinsipp). Rutevalgene ses altså i et makroskopisk perspektiv, uten at det ligger noen mikroskopisk modell for trafikantatferd til grunn. Det skulle likevel være mulig å analysere de trafikale konsekvensene ved en hendelse med og uten informasjon. Modellen kan først kjøres uten hendelse, og trafikantatferden fra denne kjøringen kan beholdes i en ny kjøring der det legges inn forstyrrelser på visse lenker, slik at kostnadene ved berørte reiser blir høyere. Dette kan deretter sammenliknes med en kjøring der rutevalgene er tilpasset de økte kostnadene på de berørte rutene. Det sistnevnte tilfellet tilsvarer at trafikantene har fått informasjon.

Flere har pekt på behovet for *dynamiske* modeller for å simulere effektene av å gi trafikantene sanntids informasjon (Friesz et al. 1996, Ben-Akiva et al. 1991). I motsetning til i statiske modeller, hvor man studerer likevekter, kan man i dynamiske modeller ha ulikevekt og studere optimal bevegelse over tid i retning av en

likevekt. I dynamiske modeller spiller tidspunktet for trafikantens beslutninger en rolle, og det er mulig å ta hensyn til valg av avreisetidspunkt.

Dynamiske nettverksmodeller beregner trafikkstrømmene enten ved å simulere en del av de mange beslutningene som tas i nettverket (trafikksimuleringsmodeller), eller ved å bruke en spillteoretisk tilnærming til trafikantenes atferd (Friesz et al., 1996).

I trafikksimuleringsmodellene kan trafikantatferden være detaljert modellert (mikroskopisk perspektiv) eller modellert på et mer aggregert nivå (makroskopisk perspektiv). I såkalte mikrosimuleringsmodeller kan bevegelsene til hvert enkelt kjøretøy følges. EU-prosjektet SMARTEST gir en oversikt over eksisterende mikrosimuleringsmodeller, deres anvendelsesområder, svakheter m.m. (Algers et al., 1997). De fleste av modellene er utviklet for å kunne kvantifisere gevinster ved bruk av ITS. I SMARTEST har man undersøkt hvilke problemer brukerne ønsker at modellene skal kunne løse, og identifisert videreutviklingsbehov ved eksisterende modeller sett i lys av brukernes ønsker. En av konklusjonene er at mikrosimuleringsmodeller er nyttige verktøy, men de kan være for detaljerte og tidkrevende for storskalaanalyser.

AIMSUN2 er et eksempel på en mikrosimuleringsmodell. Den kan for eksempel simulere signalprioritering eller variable skilt med anbefalt alternativ rute. Noen anvendelser av modellen krever kunnskap om hvordan trafikantene reagerer på informasjon. Skal man bruke AIMSUN2 til å simulere hva som hender når bilistene på en motorveg blir anbefalt å kjøre en alternativ rute, må man gjøre forutsetninger om hvor stor andel av bilistene som vil følge oppfordringen<sup>5</sup>.

En trafikksimuleringsmodell som kombinerer mikroskopisk og makroskopisk perspektiv er INTEGRATION. Trafikkstrømmene representeres av individuelle kjøretøyer som i mikrosimuleringsmodeller, mens kjøretøyene innretter seg etter forhåndsdefinerte makroforhold (Lind et al., 1999). Å utvikle et verktøy som egner seg til ITS-modellering har vært et av målene ved utformingen av INTEGRATION. Lind et al. (1999) viser flere anvendelser av INTEGRATION som Transek har utført for å belyse ulike aspekter ved informasjon til trafikanter. For eksempel har de kjørt modellen for situasjoner med og uten en uforutsett hendelse under ulike forutsetninger om trafikantenes antakelser om reisetida.

CONTRAM (Continuous Traffic Assignment Modell) er en dynamisk rutevalgsmodell som opprinnelig forutsatte at trafikantene hadde perfekt informasjon. I ulike versjoner og videreutviklinger har man brutt med denne forutsetningen. Når det gjelder modellering av trafikantinformasjonssystemer, trekker både Lind et al. (1999) og Chatterjee og Hounsell (1999) fram RGCONTRAM som et egnet verktøy. Sistnevnte har brukt RGCONTRAM til å modellere effektene av variable skilt i London.

En ny versjon av CONTRAM er også interessant med tanke på ITS-evaluering. CONTRAM 8 lanseres i januar 2001 av konsultentselskapet Mott MacDonald og Transport Research Laboratory. Blant de nye egenskapene ved denne versjonen er bedre muligheter til å modellere rutevalg når det er køproblemer og trafikantene

---

<sup>5</sup> Kilde: Demonstrasjon av AIMSUN2 ved Helene Andersson, Transek, på Seminar for Young Nordic Telematics Researchers, Helsinki, februar 2000.

får informasjon på variable skilt. Tidligere versjoner av CONTRAM har vært eller er i bruk i Norge av Statens vegvesen i enkelte fylker, en del konsulentfirmaer, noen kommuner og fylkeskommuner samt i undervisning ved NTNU.<sup>6</sup>

Generelt vil detaljerte dynamiske nettverksmodeller kreve en stor mengde inngangsdata. Dette er et problem som trolig avtar etter hvert som nettopp ITS-utstyr gjør data av ulike typer lettere tilgjengelig. *Nettverksdata* (for eksempel lengden på lenker og lokalisering av trafikksignaler) vil bli lettere tilgjengelig etter hvert som utviklingen av digitale vegkart går sin gang. Via trafikkovervåkingsystemer og GPS<sup>7</sup> kan man hente inn *kalibreringsdata* (inngangsdata til transportmodellen) og også *valideringsdata* som brukes til å kontrollere om output fra modellene er rimelige (Algers et al., 1997). Fordelen ved et høyt detaljnivå i modelleringen av trafikantatferden bør veies opp mot følgende ulemper: Et betydelig antall parametre må på plass, og med dette øker usikkerheten som analysen er beheftet med. Videre kan det bli relativt uoverkommelig å analysere større transportnettverk. Man må begrense analysen til en mindre del av nettverket, og risikerer å tape et mer helhetlig perspektiv.

Detaljnivå er ett spørsmål – valget mellom statisk og dynamisk modell et annet. Som det framgår av omtalen av statiske modeller ovenfor, kan man komme et stykke på veg med disse modellene når det gjelder modellering av effektene av ITS-tiltak. Ved noen ITS-tiltak er imidlertid tidsaspektet vesentlig, først og fremst i forbindelse med sanntids informasjon. Dynamiske modeller er da ikke bare et hjelpemiddel i samfunnsøkonomisk evaluering av tiltaket, men kan i følge Friesz et al. (1996) være helt nødvendig for at de som skal utforme og operere systemet skal få et grunnlag til å treffe gode beslutninger.

Avanserte (kommersielle) transportmodeller, dynamiske så vel som statiske, er ikke nødvendige hjelpemidler i all ITS-evaluering. I tilfeller med enkle strukturer i transportnettverket kan det være tilstrekkelig med enklere prognoseverktøy. Mange ITS-tiltak er riktignok rettet mot urbane transportsystemer, men det finnes også tiltak beregnet på veger med liten trafikk. Eksempler på dette er værkontrollerte variable skilt og fartsgrenser, og system for å oppdage og varsle om ville dyr nær vegen (Leviäkangas og Pilli-Sihvola, 1999). Hvis det ikke finnes rutevalgalternativer, kan det være tilstrekkelig å observere antall reisende på strekningen hvor tiltaket skal iverksettes.

### 4.3 Informasjon og trafikantatferd

Gjennom ITS prøver man å påvirke reiseatferd, nærmere bestemt å få trafikantene til å velge andre transportmidler, ruter, reisetidspunkter, reisemål eller hastighet, eller å påvirke beslutningen om å foreta en reise i det hele tatt. Eksempler er informasjonstavler ved park&ride-punkter<sup>8</sup>, som har til hensikt å påvirke transportmiddelvalg. Skilt med variable fartsgrenser er et forsøk på å tilpasse hastigheten

---

<sup>6</sup> Kilder i tillegg til oppgitte referanser: CONTRAMs internettsider og opplysninger fra Tor Lunde i Scandiaconsult AS.

<sup>7</sup> Global Positioning Systems

<sup>8</sup> Steder hvor det er tilrettelagt for å parkere bilen og benytte kollektivtransport videre.

slik at trafikkflyten blir best mulig og ulykkesrisikoen lavere. Informasjon over radio, TV og internett om uforutsette køproblemer på en strekning kan påvirke folks rutevalg eller reisetidspunkt. Advarsler om dårlig luftkvalitet kan få noen til å droppe reiser som ikke nødvendigvis må gjøres den aktuelle dagen.

For å kunne evaluere ulike tiltak *ex ante* kreves kunnskap om hvordan trafikantene reagerer på informasjonen – og på ulike typer informasjon. Med informasjon mener vi *ikke* påbud eller forbud. Informasjonen kan være kun et varsel om trafikkale problemer, eller opplysninger om beregnet reisetid på en eller flere ruter, eller trafikantene kan bli anbefalt konkrete rutevalg.

Det er mange måter å karakterisere trafikkinformasjonen på:

- Hvordan den presenteres (symboler, tekst m.m., kombinasjoner av disse)
- Presentasjonsmedium (internett, variable skilt, tekst-TV, radio osv.)
- Kvalitativ eller kvantitativ
- Basert på hvordan trafikkforholdene har vært, hvordan de er i øyeblikket, eller prediksjon om nær framtid
- Oppdateringsfrekvens
- Kvalitet: nøyaktig, til rett tid, relevant, pålitelig
- Basert på brukeroptimalitet eller systemoptimalitet
- Innhold (varsling om problemer, forventet reisetid, anbefalte ruter m.m.)

(Mahmassani og Jayakrishnan 1991, Al-Deek et al. 1998, Lind et al., 1999).

Kunnskap om konsekvensene av informasjonen trenger vi som sagt for å evaluere tiltaket, men den samme typen kunnskap trenger de som skal utforme informasjonssystemet. Litteraturen på dette feltet er derfor interessant for oss. Her finner vi blant andre svenske Transek, som har studert hva som påvirker bilisters rutevalg og utarbeidet strategier for omdirigering av trafikken ved hjelp av variable skilt, radio/RDS-TMC<sup>9</sup> og navigasjonshjelpemidler i bilene (Lind et al., 1999). Faktorer som har betydning for rutevalgene er hvor stor andel av trafikantene som mottar informasjonen og tilbøyeligheten hos disse trafikantene til å følge informasjonen. Dette vil igjen avhenge av:

- hvor godt kjent trafikantene er i området
- risiko for at informasjonen er feilaktig
- terskelverdier (minimum tidsgevinst) for å endre rutevalg
- kapasiteten på alternative ruter

For enkelte av de nevnte faktorene kan det være forskjeller mellom ulike informasjonsmedier.

Bildet er altså nokså sammensatt. For å anvende denne kunnskapen i modelleringen, kategoriseres trafikantene utfra hvor kjent de er i det aktuelle området, og følgende estimeres (Lind et al.):

- relativ og absolutt terskelverdi for å endre rutevalg, for ulike kombinasjoner av trafikantkategorier og media
- andelen i hver trafikantkategori som nås av informasjon fra hvert medium

---

<sup>9</sup> Radio Data System – Traffic Message Channel

- tilbøyeligheten for hver trafikantkategori til å følge informasjonen, som igjen avhenger av mediets oppdateringsfrekvens og risiko for feilaktig informasjon

For å oppnå ønsket atferdsendring, må informasjonen som gis være oppdatert og riktig. Å motta feilaktig informasjon noen få ganger er nok til å miste tilliten til systemet.

Ben-Akiva et al. (1991) nevner tre forhold som kan motvirke fordelene ved informasjonssystemer. For det første kan mottakeren bli utsatt for altfor store mengder informasjon til at han/hun er i stand til å bearbeide den (*oversaturation*). For det andre risikerer man at for mange av de som reiser langs en rute reagerer på informasjonen (*overreaction*) slik at køproblemer ikke løses, men bare flyttes. En løsning på dette problemet er skissert nedenfor. For det tredje kan en anbefaling om å kjøre en bestemt rute føre til at trafikanter som ellers ville fordelt seg på flere ruter, velger samme rute, og resultatet blir en opphopning (*concentration*).

Hvis mange bilister på en rute mottar informasjon om en anbefalt alternativ rute på grunn av køproblemer, og mange nok velger den alternative ruta, kan det bli køproblemer der også. Informasjonen er da "selvforfalskende". Problemstillingen er å velge hva man bør oppgi som kostnad på den alternative ruta. Vi antar at det eksisterer køproblemer på begge ruter, slik kostnaden kan uttrykkes som en stigende funksjon av trafikkvolumet. Jo flere som reiser, jo saktere går trafikken. Anta at kostnaden på et tidspunkt faktisk er lavere på den alternative ruta enn på det vi kan kalle den opprinnelige ruta, og at trafikantene på den opprinnelige ruta i utgangspunktet ikke har informasjon om kostnadene på den alternative ruta. Når denne kostnaden oppgis, vil vi få en overføring av trafikk. De som svinger av fra den opprinnelige ruta bidrar både til å senke kostnadene på den opprinnelige ruta og øke kostnadene på den alternative ruta. Den oppgitte kostnaden stemmer da ikke lenger. Hvis trafikantene ikke har annen informasjon om kostnaden enn det som blir oppgitt, vil for mange velge å svinge av. Løsningen på dette problemet er ikke å oppgi den faktiske kostnaden ved å kjøre alternativ rute på et gitt tidspunkt, men heller oppgi hva kostnaden er i likevekt, dvs. når kostnadene er like på de to rutene. Dette er en likevekt fordi det da ikke lønner seg for noen å endre rutevalg (Wardrops prinsipp).

## 5 Nytte- og kostnadselementer

Forrige kapittel tok for seg temaer knyttet til trafikkanalysen. Sett at en egnet transportmodell ble valgt i forhold til det tiltaket som skulle analyseres, og at modellen skaffet oss data om reisemønstre, reisekostnader og antall kjørte kilometer i null- og tiltaksalternativet. Dataene fra trafikkanalysen danner grunnlaget for å beregne de fleste av de samfunnsøkonomiske konsekvensene (nytte og kostnader) ved tiltaket.

Når det gjelder hvilke konsekvenser som skal med i nytte-kostnadsanalysen og hvordan de skal verdsettes, tar vi utgangspunkt i Statens vegvesens Håndbok 140 om konsekvensanalyser (Statens vegvesen, 1995a), Finansdepartementets "Veiledning i samfunnsøkonomiske analyser" (Finansdepartementet, 2000) og TØIs veileder "Nyttetekostnadsanalyse av kollektivtiltak" (Minken et al., 2000).

Et tiltak har konsekvenser i form av investeringskostnader, drift- og vedlikeholdskostnader og trafikantnytte, og eventuelt miljø- og ulykkeskostnader og skatte- og avgiftsinngangen til det offentlige. For tiltak i kollektivtransport og andre tiltak som indirekte berører kollektivtilbudet, påvirkes også operatørens driftsresultat. Andre aktører det kan være aktuelt å beregne konsekvensene for, er parkeringselskap og bomselskap. For alle konsekvenser som endrer offentlige budsjetter, skal det tas hensyn til skyggeprisen på offentlige midler (en skattekostnad på 20 øre per krone).

Beregningen av de ulike nytte- og kostnadselementene, unntatt trafikantnytte, gjennomgås i dette kapitlet. Trafikantnytten er det elementet som skiller seg ut i forbindelse med evaluering av ITS-tiltak. Beregningen krever en grundigere behandling, og blir derfor gjennomgått i et eget kapittel – kapittel 6.

### 5.1 Investering, drift og vedlikehold

Sammenliknet med tradisjonell vegutbygging, har ITS-tiltak gjerne lavere investeringskostnader, mens drifts- og vedlikeholdskostnadene er betydelige i forhold til investeringskostnaden. Tradisjonelle veginvesteringer har som regel lang levetid og en restverdi ved analyseperiodens utløp, mens ITS-investeringer har kortere levetid og ofte ingen restverdi (Leviäkangas og Lähesmaa, 1999).

I investeringskostnaden ligger blant annet innkjøp av hardware og software og installasjon av dette. Driftskostnadene omfatter blant annet opplæring og oppdatering for personale. Kontinuerlig oppgradering av software vil være en del av vedlikeholdskostnadene (Gillen et al., 1999).

For beregningen av investeringskostnaden og drifts- og vedlikeholdskostnadene ser vi ingen prinsipielle grunner til å gjøre noe annerledes ved NKA av ITS enn ved NKA av tradisjonelle tiltak. Kostnadsanslagene kan imidlertid være beheftet



med større usikkerhet og kreve mer forarbeid enn ved vegutbygging, siden det fins mindre erfaring med ITS-teknologien.

Når det gjelder drift av kollektivtrafikk og av pengeinnkrevningssystemer i forbindelse med bomstasjoner og parkering, se avsnitt 5.4.

## 5.2 Miljø

### 5.2.1 Konsekvenser av ITS-tiltak for miljøet

Med konsekvenser for miljøet tenker vi her på utslipp og støy fra trafikken. ITS-tiltak kan påvirke miljøbelastningen gjennom å påvirke folks transportbeslutninger. Dette kan slå ut på flere måter, eksempelvis:

- Tiltak som stimulerer til økt kollektivandel, eller andre trafikkdempende tiltak, har miljøeffekt via redusert trafikkvolum på veg.
- Et tiltak som har redusert miljøbelastning som mål, er systemer som måler lokal luftforurensning og varsler trafikantene dersom forurensningen overstiger definerte grenser. Gjennom ulike informasjonskanaler kan folk oppfordres til å reise kollektivt, endre rutevalg eller om mulig avstå fra å reise.
- Tiltak som påvirker kjørehastighet og akselerasjoner kan slå ut både positivt og negativt for miljøet. Mindre køkjøring vil isolert sett redusere utslippene fra trafikken. Imidlertid kan tiltak som gjør det mer attraktivt å reise – slik som køreduserende tiltak – øke trafikkvolumet, og dermed ”spise opp” noe av miljøgevinsten.

Når det gjelder identifisering av konsekvensene for miljøet, er vi i stor grad avhengige av prediksjonen av de trafikale konsekvensene ved tiltaket. Vi trenger gode trafikkmodeller for å kunne identifisere konsekvensene.

Hvis man er ute etter å beregne endringen i miljøkostnadene ved tiltak som skaper bedre flyt i trafikken, kan det være at metodene som brukes ved andre tiltak ikke er raffinerte nok. Blant annet ville man trenge data for sammenhengen mellom hastighet/akselerasjoner og utslipp. Beregningsopplegget i EFFEKT 5 (Statens vegvesen, 1995b) er forholdsvis raffinert.

### 5.2.2 Miljøkostnader

Miljøkonsekvensene av et ITS-tiltak kan verdsettes med samme enhetskostnader som i nytte-kostnadsanalyse av mer tradisjonelle tiltak.

## 5.3 Ulykker

### 5.3.1 Konsekvenser av ITS-tiltak for trafikksikkerhet

Ifølge ETSC (1999) virker ITS på trafikksikkerheten på tre måter: Gjennom virkning på trafikkarbeid, gjennom virkning på ulykkesrisiko, og gjennom virkning på skadeomfang når ulykken først inntreffer.

Trafikkdpende tiltak kan være begrunnet i andre hensyn enn trafikksikkerhet (miljøhensyn, løse køproblemer), men når trafikkarbeidet reduseres, er det rimelig også å regne med endrede ulykkeskostnader. Et eksempel er dynamisk informasjon ved park&ride-punkter, hvor formålet er økt overgang til kollektive transportmidler og dermed redusert trafikkarbeid etter park&ride-punktet.

Noen ITS-tiltak har til hensikt å redusere ulykkesrisikoen. Variable fartsgrenser og varsling om dyr nær vegen er eksempler på dette. Også hendelsesdeteksjon og håndtering av ulykker kan ha effekt på ulykkesrisiko, i den forstand at risikoen for ytterligere ulykker (som følge av den inntrufne ulykken/hendelsen) reduseres.

Skadeomfanget når ulykken først er ute, kan begrenses ved hjelp av flere ITS-ansendelser. Kortest mulig tid fra ulykken inntreffer til riktig behandling gis, er viktig for å redusere skadegraden for skadde personer. Her kan ITS spille en rolle. Ved for eksempel utforkjøring i øde områder, hvor det kan ta lang tid før ulykken oppdages, kan en sender i bilen sørge for rask varsling, og dermed bidra til å redusere skadegraden. Såkalte ”intelligente kjøretøyer” vil dessuten oppdage om det ikke brukes sikkerhetsbelte, om fartsgrensen overskrides, om føreren sovner eller om bilen kjøres for aggressivt. ITS-utstyr kan også påvirke kjøretøyenes hastighet og retning i kollisjonsøyeblikket og dermed redusere skadeomfanget. ETSC påpeker at når det gjelder å begrense skadeomfang, er ITS foreløpig på et tidlig utviklingsstadium.

Innenfor vår avgrensning av prosjektet, finner vi sannsynligvis ikke ITS-tiltak som påvirker skadegrad i betydelig omfang. Hendelsesdeteksjon som sikrer rask hjelp til ulykkesstedet *kan* ha en slik virkning, men i områder med stor trafikk vil som regel varslingen av ulykken skje ganske raskt også uten deteksjonssystemet. Signalprioritering for utrykningskjøretøyer har muligens større effekt, jf. TRLs modellkjøringer omtalt i avsnitt 8.5.

### 5.3.2 Ulykkeskostnader

Vi følger den samme inndelingen som i avsnittet ovenfor for hvordan ITS-tiltak virker på trafikksikkerheten:

- virkning gjennom endring i trafikkarbeid
- virkning gjennom endring i ulykkesrisiko
- virkning gjennom å begrense skadeomfang når ulykken inntreffer

For den første kategorien er det naturlig å gjøre beregningen av ulykkeskostnader på samme måte som i analyser av tradisjonelle tiltak. Dvs. at endring i kjøretøykilometer ganges med en ulykkeskostnad per kilometer. For tiltak som endrer trafikksammensetningen vesentlig, kan man skille mellom ulike kjøretøytyper.

For ITS-tiltak som påvirker ulykkesrisikoen, kan vi heller ikke se noen grunn til å avvike fra beregningsmåten som brukes ved andre transporttiltak som påvirker ulykkesrisiko. Endring i ulykkeskostnader kan her beregnes som endring i ulykkesfrekvens multiplisert med trafikkvolum og med gjennomsnittskostnaden for en ulykke. Endring i ulykkesfrekvens er generelt vanskelig å forutsi, og gjelder det lite utprøvde ITS-tiltak, blir det enda vanskeligere. Her vil datagrunnlaget i framtida sannsynligvis være bedre, nettopp på grunn av ITS-teknologi.

Skal man beregne endring i ulykkeskostnader ved ITS-tiltak som reduserer skadegraden når ulykken først er ute, trenger man kunnskap om hvor mange unngåtte dødsfall, hvor mange unngåtte alvorlig skadde osv., som tiltaket forventes å medføre. Disse tallene ganges så med enhetskostnader for de ulike skadegradene. Den nødvendige kunnskapen kan imidlertid være vanskelig å framskaffe.

## 5.4 Resultat for kollektiv-, parkerings- og bomselskap

Det er to måter ITS-tiltak kan påvirke kollektivtrafikken på:

- Gjennom tiltak som bedrer framkommeligheten for kollektive transportmidler. Dette gjelder både generelle framkommelighetsforbedringer som følger av ITS-tiltak, og ITS-tiltak rettet spesielt mot kollektivtrafikk, slik som signal-prioritering.
- Gjennom tiltak som påvirker etterspørselen etter kollektivreiser, eksempelvis trafikantinformasjonssystemer.

Tiltakene kan påvirke både kostnader og inntekter for operatøren. Her, som ved en rekke andre beregninger i nytte-kostnadsanalyse av ITS-tiltak, ligger utfordringen i trafikkanalysen. Når konsekvensene først er identifisert, kan operatørens inntekter og kostnader beregnes som ved andre kollektivtiltak. En metode for dette finnes i Minken et al. (2000).

Det samme gjelder beregning av resultatet for bomselskap og parkeringsselskap. Disse aktørene kommer inn i bildet ved ITS-tiltak som elektronisk bompengereking og integrerte betalingssystemer.

## 5.5 Ulempeskostnader ved ferjesamband

Med ulempeskostnader menes kostnader knyttet til at avreisetidspunktet ofte avviker fra ønsket avreisetidspunkt når man er avhengig av ferje. I tillegg kan det omfatte andre ulemper ved å være avhengig av ferje (Statens vegvesen, 1995a). Bortfall av ulempeskostnader beregnes i prosjekter hvor bru eller tunnel avløser et ferjesamband. I vår sammenheng er det ikke ferjeavløsningsprosjekter som er relevant, men trafikkstyringstiltak ved ferjesamband med liten trafikk. I Finland er det prøvd ut et ITS-tiltak hvor avgangstidspunktene er etterspørselsstyrt (Leviäkangas og Pilli-Sihvola, 1999). Ferjemannskapet varsles automatisk når kjøretøyer nærmer seg ferjekaia, og ventetida for bilistene blir dermed redusert.

Denne typen kostnadsreduksjon for trafikantene kan regnes som en del av trafikantnytt og behandles på samme måte som redusert ventetid ved andre kollektivreiser, jf. avsnitt 6.1 og 6.3.

## 5.6 Skatter, avgifter og skyggepris på offentlige midler

Opplegget i Finansdepartementets "Veiledning i samfunnsøkonomiske analyser" (Finansdepartementet, 2000) bør følges, for ITS-investeringer som for andre samferdselsinvesteringer.

Vi må skille mellom ressursbruk som ikke ville funnet sted uten tiltaket vi analyser, og ressursbruk som ville funnet sted uansett. Skatte- og avgiftsinngangen til det offentlige påvirkes av den førstnevnte typen ressursbruk. Dette gjelder bl.a. merverdiavgift på anleggsvirksomhet når offentlig virksomhet ikke fortrenger privat virksomhet. Det gjelder også endring i antall kjørte kilometer som følger av tiltaket og dermed drivstoff- og kjøretøyavgifter. Når prisene på denne ressursbruken føres inklusive avgifter ett sted i analysen (dvs. som en del av kostnadsøkningen for en aktør) og i tillegg føres som økt skatteinngang til det offentlige et annet sted i analysen, oppnår vi to ting: For det første er ”nettoeffekten” at produsent- eller importprisen er den kostnaden som kommer med. For det andre framkommer endringen i skatte- og avgiftsinngang, som påvirker offentlige budsjetter og dermed er opphav til økt eller redusert skattekostnad (den såkalte skyggeprisen på offentlige midler). Årsaken til at det skal beregnes skattekostnad på offentlige midler, er at økt offentlig finansieringsbehov dekkes gjennom økte skatter og avgifter, noe som representerer kostnader for økonomien. For det første kan skatter og avgifter føre til et effektivitetstap, siden aktørene i økonomien tilpasser seg priser inklusive skatter, og ressursbruken kan da avvike fra det samfunnsøkonomisk optimale nivået. For det andre er det kostnader knyttet til innkrevingen av skattene.

Noen skatter og avgifter ville ha kommet inn til det offentlige uavhengig av om tiltaket ble gjennomført, fordi ressursbruken de er knyttet til ville ha funnet sted et annet sted i økonomien. Avgift på arbeidskraft kommer i denne kategorien (dersom det ikke er spesielt stor arbeidsledighet). Den rette kostnaden å ta med i analysen er hva andre ville ha betalt for ressursen i en alternativ anvendelse, dvs. prisen inklusive avgift. Vi korrigerer derfor ikke med å føre avgiften som inntekt for det offentlige. Endringen i skatteinngang blir null, og det blir ingen skattekostnad som følge av dette.

## 5.7 Oppsummering

For de nytte- og kostnadselementene vi har gjennomgått i dette kapitlet, er det ingen uavklarte prinsipielle spørsmål med hensyn til hva som bør inngå i beregningene. Men mange av beregningene hviler på data fra trafikkmodeller, og som diskutert i kapittel 4 kan modellering av de trafikale effektene av en del ITS-tiltak være problematisk.

## 6 Beregning av trafikantnytte

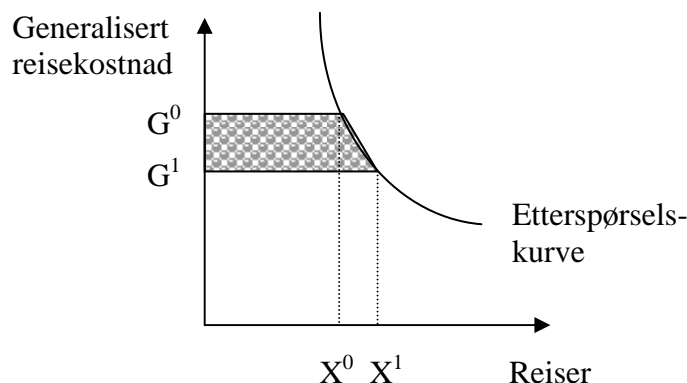
I dette kapitlet forutsetter vi for det første at data om reisekostnader og antall reiser er tilgjengelige, og for det andre at informasjon som gis til trafikantene er riktig (mens den i realiteten er prognoser). Dette er ikke spørsmål vi vil "hoppe bukk over", men de behandles andre steder i rapporten. Her skal vi konsentrere oss om prinsipper for beregning av trafikantnytte.

### 6.1 Trafikantnytteberegning ved tradisjonelle vegtiltak

Med trafikantnytte av et tiltak mener vi den endring i konsumentoverskudd<sup>10</sup> som følger av tiltaket. Prinsippet for beregning av trafikantnytte er illustrert i figur 6.1. Langs den horisontale akse vises antall reiser i dette reisemarkedet. Langs den vertikale akse vises generaliserte reisekostnader  $G$ , som består av tidkostnader og pengemessige utlegg i forbindelse med reisen (nærmere omtalt i avsnitt 6.3). I diagrammet har vi en fallende etterspørselskurve, som gjenspeiler antallet reiser som etterspørres til ulike nivåer på generalisert reisekostnad. I nullalternativet er generalisert kostnad lik  $G^0$ , og antall reiser blir  $X^0$ . I tiltaksalternativet er generalisert kostnad redusert til  $G^1$ , og antall reiser øker til  $X^1$ . Som en tilnærming kan trafikantnytte beregnes ved hjelp av trapesformelen:

$$(1) \quad UB = \frac{1}{2}(G^0 - G^1)(X^0 + X^1)$$

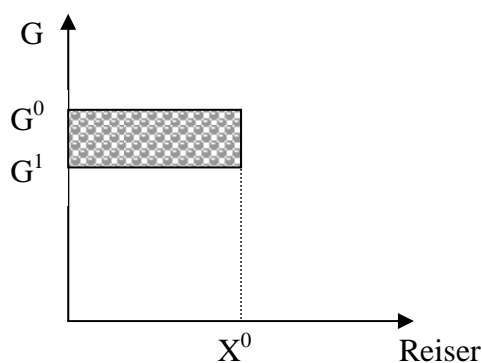
der toppskrift 0 og 1 henviser til hhv. nullalternativet og tiltaksalternativet.  $UB$  måles i kroner og er lik det skraverte trapeset i figur 6.1.



Figur 6.1: Beregning av trafikantnytte

<sup>10</sup> Konsumentoverskudd uttrykkes i kroner og er differansen mellom hva konsumentene er villig til å betale for en viss mengde av et gode, og hva denne mengden faktisk koster dem.

En litt annen innfallsvinkel til beregning av trafikantnytte er kun å beregne kostnadsbesparelser, dvs. hva trafikantene vil spare i tids- og pengemessige kostnader. Man antar at endringene i antall reiser på alle relasjoner og for hvert transportmiddel er ubetydelige, men at de reisende vil oppleve endringer i reisekostnader som følge av investeringen. Summen av disse kostnadsendringene utgjør trafikantnyttene etter denne metoden. Dersom forutsetningen om ubetydelige endringer i reiseetterspørselen holder, er metoden tilstrekkelig for å fange opp trafikantnyttene (i hvert fall den prissatte delen). Figur 6.2 viser beregningen av kostnadsbesparelser i ett reisemarked.



**Figur 6.2:** Nyttetberegning uten etterspørselsendring. Trafikantnyttene =  $(G^0 - G^1)X^0$

Med bedre informasjon kan det tenkes at noen trafikanter velger fjernere, mer attraktive reisemål (fordi kostnaden ved å reise dit ikke lenger oppleves som å overstige nytten), eller hyppigere reiser. Dette betyr åpenbart at ikke alle trafikanter er spart for kostnader i form av kjøretøykostnader eller tid brukt til transport – kanskje tvert imot. Det betyr imidlertid at noen må ha hatt nytte av å endre atferd, dvs. at tiltaket gir trafikantnytte. Hvis vi kun beregner kostnadsbesparelser, underestimerer vi følgelig trafikantnyttene<sup>11</sup>. Men problemet eksisterer ikke hvis man i NKA bruker riktig metode til å beregne trafikantnyttene, dvs. at man tar hensyn til etterspørselsjusteringer og beregner nytteendringer i hvert av de berørte reisemarkedene, istedenfor kun å beregne kostnadsbesparelser ved det ”gamle” reisemønsteret. Den riktige metoden er altså den som er vist i figur 6.1.

Hvis metoden i figur 6.1 skal gi en riktig beregning av trafikantnytte, må følgende betingelser være oppfylt:

- 1) Vi må kunne estimere sammenhengen mellom generalisert reisekostnad og etterspørselen etter reiser.
- 2) Tiltaket vi evaluerer må medføre at generaliserte reisekostnader endres.

---

<sup>11</sup> Egentlig er dette problemet ikke knyttet til ITS-investeringer spesielt, men gjelder alle samferdselsinvesteringer der etterspørselsjusteringer er av betydning, jf. Neuburger (1971) og Minken et al. (2000).

*Betingelse 1)* kan være vanskelig nok å oppfylle ved tradisjonelle vegprosjekter. Ved ITS-prosjekter vil man ofte ha et dårligere erfaringsgrunnlag å basere seg på i estimeringen av etterspørselsfunksjonen. Problemstillinger knyttet til dette ble diskutert i kapittel 4.

*Betingelse 2)* danner utgangspunktet for en del av diskusjonen i resten av dette kapitlet. Uten endring i  $G$  vil resultatet bli null trafikanntnytte, også dersom flere skulle velge å reise. Hvis man mener at tiltaket har gitt økt nytte for trafikantene uten at  $G$  er endret, hvordan skal man da identifisere, måle og verdsette denne nytten?

I de fire neste avsnittene presenteres fire ulike tilnærminger til nytteberegning av ITS-tiltak som gir informasjon til trafikantene. Dette må ikke oppfattes som noe endelig svar på hvordan nytteberegningen skal gjøres. Det vil være metoder vi ikke har dekket her. Inndelingen i fire tilnæringsmåter er heller ikke gitt. Synteser av de ulike tilnærmingene kan også tenkes.

Den første tilnærmingen går ut på å betrakte informasjon som en kvalitetsforbedring. Her er det to underavsnitt: Ett som egentlig ikke presenterer noen nytteberegning, men en kvalitativ vurdering, og ett om en måte å kvantifisere nytten av kvalitetsforbedringer på slik at den framkommer i et diagram av den typen som er vist i figur 6.1.

Den andre tilnærmingen går løs på hvordan endringer i tidsbruken ved en reise fanges opp i generaliserte reisekostnader. Ved å spesifisere  $G$  på en ny måte kan man få tatt hensyn til aspekter ved tidsbruken som påvirkes av tiltaket, men som det ikke har vært vanlig å ta hensyn til. Slik kan informasjonstiltak gi endringer i  $G$  og metoden i figur 6.1 kan brukes.

Tredje tilnærming er et alternativt opplegg for å verdsette nytten av redusert usikkerhet om reisekostnadene. Her brukes reisekostnadenes varians som et mål på usikkerheten.

Den fjerde tilnæringsmåten går ut på å avdekke trafikanntnyten ved hjelp av spørreundersøkelser. På denne måten unngår man blant annet problemene med å estimere etterspørselskurver.

## 6.2 Informasjon som kvalitetsforbedring

Informasjon kan oppleves som en kvalitetsforbedring ved reisen, uavhengig av om trafikanten endrer sine transportbeslutninger, uavhengig av om generaliserte reisekostnader påvirkes av informasjonen og uavhengig av om trafikanten i det hele tatt har mulighet til å endre sine beslutninger på det tidspunktet informasjonen mottas. Det å få vite årsaken til trafikkproblemer og forventet lengde på forsinkelsen føles mer tilfredsstillende enn ikke å få vite noe. Mange har dessuten mulighet via mobiltelefon e.l. til å gi beskjed til ventende kunder eller andre berørte. Det er en samfunnsøkonomisk side av dette, siden næringsliv og privatpersoner blir i stand til å planlegge bedre.

### 6.2.1 Ikke-prissatt konsekvens

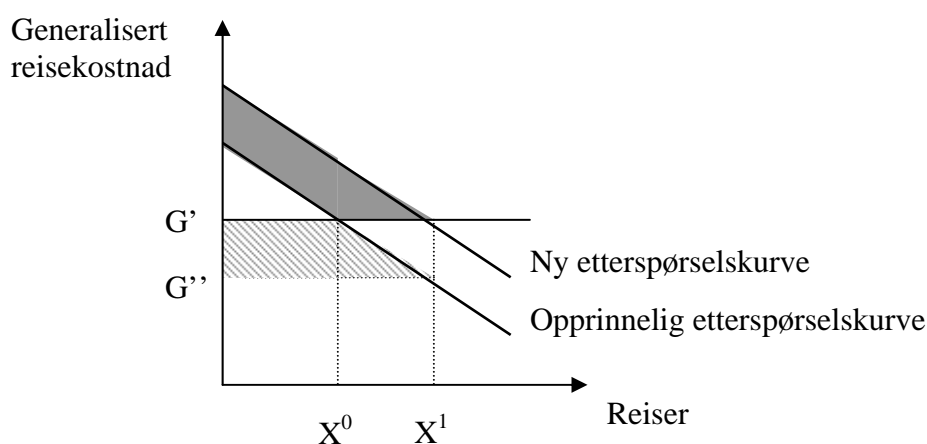
Hvis vi velger å følge opplegget til Statens vegvesen (1995a), sier vi at kvalitative forbedringer skal vurderes som en del av de ikke-prissatte konsekvensene ved tiltaket, altså utenfor nytte-kostnadsanalysen. (Det må presiseres at Statens vegvesens opplegg ikke er utviklet med tanke på ITS-prosjekter.) Den ikke-prissatte konsekvensen som er spesielt relevant i vår sammenheng er transportkvalitet, som defineres slik:

*”Transportkvalitet defineres som vegsystemets tilstand med hensyn til det å tilfredsstillende brukernes behov for tilgjengelighet til ulike transportmuligheter, forutsigbarhet med hensyn til reisetid og komfort og opplevelse i forbindelse med bilreisen.”* (Statens vegvesen 1995a, s. 103.)

Her siktes det til de sidene ved transportkvalitet som ikke inngår i beregninger knyttet til tids- og kjøretøykostnader. Hvis vi tror det er slik at dette utgjør en betydelig del av nytten ved ITS-investeringer, er det kanskje utilfredsstillende at det ”kun” behandles som en ikke-prissatt konsekvens. Kan og bør vi inkludere denne nytten av å få (bedre) informasjon i den prissatte delen av analysen, dvs. i nytte-kostnadsanalysen?

### 6.2.2 Økt betalingsvillighet

En kvalitetsforbedring ved en type reise kan føre til økt betalingsvillighet for denne typen reise (EVA Consortium, 1991, Gillen et al., 1999). Under visse forutsetninger kan dette framstilles som et skift i etterspørselskurven (figur 6.3). (Det er en forenkling at etterspørselskurvene her er framstilt som rette linjer.) Antall reiser til kostnaden  $G'$  i figur 6.3 øker fra  $X^0$  til  $X^1$ , og konsumentoverskuddet øker med det grå arealet. Dette er altså trafikantnyttens ved tiltaket.



**Figur 6.3:** Økt betalingsvillighet

Denne tilnæringsmåten forutsetter at økningen i betalingsvillighet kan identifiseres. Videre må etterspørselskurvene være slik at de skjærer den vertikale akse. EVA-manualen har et forslag til beregning av trafikantnyttens ved hjelp av et dia-



gram som det i figur 6.3. Forslaget går ut på at økningen i antall reiser også kunne vært oppnådd ved å redusere  $G$  fra  $G'$  til  $G''$ , og at nytten tilnærmedesvis kan beregnes som arealet av det skraverete trapeset (dvs. med trapesformelen i (1)). Vi setter spørsmålsteget ved riktigheten av dette.

Det at informasjonstiltak kan føre økt betalingsvillighet og skift i etterspørselskurven, oppfatter vi som teoretisk riktig under visse forutsetninger. Men det er vanskelig å se hvordan dette kan utnyttes til trafikantnytteberegning i praksis. Et skritt i den retning er betalingsvillighetsundersøkelser. Da nærmer vi oss metoden som er omtalt i avsnitt 6.5, og som kanskje heller er å foretrekke.

### 6.3 Reisekostnadsbegrepet

La oss se på hvordan tidsbruken ved en reise inngår i  $G$ . I tråd med Minken et al. (2000), kan  $G$  spesifiseres slik:

$$(2) \quad G = p + \theta \sum_s w_s t_s$$

der  $p$  er pengemessige kostnader (kjøretøykost., billettpris, bompenger o.l.)

$\theta$  er en tidsverdi som varierer med transportmiddel og reisehensikt

$s$  er en indeks for type tidsbruk (ventetid, tid i kjøretøyet o.l.)

$w_s$  er vekt for tidsbruk av type  $s$

$t_s$  er tidsbruken av type  $s$ .

For tidsverdier ( $\theta$ ) ved ulike transportmidler og reisehensikter, og for verdier på vektene ( $w_s$ ), se Killi (1999). De ulike formene for tidsbruk ( $s$ ) er gangtid, ventetid, tid i kjøretøyet, omstigning og forsinkelse. Eksempelvis blir generalisert reisekostnad for en bussreise til arbeid, med billettpris 25 kroner, 2 minutter gangtid, 5 minutter ventetid og 15 minutter om bord lik

$$(3) \quad 25 + \frac{41}{60} * (0,4 * 2 + 1,8 * 5 + 1 * 15) = 41,95 \text{ kr}$$

der 0,4, 1,8 og 1 er vektene ved henholdsvis gangtid, ventetid og tid i bussen. (Vekten for ventetid avhenger av hvor lang ventetida er.) Tidsverdien for bussreiser til/fra arbeid er 41 kroner per time.

Nytte-kostnadsanalyse egner seg til å beregne trafikantnyttene av tiltak som endrer en eller flere av variablene som inngår i  $G$ . Nytteberegningen gjøres da ved hjelp av metoden illustrert i figur 6.1. Sett at et tiltak gir trafikantene pålitelig informasjon om  $G$  ved en reise. Dette kan påvirke trafikantenes reisebeslutninger, slik at vi får endringer i  $G$  og  $X$  (for eksempel gjennom at noen velger andre transportmidler, noen velger alternative ruter, mens noen velger å holde fast ved sin opprinnelige plan). Et mulig utfall av dette er at trafikantnytteberegning med trapesformelen (1) viser økt trafikantnytte. Dette er imidlertid ikke et nødvendig utfall, selv om informasjonen til trafikantene skulle være riktig og oppdatert. Det kan tenkes at reisetida i noen tilfeller enten blir uforandret eller økt, fordi trafikantene tilpasser atferden sin slik at de ankommer sine destinasjoner til ønsket tidspunkt.

Trafikantnytteberegningen ved denne metoden er altså ikke nødvendigvis et godt mål på nytten ved informasjon.

Det nevnte ITS-tiltaket gir trafikantene større sikkerhet om faktisk  $G$ . Nytten av å redusere usikkerheten fanges ikke fullt ut opp gjennom  $G$  spesifisert som i (2). For å beregne kostnadsreduksjonen ved redusert usikkerhet om  $G$ , kan vi endre formuleringen av generaliserte reisekostnader.

Arnott et al. (1991) formulerer kostnadene ved en reise slik:

$$(4) \quad C_r(t) = \alpha * T_r(t) + \beta * \max[0, t^* - (t + T_r(t))] + \gamma * \max[0, t + T_r(t) - t^*]$$

der  $C_r(t)$  er reisekostnad på rute  $r$  for en reise som starter på tidspunkt  $t$

$T_r(t)$  er reisetid på rute  $r$  for en reise som starter på tidspunkt  $t$

$t^*$  er ønsket ankomsttid

$\alpha$  er samlet enhetskostnad for tidsbruk og kjøretøykostnader

$\beta$  er enhetskostnad for den tida man ankommer for tidlig

$\gamma$  er enhetskostnad for den tida man ankommer for sent.

Kommer man fram presis, utgjør altså det første leddet i (4) hele reisekostnaden. Kommer man for tidlig, legges det andre leddet til, og kommer man for sent, legges isteden det tredje leddet til. På denne måten fanges kostnaden ved ikke å ankomme til ønsket tidspunkt opp. Det er denne kostnaden en del ITS-tiltak tar sikte på å redusere.

Denne metoden egner seg ved tiltak som gir trafikantene pålitelig og oppdatert informasjon om reisetida med et transportmiddel på en rute til et tidspunkt, og informasjonen må være tilgjengelig før trafikanten velger transportmiddel, rute og avreisetidspunkt.

Eksempel: En trafikant skal reise hjemmefra til et møte som starter kl. 8.30. Under normale trafikkforhold tar reisen 15 minutter med bil, og trafikanten vil velge kl. 8.15 som avreisetidspunkt. Denne dagen er det en brann langs ruta, og vegen er sperret ved brannstedet i morgentimene. Det blir nødvendig med en omkjøring som gjør at reisen nå vil ta totalt 22 minutter. Denne forsinkelsen på 7 minutter vil oppstå uansett om trafikanten får informasjon om omkjøringen på forhånd eller ikke. Vi er her ikke ute etter å beregne reduksjonen i trafikantnytte som følger av forsinkelsen. Det som er interessant for oss, er å beregne nytten av å få informasjon om omkjøringen før reisen starter, slik at trafikanten kan velge et tidligere avreisetidspunkt og unngå å komme for sent. Uten informasjon blir reisekostnadene

$$(4a) \quad \begin{aligned} C_r(t = 8.15) &= \alpha * T_r(t = 8.15) + \gamma * [(t = 8.15) + T_r(t = 8.15) - (t^* = 8.30)] \\ &= \alpha * 22 + \gamma * 7 \end{aligned}$$

Anta at reisetida ikke endrer seg med avreisetidspunktet i det tidsrommet vi studerer. Med informasjon blir da reisekostnadene

$$(4b) \quad C_r(t = 8.08) = \alpha * T_r(t = 8.08) = \alpha * 22$$

Leddene som representerte kostnadene ved å komme for sent har nå falt bort. Det å motta informasjon innebærer altså en reduksjon i reisekostnadene. Med denne spesifikasjonen av reisekostnader brukt i trapesformelen, får vi et bedre mål på trafikantnytte ved informasjon enn ved å bruke  $G$  fra likning (2).

For at metoden skal være operasjonell, trenger man verdier for  $\alpha$ ,  $\beta$  og  $\gamma$ . Leddet  $\alpha * T_r(t)$  tilsvarer i grove trekk  $G$  fra (2), slik at nødvendige tidsverdier og vekter er etablert for dette. Når det gjelder  $\beta$  og  $\gamma$ , er det mer usikkert om vi har passende tidsverdier og vekter, men en løsning er at tida man ankommer for tidlig, vektet som ventetid, og tida man ankommer for sent, vektet som forsinkelse. (Tidsverdien avhenger av transportmiddel og reisehensikt, som i (2).) Det virker intuitivt rimelig at det å komme for sent representerer en større kostnad per tidsenhet enn det å komme for tidlig<sup>12</sup>.

Videre må man estimere avvikene fra ønsket ankomsttidspunkt for reisene i studieområdet. Som det framgår, ville det være ganske krevende å bruke metoden fra Arnott et al. i praksis. Det må presiseres at i Arnott et al.'s arbeid fra 1991 brukes metoden kun i et stilisert eksempel med en enkel nettverksstruktur og hvor alle reisene er arbeidsreiser med felles ønsket ankomsttidspunkt. Hvis metoden skulle vært brukt i mer kompliserte tilfeller ville det kreve transportmodeller med stokastisk reisetid og valg av avreisetidspunkt.

EVA-manualen (EVA Consortium, 1991) fra EU-prosjektet DRIVE anbefaler å spesifisere tidsbruken ved reiser slik at de ulike komponentene som ITS-tiltakene kan påvirke, framkommer eksplisitt. I tillegg til de komponentene som inngår i likning (2) ovenfor, bør man legge til såkalt *disposition time* (jf. avsnitt 3.3). Dette er tidsbruk som går med til:

- ”planlegging av reisen
- tilpasning til transportmidlets tidtabell (før avreise)
- venting ved ankomst på grunn av sikkerhetsmargin som ble lagt inn fordi man var usikker på reisetida, eller på grunn av transportmidlets frekvens”

(oversatt fra EVA-manualen, s.37). Tilpasning til tidtabell har vi allerede tatt hensyn til i likning (2) gjennom at ventetid vektet ulikt utfra hvor lang den er. Ventetid ved ankomst er ikke med i (2), men er tatt hensyn til i likning (4). Tid brukt på planlegging er ikke med verken i (2) eller (4). Det er klart at enkelte ITS-tiltak kan redusere denne tidsbruken og at alle komponentene i *disposition time* burde inngå i generaliserte reisekostnader.

## 6.4 Reduksjon i reisekostnadenes varians

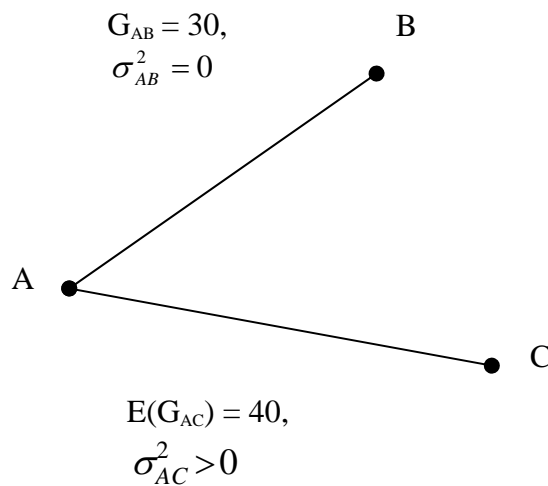
*Variansen* ( $\sigma^2$ ) til en variabel er en måte å beskrive usikkerhet på. Varians er et mål på spredningen til variabelen. Hvis det ikke var noen usikkerhet knyttet til hva reisetida er, for eksempel fra Oslo til Drammen med bil, ville reisetidsvariansen være lik null. Jo større spredning det er i reisetida fra Oslo til Drammen, jo større er variansen<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> Hos Arnott et al. (1991) er enhetskostnaden ved å komme for tidlig 0,61 ganger enhetskostnaden for reisetida, mens enhetskostnaden ved å komme for sent er 2,38 ganger enhetskostnaden for reisetida. Hos Killi (1999) varierer vekt faktoren for ventetid fra 0,4 til 1,8 avhengig av ventetidens lengde, mens vekt faktoren for forsinkelser er 3,0.

<sup>13</sup> Definisjon og mer utfyllende forklaring av begrepet varians finnes i alle grunnleggende lærebøker i statistikk.

Trafikantene kan ha en oppfatning av om spredningen i generalisert reisekostnad for en bestemt reise er stor eller liten. ITS-tiltak som reduserer usikkerheten om reisekostnadene, reduserer den forventede spredningen. Vi kan tenke oss informasjonstiltak hvor anslått reisetid blir oppgitt. Hvis trafikantene oppfatter dette som en eliminering av usikkerheten om reisetida, blir oppfattet varians lik null. Andre informasjonstiltak eliminerer ikke usikkerheten i like stor grad. Dette gjelder for eksempel variable skilt som angir at det er kø, at det har skjedd en ulykke eller at det pågår vegarbeid. I dette avsnittet skal vi betrakte det å få informasjon som en reduksjon i oppfattet varians. En forutsetning for betraktningene er at trafikantene anser lavere varians som bedre enn høyere varians.

Som illustrasjon skal vi bruke følgende lille eksempel: Fra stedet A kan man reise enten til B eller C (se figur 6.4). Reisekostnaden for reiser fra A til B er med sikkerhet 30 kr. Forventet reisekostnad fra A til C er 40, med en viss varians  $\sigma_{AC}^2$ .



**Figur 6.4:** Eksempel med reisekostnader og varians

Anta at et ITS-tiltak reduserer den oppfattede variansen  $\sigma_{AC}^2$  på en bestemt dag ved at det opplyses om antatt reisetid denne dagen. Informasjonen er tilgjengelig før avreise slik at tiltaket kan påvirke destinasjonsvalget. Vi ser to alternative angrepsmåter for beregne trafikantnyten av dette:

- Utvide reisekostnadsbegrepet med en kostnad knyttet til usikkerhet (variens)
- La oppfattet varians inngå som en variabel i etterspørselsfunksjonen

Avsnitt 6.3 handlet om å spesifisere generaliserte reisekostnader slik at kostnadene ved å komme for tidlig og for sent ble tatt (eksplisitt) hensyn til. Å spesifisere  $G$  slik at kostnadene knyttet til variansen kommer fram (punkt a)) er et alternativ til dette. La  $G$  bety uttrykket fra likning (2) ovenfor.  $G^*$  er generaliserte reisekostnader inkludert kostnader knyttet til varians:

$$(5) \quad G^* = E(G) + v \cdot \sigma^2$$

Enhetskostnaden  $v$  er i utgangspunktet ukjent og må estimeres ved hjelp av undersøkelser.  $v \cdot \sigma^2$  uttrykkes i kroner og kan derfor måles langs samme akse som de øvrige komponentene i generaliserte reisekostnader.

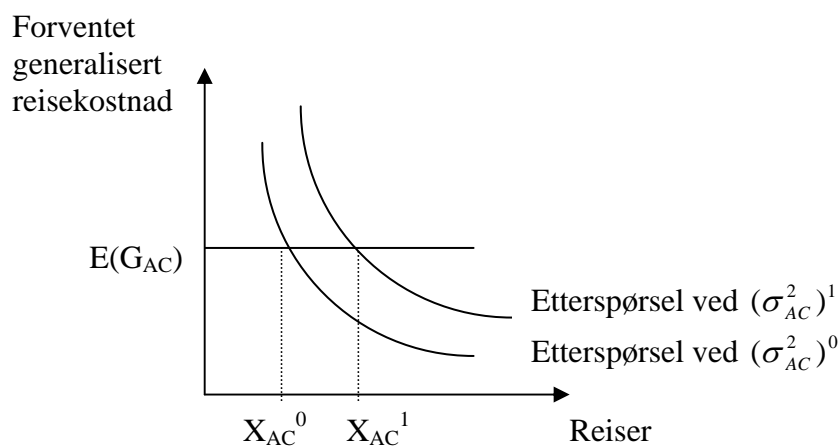
Framgangsmåte a) forutsetter at  $G^*$  måles både i null- og tiltaksalternativet. Tiltaket innebærer en lavere  $G^*$  siden  $\sigma^2$  blir redusert. For å kunne bruke trapesregelen (1) trengs også verdier for  $X^0$  og  $X^1$ , noe som krever kjennskap til sammenhengen mellom reiseetterspørselen og  $G^*$ . Med alt dette på plass kan trafikantnyttens beregnes som  $UB = (1/2)(G^{*0} - G^{*1})(X^0 + X^1)$ .

I stedet for å modifisere  $G$  kunne vi ta hensyn til variansen ved å la den være en variabel i etterspørselsfunksjonen på linje med  $G$  og eventuelle andre variable som forklarer etterspørselen i et reisemarked. Som vi skal se, likner denne angrepsmåten (punkt b) ovenfor) metoden i avsnitt 6.2.2, der informasjon ble antatt å gi økt betalingsvillighet, og økt betalingsvillighet ble tolket som et skift i etterspørselskurven.

Anta at etterspørselen etter reiser fra A til B og C i vårt lille eksempel kan beskrives med funksjonene

$$(6) \quad \begin{aligned} X_{AB} &= f_B(A_B, G_{AB}) \\ X_{AC} &= f_C(A_C, E(G_{AC}), \sigma_{AC}^2) \end{aligned}$$

der  $X$ -ene er etterspørselen,  $f$ -ene er funksjonssymboler og  $A$ -ene uttrykker hvor attraktivt det oppfattes å reise til henholdsvis B og C. Hvis det oppfattes som mye mer attraktivt å reise til C framfor B, kan det tenkes at trafikanten vil velge C selv om  $E(G_{AC}) > G_{AB}$ . Høy varians bidrar derimot til å trekke ned etterspørselen etter reiser til C. En reduksjon i variansen kan derfor utløse et potensiale for flere reiser til C. I et diagram med generalisert reisekostnad  $G$  på den vertikale akse og antall reiser  $X$  på den horisontale, kan en endring i variansen tolkes som et skift i etterspørselskurven (se figur 6.5).



**Figur 6.5:** Konsekvens av redusert varians fra  $(\sigma_{AC}^2)^0$  til  $(\sigma_{AC}^2)^1$

Dersom  $E(G_{AC})$  ikke endres som følge av tiltaket, er det ikke mulig å bruke trapesregelen her. Dermed får vi tilsvarende problemer med å beregne trafikantnyttensom i avsnitt 6.2.2.

## 6.5 RP- og SP-metoder

Brand (1998) er et alternativ til metoder som krever detaljert trafikkanalyse og tilgang til en rekke data. Brands anbefaling er å gjennomføre en spørreundersøkelse for å finne mest mulig riktig verdsetting av trafikantnyttensom ved tiltaket. Ved tradisjonelle infrastrukturinvesteringer er bruken av transportsystemet i fokus når vi skal beregne nytten, og det er naturlig å betrakte endringer i tidsbruk og kjøretøykostnader som tiltaket fører med seg. Ved ITS-investeringer som skal gi trafikantene bedre informasjon, må vi rette oppmerksomheten mot bruken av informasjonen, og vi er ute etter å verdsette den økte mobiliteten som følger. Brand oppfordrer til å løsrive trafikantnytteberegningen fra måling av tidsbruk og kjøretøykostnader. Nyttensom ved denne typen ITS ligger først og fremst i hvordan informasjonen kan utnyttes av brukerne til å ta gode transportbeslutninger og få bedre kontroll over for eksempel egen reisetid. Verdsettingen av dette i kroner og øre gjøres best gjennom *stated preference*-undersøkelser, ifølge Brand.

*Stated preference* (SP) er å foretrekke framfor *revealed preference* (RP) ved verdsetting av ITS-tiltak (Brand, 1998). Ved RP-metoden bruker man observasjoner av faktisk atferd som grunnlag for å trekke slutninger om individenes verdsetting. Svakheter ved denne metoden er blant annet at den kun kan brukes på eksisterende valgsituasjoner, siden den baserer seg på faktisk atferd. Videre kreves det tilstrekkelig variasjon i data og derfor et stort datamateriale, og tilstrekkelig liten samvariasjonen mellom mulige forklaringsvariable (NOU 1997:27). Vår kunnskap om sammenhengen mellom atferd og verdsetting kan lett komme til kort (Brand, 1998).

Ved SP-metoden brukes intervjuer for å avdekke respondentenes preferanser. Respondenten stilles overfor hypotetiske valgsituasjoner, og det er derfor mulig å undersøke ikke-eksisterende valgsituasjoner. Det kreves heller ikke så stort utvalg som ved RP-metoden, siden hver respondent kan stilles overfor mange valgsituasjoner, og siden variablene i hver situasjon kan kontrolleres (NOU 1997:27). En svakhet ved metoden er at respondentene ikke nødvendigvis oppgir hva de ville velge i en reell situasjon.

En fordel ved å verdsette trafikantnyttensom gjennom en slik spørreundersøkelse framfor å beregne nytte basert på tidsbruk og kjøretøykostnader, er at vi unngår vanskelighetene ved modellering og datainnsamling i forbindelse med trafikkanalysen<sup>14</sup> (jf. kapittel 4). Videre vil verdsettingen gjennom spørreundersøkelsen ideelt sett fange opp hele trafikantnyttensom ved ITS, og vi trenger ikke bekymre oss

---

<sup>14</sup> Man kommer likevel ikke utenom en god trafikkanalyse dersom dette er påkrevd for å beregne andre elementer i nytte-kostnadsanalysen, som for eksempel miljø- og ulykkeskostnader. Dessuten er trafikkanalyse en forutsetning for at operatøren av ITS-systemet skal kunne utarbeide riktig og oppdatert informasjon og herunder ta hensyn til hvordan trafikantene reagerer på informasjonen.

med spørsmålet om det finnes gevinster av ITS utover de som kan leses utfra endringer i tids- og kjøretøykostnader.

Om Brand skal tolkes slik at man bør gjennomføre en undersøkelse for hvert enkelt prosjekt, er uklart. En annen mulighet er å gjennomføre betalingsvillighetsundersøkelser for å avdekke brukernes verdsetting av ulike typer informasjon, og bruke disse mer generelle resultatene i flere nytte-kostnadsanalyser av ITS-investeringer. Dette blir mer kostnadseffektivt, men man risikerer å overse viktige prosjektspesifikke forhold.

## 6.6 Oppsummering og anbefaling

Informasjon om trafikkforhold brukes til å redusere usikkerheten forbundet med transportbeslutninger. Dette gir seg av og til utslag i sparte tids- og kjøretøykostnader, men ikke nødvendigvis. Hvis trafikantene endrer reisemål, kan tids- og kjøretøykostnadene faktisk øke. Dette er ikke et problem i NKA hvis man tar hensyn til endringer i OD-matriser og beregner endring i konsumentoverskudd for alle OD-par, framfor å summere kostnadsreduksjoner ved det gamle reisemønsteret.

Informasjon kan også gjøre at trafikantene tilpasser avreisetidspunktet, uten at reisetida nødvendigvis reduseres. (Den kan til og med øke.) Likevel har trafikanten nytte av tiltaket, i form av å komme presis fram til destinasjonen. Denne nytten vil ikke fanges opp i en tradisjonell NKA, men ved å inkludere flere komponenter for tidsbruk i generaliserte reisekostnader ville vi kunne fange opp både denne og andre virkninger av ITS-tiltak. Tid brukt på å planlegge reisen og ventetid på ankomststedet er andre eksempler på dette, jf. *disposition time* fra EVA-manualen (EVA Consortium, 1991). Et alternativ til å inkludere kostnader ved ikke å komme presis, er å ta hensyn til reisekostnadens varians.

Selv om trafikanten ikke endrer atferd i det hele tatt som følge av informasjon, kan informasjonen likevel oppfattes som en kvalitetsforbedring ved reisen, og som noe det kan finnes betalingsvillighet for. Kvalitetsforbedringer kan behandles under ikke-prissatte konsekvenser. Vi har også sett at kvalitetsforbedringer kan representeres som skift i etterspørselen, men at trafikantnytteberegning på dette grunnlaget er problematisk.

Ethvert forsøk på å prissette nytten i tilfeller hvor det ikke fins egnede enhetspriser, vil kreve undersøkelser for å kartlegge trafikantenes verdsetting først.

Et hovedskille i de framgangsmåtene vi har presentert går mellom på den ene siden å endre noe på variable som inngår i tradisjonell nytteberegning, og på den andre siden å basere seg utelukkende på spørreundersøkelser (jf. Brand). Gjennom spørreundersøkelser kan trafikantenes verdsetting av tiltak avdekkes direkte. Man unngår problemet med å anslå trafikantenes respons på informasjon og problemer med å identifisere akkurat hvordan informasjonen genererer nytte. Et problem knyttet til en slik spørreundersøkelse er imidlertid at trafikantene ofte vil ha dårlige forutsetninger for å vurdere sin nytte av tiltak som de har liten eller ingen erfaring med. Etter hvert som tiltakene blir mer utbredt og kunnskapen om dem større, avtar dette problemet. Men da avtar samtidig problemet med å beregne trafikale effekter og måle og verdsette nytten v.h.a. "vanlig" NKA.

Vi mener det er naturlig å legge seg tettere opp til tradisjonell NKA-metodikk. Tradisjonell nytteberegning vil egne seg i analyser av ITS-tiltak, med modifiserte beregninger der hvor man tror det fins gevinster som ikke er fanget opp. De modifikasjonene vi tenker på er å inkludere flere variable i generaliserte kostnader, slik at variable som påvirkes av ITS-tiltak blir med i beregningen av trafikantnytte. Dette er på linje med EVA-manualens opplegg hvor *disposition time* er en komponent i tidskostnadene.

Vi trenger undersøkelser av trafikantenes verdsetting i forbindelse med de nye variablene vi ønsker å inkludere i generaliserte reisekostnader. Det vil være en glidende overgang fra tilfeller der nytten i hovedsak fanges opp av tradisjonell NKA til tilfeller der nytten i hovedsak ikke fanges opp av tradisjonell NKA. I det sistnevnte tilfellet vil verdsetting ved hjelp av spørreundersøkelse utgjøre en stor del av nytteberegningen, og vi nærmer oss Brands metode.

For å unngå dobbelttelling må man passe på at det ikke er overlapp mellom ”gamle” og ”nye” variable som regnes med i generaliserte reisekostnader. Videre må man under behandlingen av eventuelle ikke-prissatte konsekvenser heller ikke vurdere konsekvenser som er inkludert i den prissatte delen av analysen (NKA). Tabell 6.1 oppsummerer mulige konsekvenser for trafikantene av informasjonstiltak og hvilken metodikk som vil fange opp nytten.

**Tabell 6.1:** Konsekvenser og metodikk ved trafikantnytteberegning av informasjonstiltak.

Konsekvens	Metodikk
Nytte av endret rutevalg, transportmiddelvalg eller destinasjonsvalg. Nytt av spart gangtid, ventetid på holdeplass, tid om bord i transportmidlet, forsinkelsestid og omstigning. Nytt av reduksjon i antall kjørte kilometer.	Tradisjonell NKA
Nytte av redusert sikkerhetsmargin. (Man slipper å starte tidligere enn nødvendig pga. usikkerhet om reisetida, og blir også spart for venting ved ankomst.) Nytt av endret tidspunkt for gjennomføring av reisen i tilfeller hvor tidsbruk og kjørte kilometer ikke reduseres. (Reisen tar like lang tid, men ga informasjon starter man tidligere for å komme tidsnok fram.)	NKA der kostnadene ved å komme for tidlig eller for sent inngår i generaliserte reisekostnader.  Alternativt: NKA der kostnader knyttet til reisekostnadens varians inngår.
Mindre stress; opplevelse av forbedret kvalitet ved reisen i tilfeller hvor trafikantatferden ikke endres.	Ikke-prissatte konsekvenser (transportkvalitet). Evt. avdekking av trafikantenes verdsetting gjennom SP-undersøkelser.



## 7 Nåverdiberegning og presentasjon

Når årlig nytte og kostnader er beregnet, skal de årlige beløpene summeres over analyseperioden. Et beløp som påløper i et framtidig år tillegges mindre verdi i dag enn om samme beløp hadde påløpt i dag. Dette gjelder både nytte og kostnader. Omregningen til nåverdi, *diskonteringen*, skjer ved hjelp av en diskonteringsrente. I dette kapitlet skal vi se nærmere på hvilke hensyn som bør ligge til grunn i valget av diskonteringsrente i analyser av ITS-prosjekter.

Til slutt i kapitlet finnes litt om hvordan analyseresultatene bør presenteres.

Innledningsvis nevner vi også at det er naturlig å bruke kortere analyseperiode for ITS-tiltak enn for vegutbygginger. I NKA av vegtiltak er standarden å analysere virkninger for en 25-årsperiode utfra den forutsetningen at dette er anleggets økonomiske levetid. Teknisk levetid forutsettes gjerne å være ytterligere 15 år. For ITS-tiltak er disse tidshorisontene for lange. ITS-utstyret har en levetid på kanskje 5-10 år. Kortere analyseperioder bør derfor vurderes. 10 år ser ut til å være en vanlig tidshorisont i de eksemplene vi har sett på NKA av ITS-prosjekter.

### 7.1 Risikovurderinger, kostnadsstruktur og diskonteringsrente

Mens det hittil har vært vanlig å bruke en diskonteringsrente på 7 prosent i alle analyser av prosjekter i samferdselssektoren, skal man nå bruke ulikt rentenivå avhengig av prosjektets konjunkturfølsomhet og kostnadsstruktur. Dette er nedfelt i Rundskriv R-14/99 fra Finansdepartementet og nærmere beskrevet i deres "Veiledning i samfunnsøkonomiske analyser" (Finansdepartementet, 2000).

Generelt er risikoen ved et prosjekt av to typer: *Den systematiske risikoen* er knyttet til konjunktursvingninger i økonomien. Usikkerhet med hensyn til trafikkvekst er et eksempel på dette. *Den usystematiske risikoen* er uavhengig av den generelle økonomiske utviklingen, som for eksempel usikkerhet knyttet til kostnadsanslagene ved et prosjekt. Det er den systematiske risikoen som er av betydning ved valg av diskonteringsrente. I prinsippet skal det brukes høyere diskonteringsrente jo mer prosjektets lønnsomhet varierer med konjunktursvingningene.

I "Veiledning i samfunnsøkonomiske analyser" (Finansdepartementet, 2000) heter det: "For det andre har kostnadsstrukturen betydning for risikoen ved prosjektet. Et prosjekt blir mindre risikabelt dersom mye av kostnadene er variable slik at prosjektomfanget kan varieres i takt med etterspørselen." (s. 21).

Skiller ITS-prosjekter seg fra mer tradisjonelle infrastrukturinvesteringer når det gjelder risiko?

Leviäkangas og Lähesmaa (1999) sammenlikner noen karakteristika ved ITS-investeringer og tradisjonelle infrastrukturinvesteringer. De har blant annet funnet følgende:

- Investeringskostnaden ved ITS-prosjekter er gjerne mindre.
- Mens årlige driftskostnader er små i forhold til investeringskostnaden ved tradisjonelle vegprosjekter, er driftskostnadene ved ITS-prosjekter betydelige i forhold til investeringen. Dette gir ulike tidsprofiler. Tradisjonelle investeringer får store kostnader i begynnelsen av levetida, mens ITS-prosjekter har kostnadene mer jevnt fordelt over levetida.
- ITS-prosjekter har kortere levetid.
- ITS-prosjekter har ofte ingen restverdi.
- ITS-tiltak har kortere anleggsperiode.
- Det er risiko knyttet til å ta i bruk ny og uprøvd teknologi.
- Det er stor usikkerhet knyttet til trafikantatferden og dermed trafikantnyten ved en del ITS-tiltak.
- En del ITS-tiltak virker på trafikken bare når de er i bruk, i motsetning til vegtiltak som har permanent virkning på trafikken over lang tid.
- En del ITS-investeringer er mer reversible enn tradisjonelle veginvesteringer.

Alt dette tilsier at risikoen ved ITS-investeringer på mange måter skiller seg fra risikoen ved tradisjonelle veginvesteringer. Men vi kan ikke se at forskjellene er så store når det gjelder den *systematiske* risikoen. Ett forhold trekker i retning av lavere diskonteringsrente ved ITS-prosjekter: at en større andel av kostnadene er variable (siden driftskostnadene er en stor del av kostnadene). Hvis det skulle vise seg at behovet for investeringen var overvurdert, har man dermed mulighet til å unngå en forholdsvis stor del av kostnadene.

Leviäkangas og Lähesmaa peker på at nytte-kostnadsanalyse ikke sier noe om opsjonsverdi, dvs. en verdsetting av muligheten til å gjennomføre et prosjekt senere dersom det ikke gjennomføres i denne omgang. Gjennomføring av et tradisjonelt vegprosjekt er i stor grad irreversibelt. Vi har m.a.o. en alternativkostnad for tapt beslutningsfleksibilitet (Finansdepartementet, 2000). Denne alternativkostnaden skulle ideelt sett regnes med i analyser av tradisjonelle infrastrukturinvesteringer. En del ITS-prosjekter ville da komme fordelaktig ut i sammenlikning fordi de er mer reversible.

## 7.2 Presentasjon av analysen

Presentasjonen av en nytte-kostnadsanalyse bør inneholde en beskrivelse av prosjektet som er analysert, hvilke forutsetninger man har gjort og hvilke metoder som er brukt. Analyseresultatene bør presenteres i tabeller som synliggjør berørte parter og konsekvensene for hver av disse. Tabellene må ledsages av forklarende tekst. Videre må usikkerhetsmomenter påpekes, og følsomhetsanalyser for sentrale variable bør presenteres.

I prinsippet skal presentasjonen være så oppdelt og forutsetningene så tydelige at lesere som er uenige skal kunne gjøre egne vurderinger på grunnlag av presentasjonen.

Tabell 7.1 viser et tabelloppsett som synliggjør aktører og hvilke konsekvenser tiltaket vil ha for dem (basert på Minken et al., 2000). Det kan variere fra et tiltak til et annet hva som er en naturlig oppsplitting i grupper og undergrupper av aktører. Undergruppene av aktører som er tatt med i tabellen er kun eksempler. I avsnitt 3.2 så vi at Gillen et al. (1999) regnet med tre hovedgrupper av berørte av ITS-tiltak: Trafikanter, de som står for anskaffelse og drift/vedlikehold, og samfunnet. Zavergiu (1996) hadde i tillegg med private leverandører av ITS-utstyr. Ved NKA av tradisjonelle vegtiltak er det ikke vanlig å inkludere konsekvenser for leverandører av materiell (for eksempel asfalt). Vi kan se én grunn til å følge en annen praksis ved NKA av ITS-tiltak: Utvikling av teknologi i ett prosjekt er en fordel for andre prosjekter. Det vil altså være en positiv eksternalitet ved enkelte prosjekter. Dette er en form for samfunnsøkonomisk nytte som vi ikke vil komme nærmere inn på her, men som kunne regnes med i NKA. Vi har imidlertid ingen metode til å beregne denne gevinsten.

**Tabell 7.1.** Presentasjon av hovedresultater

	Trafikanter				Operatører			Det offentlige		Tredjepart*
	Til/fra arb.	I arb.	Fritid	Gods	Buss-selskap	Bom selskap	Parker.-selskap	Stat/fylke/komm.	Vegvesen	
Investering										
Drift og vedlikeh.										
Trafikantnytte										
Operatørresultat										
Ulykkeskostnader										
Miljøkostnader										
Skatteinngang										
Skattekostnad										
Nettonytte										

\*: Tredjepart er de som berøres av eksterne kostnader

## 8 NKA og eksempler på ITS-tiltak

### 8.1 Utvalg av tiltak

Vi har konstatert at ”vanlig” nytte-kostnadsanalyse (NKA) langt på veg er et egnet verktøy for å analysere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av potensielle ITS-tiltak. For noen typer tiltak kan det være problematisk å anvende NKA av to grunner: For det første vil det bli vanskelig å få til gode modellsimuleringer som NKA skal bygge på, og for det andre reiser det seg noen spørsmål i forbindelse med trafikantnytteberegningen.

I dette kapitlet skal vi se nærmere på hvilke tiltak som burde være forholdsvis uproblematisk å evaluere med NKA, og hvilke som krever spesielle vurderinger. Med utgangspunkt i anvendelsene som er listet opp i tabellene 2.1-2.3 i kapittel 2 har vi valgt ut noen tiltak som vi vil vurdere i forhold til diskusjonen i kapittel 4 om trafikkanalyse og kapittel 6 om trafikantnytteberegning. I utvelgelsen er det lagt vekt på at eksemplene skal være dokumentert i litteraturen og at de er i bruk i Norge eller kan være aktuelle å ta i bruk. Tiltakene er:

1. Trafikkstyring: informasjon på variable skilter m.m.
2. Trafikkstyring: håndtering av hendelser
3. Trafikkstyringssystem for tunneler
4. Trafikkstyring: signalprioritering
5. Trafikkstyring: tilfartsregulering
6. Trafikkstyring ved dårlig luftkvalitet
7. Elektronisk bompengereking
8. Avansert vegprisingssystem

Vi skal ta for oss tiltakene ett for ett og vurdere om det vil være problematisk å bruke NKA som evalueringsverktøy.

Først noen ord om *hva* vi ønsker at NKA skal evaluere. Noen av ITS-tiltakene er alternativer til andre infrastrukturinvesteringer eller løsninger, mens ITS i andre tilfeller gjør det mulig å ta i bruk helt nye virkemidler. Elektronisk bompengereking er for eksempel et alternativ til manuell innkreving, mens et avansert opplegg for vegprising ikke ville være mulig uten å ta i bruk ITS-teknologi. Når ITS er et alternativ til en annen investering, er det konsekvensene av å investere i ITS vi er ute etter. Dvs. at her er vi ikke interessert i å evaluere konsekvensene av å innføre bompenger, men å sammenlikne manuell og elektronisk innkreving. Når ITS introduserer nye virkemidler er det derimot ikke et spørsmål om å vurdere

ITS opp mot annen teknologi. Da er det snarere konsekvensene av virkemidlene vi vil evaluere. I EVA-manualen (EVA Consortium, 1991) heter det:

*”In many cases it will not be possible (or indeed sensible) to separate the evaluation of RTI [road transport informatics] equipment from evaluation of the strategies for which it is used.”* (s. 25)

Det presiseres at det er en glidende overgang mellom tilfeller hvor ITS er et alternativ til andre investeringer og tilfeller hvor ITS-teknologi åpner for nye virkemidler.

## 8.2 Trafikkstyring: informasjon på variable skilter m.m.

Informasjon om trafikkforhold kan for eksempel gis ved hjelp av variable skilter, internett, radio (RDS-TMC) og tekst-TV. Trafikkinfo Gardermoen (for tida ikke i drift) og informasjonssystemet på E18 i Vestfold er norske eksempler på tiltak hvor trafikantene kan få varsling om køproblemer eller informasjon om antatt reisetid.

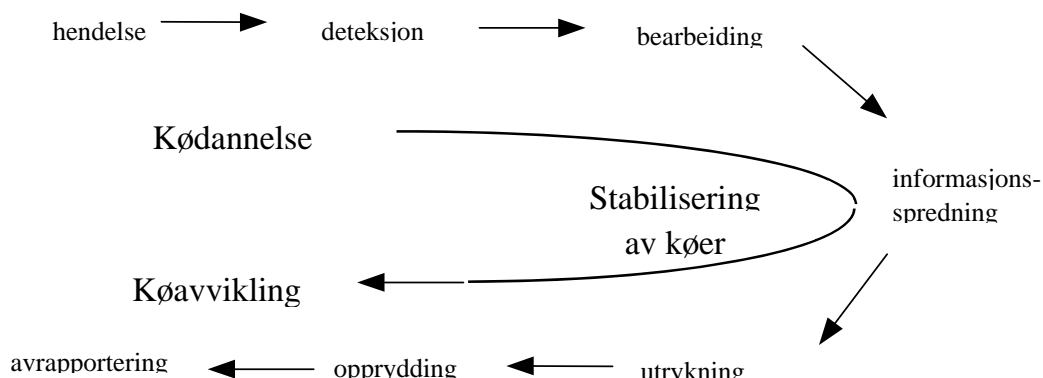
De nevnte mediene kan brukes til informasjon av forskjellig slag (antatt reisetid; varsling av kø, ulykker, vegarbeid, glatt vegbane, ville dyr ved vegen), men også til anbefaling av ruter. På vegnettet mellom London, Birmingham og Nottingham er det plassert ut variable skilt i forkant av motorvegskryss. Via skiltene får trafikantene strategisk ruteveiledning. Analyser viser store tidsbesparelser ved langvarige hendelser. Mulige økninger i antall kjørte kilometer og endringer i miljøkostnader er ikke beregnet (Vejdirektoratet, 1999).

Det er mange hensyn å ta i utformingen av slike informasjonssystemer. Blant annet må man sikre at man ikke bare flytter trafikkproblemene i tid eller rom. Andre hensyn er nevnt i avsnitt 4.3.

Fanger en ”vanlig” nytte-kostnadsanalyse opp de relevante samfunnsøkonomiske konsekvensene av å investere i denne typen informasjonssystemer? Investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnadene skulle være relativt uproblematisk å anslå. Forutsatt en realistisk trafikkmodell vil NKA videre fange opp tidsgevinster og endringer i kjøretøykilometer, men som diskutert i kapittel 4 kan det bli en utfordring å få til gode modellsimuleringer. Dessuten kan vi stille oss spørsmålet om informasjonen har noen nytte utover den nytten vi beregner på bakgrunn av trafikkmodellen, eller om det ville være dobbelttelling å regne noen ”ekstra” nytte av informasjon. Hva med trafikanter som ikke har mulighet til å spare tid som følge av at de får informasjon, men som likevel opplever informasjonen som en kvalitetsforbedring ved reisen? Her ser vi at ulike metoder diskutert i kapittel 6 kan spille en rolle.

## 8.3 Trafikkstyring: Håndtering av hendelser

Et system for håndtering av ulykker og andre hendelser (*incident management*) kan illustreres med figur 8.1.



**Figur 8.1:** Håndtering av ulykker og andre hendelser (Kilde: Transek)

Tiltaket korter ned tida fra første til siste ledd i figuren. Når en uforutsett hendelse inntreffer, oppdages dette av trafikkovervåkingssystemet. Riktig respons kan iverksettes raskt, som for eksempel varsling av utrykningskjøretøyer. Eventuelt kan trafikk som er på veg mot stedet ledes til kjørefelt som ikke er berørt. Kjørefeltsignaler kan brukes til dette. Midlertidig nedsatt fartsgrense (fjernstyrt fra en sentral og vist på variable skilt) er også en mulighet. Samtidig kan trafikanter i området varsles om hendelsen via variable skilt og/eller radio, slik at de eventuelt kan velge andre ruter.

Forventede konsekvenser av tiltaket er for det første tidsgevinster, siden perioden med køproblemer etter en hendelse blir kortere. En oppsummering av *incident management*-prosjekter i USA viser opp til 66% reduksjon i tida det tar å rydde opp etter en hendelse (Federal Highway Administration (FHWA), 1999). Store reduksjoner i trafikantenes tidskostnader er påvist i forbindelse med *incident management*-delen av Georgia Navigator<sup>15</sup>, som er et omfattende ITS-system i Georgia i USA (Presley og Wyrosdick, 1998).

På vår side av Atlanteren har Transport Research Laboratory (TRL) utført nyttekostnadsanalyse basert på modellsimuleringer av en tenkt investering i hendelsesdeteksjon<sup>16</sup> på motorvegen 11 steder i Storbritannia (Perrett et al., 1996). TRL har også simulert implementering av kø- og hendelsesdeteksjon i urbane områder. I begge tilfeller bidrar reduserte køkostnader til nytten ved tiltaket.

Det andre viktige nytteelementet er reduserte ulykkeskostnader. Nedgangen skyldes særlig reduksjonen i ulykker som følger etter at den opprinnelige ulyk-

<sup>15</sup> Et integrert system som består av et trafikkstyringssystem for motorvegnettet (herunder incident management) i tillegg til multimodal trafikantinformasjon, elektronisk bompengeneinnkreving, elektronisk billettering og et system for trafikksignaler.

<sup>16</sup> Det er etter all sannsynlighet forskjeller i utformingen av systemene som er evaluert både innbyrdes i USA og mellom USA og Storbritannia, men vi velger her å behandle dem under samme paraply.

ken/hendelsen har inntruffet. Dette finner både FHWA og TRL. (Presley og Wyrosdick undersøkte det ikke.)

Reduserte køproblemer fører også til noe mindre utslipp fra bilene, men denne effekten anses å være ubetydelig.

TRL finner at investerings- og driftskostnader og reduserte kø- og ulykkeskostnader neddiskontert over en tiårsperiode gir positiv nettonytte. Nytte-kostnadsbrøken (nytte dividert på kostnader) er beregnet til 1,7 for motorvegene og 3,8 for byområder. Hadde man delt nettonytte på kostnader, ville brøkene blitt henholdsvis 0,7 og 2,8.

Vi stiller spørsmål ved om tradisjonell NKA gjenspeiler nytten ved denne typen ITS-tiltak på en riktig måte. Siden tiltaket innebærer informasjon til trafikantene, kommer vi opp i de samme problemstillingene som ved informasjonssystemene omtalt i forrige avsnitt. For at NKA-beregningene skal bli mest mulig riktige, må trafikkanalysen avdekke hvor mange som vil velge andre ruter samt kostnadene på disse rutene, og hvor mange som vil fortsette på ruta hvor hendelsen har inntruffet og kostnadene ved å kjøre denne ruta. Data om forekomsten av ulike typer hendelser er også nødvendig, og likeledes data om varigheten av hendelsene med og uten tiltaket.

## 8.4 Trafikkstyringssystem for tunneler

En viktig oppgave for Vegtrafikksentralen i Oslo er trafikkstyring for tunneler. Flere av byens tunneler er kameraovervåket, og skulle en bil få motorhavari eller en ulykke inntreffe i en tunnel, vil situasjonen raskt bli oppdaget og riktig tiltak iverksatt. Man har mulighet til å lede trafikken i tunnelen bort fra den eller de kjørefeltene som er berørt av hendelsen, og skulle det bli nødvendig å stenge ett av to tunnellop og lede trafikken i begge retninger gjennom samme løp, kan dette gjøres fjernstyrt fra Vegtrafikksentralen. Noen av brikkene i dette er fjernstyrte bommer og signaler som viser grønne piler eller røde kryss over de enkelte kjørefeltene.

Planlagt vedlikeholdsarbeid i tunnelene foregår fortrinnsvis i perioder med liten trafikk. Da er det liten fare for køproblemer selv om all trafikk ledes til kjørefelt eller tunnellop som ikke berøres av vedlikeholdsarbeidet. Ved hendelser som gjør det nødvendig å stenge ett av to tunnellop mens trafikken er stor, kan det bli store forsinkelser for trafikantene dersom alle ledes gjennom det åpne tunnellopet. Hvis det finnes en omkjøringsveg, må det vurderes om det er bedre å ta i bruk denne. Svaret avhenger av kapasiteten på omkjøringsvegen og dessuten de miljøbelastningene trafikken fører med seg. Ofte er det slik at omkjøringsvegen er "gamlevegen" hvor all trafikken gikk før tunnelen ble anlagt. Den går kanskje gjennom boligområder, slik at stor trafikk innebærer økte eksterne kostnader.

Poenget i vår sammenheng er imidlertid ikke hvorvidt omkjøringsvegen bør tas i bruk. Vi er interessert i evaluering av teknologiinvesteringer for trafikkstyring av tunneler.

Det er ingen vesentlige forskjeller mellom trafikkstyringssystem for tunneler og systemer for håndtering av hendelser på veger i dagen (omtalt i forrige avsnitt), bortsett fra at det blir stilt andre krav til sikkerhet i tunneler. Systemene skal fylle de samme funksjonene. Med trafikkstyringssystem for tunneler tenker vi imidler-

tid her mer spesifikt på hendelsesdeteksjon og muligheten for å styre trafikken ved hjelp av kjørefeltsignaler og fjernstyrte bomber, mens å informere trafikanter tilhører et annet delsystem av den mer overordnede trafikkestyringen. Hvis vi velger å holde oss til denne avgrensningen, burde det være uproblematisk å anvende NKA som evalueringsverktøy. Vi kan se bort fra problemene vi nevnte knyttet til NKA av *incident management*, og forvente de samme konsekvensene for øvrig. Som ved NKA av *incident management* trenger man data om varighet og hyppighet av ulike typer hendelser for å kunne utføre analysen.

## 8.5 Trafikkstyring: Signalprioritering

Ulike teknologiske løsninger gjør det mulig å gi prioritet til visse kjøretøyer i lyskryss uten å hindre den øvrige trafikken vesentlig. Prioritet kan for eksempel gis til alle rutegående busser og trikker eller kun forsinkede busser og trikker, og alle utrykningskjøretøyer.

Et casestudium fra Finland (Kulmala et al., 1998) tar for seg et prosjekt der bussene får prioritet på en av Tampere hovedveger. Bussene får eget kjørefelt (også gjennom kryss) i den ene kjøreretningen og signalprioritering i begge retninger. Nytte-kostnadsanalysen viser at reduksjonen i tids- og kjøretøykostnader for busser er større enn økningen i de samme kostnadene for andre kjøretøyer. Det ble ikke funnet signifikante endringer i ulykkeskostnader, selv om det bemerkes at det til å begynne med oppsto flere ulykker enn før i lyskryssene. Økningen i ulykker skyldtes delvis nytt kjøremønster og delvis at periodene med grønt lys ble kortere. Videre er det beregnet en reduksjon i støykostnader. Nytte-kostnadsbrøken er 1,06. Hvis vi (i motsetning til Kulmala et al.) regner økt vegvedlikehold som en kostnadsøkning istedenfor en nyttereduksjon, og dividerer netto nytte på kostnader, blir resultatet 0,04. Begge regnemåter tilsier at prosjektet så vidt er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

TRL har utført en nytte-kostnadsanalyse av en tenkt implementering av signalprioritering i 10 byområder i Storbritannia (Perrett et al., 1996). Prioriteringen gis til utrykningskjøretøyer og forsinkede busser. Analysen viste at tidskostnadene ville øke som følge av at annen trafikk ble forhindret. Dette ble imidlertid mer enn oppveid av reduserte ulykkeskostnader som følge av redusert skadegrad. Det ble antatt at raskere respons ved ulykker førte til at 2% av dødsfallene i nullalternativet kunne klassifiseres som alvorlig skadde i tiltaksalternativet, og at 2% av alvorlig skadde kunne klassifiseres som lettere skadde, mens antallet skadde totalt ble antatt å være konstant. Nytte-kostnadsbrøken ble beregnet til 4,8 (3,8 hvis man regner netto nytte delt på investerings- og driftskostnader).

Vi kan ikke se at signalprioritering er en type tiltak som skulle kreve noen spesiell form for evaluering. Tradisjonell NKA er et egnet evalueringsverktøy gitt at generaliserte reisekostnader med og uten tiltaket kan regnes på en pålitelig måte for bussreiser og bilreiser, og gitt at forekomst og skadegrad av ulykker kan beregnes riktig.



## 8.6 Trafikkstyring: Tilfartsregulering

Tilfartsregulering (tilfartskontroll, ramp control) er et system for å regulere trafikkstrømmene som kommer fra tilførselsveger og skal ut på en sterkt trafikkert motorveg. Hensikten er å unngå køproblemer på motorvegen. Dette gjøres gjennom å slippe trafikk ut på motorvegen i passende doser. En bivirkning kan være at det blir kø på det lokale vegnettet isteden, men noen systemer er utformet slik at hensynet til det lokale vegnettet også er ivaretatt.

Systemet består av utstyr som måler trafikkstrømmene ulike steder på motorvegen, tilstrømningen på tilførselsvegene og eventuelt kødannelser på lokale veger. Målingene bearbeides i en prosessor som beregner hvor stor trafikk som kan slippes ut på motorvegen innenfor et tidsintervall. Siste ledd i systemet er trafikksignaler plassert på rampene (tilførselsvegene). Noen systemer er slik at kun én bil slippes fram når lyset er grønt, slik at selve doseringen skjer gjennom omløpstida. Systemene kan slås av når det ikke er behov for dem.

Forventede effekter er høyere gjennomsnittshastighet og færre ulykker. Tilfartsregulering kan redusere antall ulykker gjennom å redusere faren for kollisjoner sidevegs når kjøretøyer kommer fra akselerasjonsfelt. Dersom det blir mindre køkjøring, reduseres dessuten faren for påkjørsler bakfra. Det kan ikke forventes gode effekter av tilfartsregulering hvis det i utgangspunktet ikke er store køproblemer, eller hvis trafikkstrømmene på tilførselsvegene og motorvegen totalt er så store at sammenbrudd i trafikkflyten uansett ikke er til unngå.

Vejdirektoratet i Danmark har oppsummert erfaringer med tilfartsregulering i Nederland, Storbritannia, Tyskland og Sverige. I tillegg til bedre framkommelighet på motorvegen, har man funnet at drivstofforbruket og miljøbelastningen reduseres (Vejdirektoratet, 1999). En undersøkelse fra Storbritannia referert i Perrett et al. kunne imidlertid ikke påvise at køproblemene ble løst i tilstrekkelig grad, selv om gjennomstrømningen av kjøretøyer i rushtida økte med 3,2%.

FHWA har sammenliknet studier av tilfartsregulering i USA. Resultatene når det gjelder hastighetsøkning er sprikende: fra 8% til 60% (9 studier). Reduksjon i ulykker varierer fra 15% til 50% (6 studier). De sprikende resultatene kan skyldes forskjeller i trafikkmengde, motorveglengde som er studert og utforming av anlegget. FHWA samlet også data for redusert reisetid og reduserte forsinkelser, økt gjennomstrømning og bedre trafikkflyt, men disse ble ansett som lite sammenlignbare (Federal Highway Administration, 1999).

TRL har foretatt en nytte-kostnadsanalyse av et testscenario med 40 installerte systemer i Storbritannia. Reduserte ulykkes- og køkostnader dividert på investerings- og vedlikeholdskostnader gir en brøk på 3,57. Nettonytte delt på kostnader ville gitt 2,57.

Det skulle ikke være noen prinsipielle problemer ved å anvende NKA for å evaluere tilfartsregulering. Det er viktig å definere et tilstrekkelig stort analyseområde, slik at man får med virkningene overalt i trafikksystemet. Dette kan gjøre slike analyser relativt omfattende.

## 8.7 Trafikkstyring ved dårlig luftkvalitet

Som en del av prosjektet "Bedre byluft" har Statens vegvesen etablert et måle- og varslingsystem for luftkvaliteten i Oslo, Drammen, Stavanger, Bergen og Trondheim. Oppdaterte målinger og prognoser legges ut på internett<sup>17</sup>. Nettsidene kan også brukes til å informere om iverksetting av akutttiltak. Sidene inneholder dessuten råd om hvordan den enkelte kan bidra til bedre luftkvalitet, for eksempel ved å unngå all unødvendig kjøring, reise kollektivt og bruke elektrisk oppvarming framfor vedfyring.

Det eneste akutttiltaket som har vært iverksatt som følge av "Bedre byluft"-prosjektet er, så vidt vi kjenner til, nedsatt fartsgrense fra 70 og 80 km/t til 60 km/t i Oslo. Siden 1. desember 1998 har det vært anledning til å bruke dette tiltaket på dager hvor luftforurensningen overstiger visse grenser.

Andre typer respons når systemet varsler høy luftforurensning kunne være intensivt renhold på vegene og anbefalinger til trafikantene om å velge alternative ruter eller reise kollektivt. Flere byer opplever at visse værforhold kombinert med store trafikkkonsentrasjoner gir ekstra dårlig luftkvalitet. Da kan hjelpemidler for trafikkstyring tas i bruk for å spre trafikken til alternative ruter. I Gøteborg har man i slike tilfeller lagt ut miljøinformasjon og anbefalte ruter på variable skilt. Eksperimenter og intervjuer i EU-prosjektet EFFECT (Environmental Forecasting For the Effective Control of Traffic) viste at trafikantene i Gøteborg generelt la noe mindre vekt på miljøinformasjon enn på trafikkmeldinger. Miljøinformasjon var imidlertid ønsket, og trafikantene var villige til å endre rute hvis det var mulig<sup>18</sup>.

Hvordan stiller dette ITS-tiltaket seg i forhold til nytte-kostnadsanalyse og de mulige problemene med trafikkanalyse/modellering og trafikantnytteberegning som vi har diskutert? I dette tilfellet innebærer ikke evalueringen noen verdsetting av informasjonen, og det skulle ikke være noen prinsipielle problemer med trafikantnytteberegningen. Det er imidlertid stor usikkerhet om hvordan trafikantene reagerer på informasjonen, slik at modelleringen kan bli vanskelig.

## 8.8 Elektronisk bompengeneinnkreving

Med bompenger tenker vi på finansiering av infrastrukturinvesteringer ved hjelp av avgifter som bilistene må betale på bestemte vegstrekninger. Begrunnelsen for bompenger er altså finansiering og ikke etterspørselsregulering, som ved såkalt vegprising.

Teknologien for elektronisk innkreving går ut på at sensorer på innkrevingspunktet registrerer en brikke som er plassert i den passerende bilen. Dette blir videre registrert i en sentral som identifiserer brikkens eier. Sentralen trekker enten automatisk et beløp fra eierens konto, eller sørger for at det blir sendt regning. Eieren kan belastes per tur eller periodisk.

<sup>17</sup> Se [www.vegvesen.no/175/175.stm](http://www.vegvesen.no/175/175.stm) .

<sup>18</sup> Resultater presentert av Susanne Planath, Vägverket, på Seminar for Young Nordic Telematics Researchers, Helsinki, februar 2000.

I Norge har elektronisk bompengeneinnkreving med såkalt "køfri-brikke" vært i bruk siden 1988, da anlegget på motorvegen øst for Trondheim åpnet. Det er i dag fire systemer med elektronisk innkreving: Bompengeringene i Oslo og Trondheim, Rennfast-forbindelsen og Hvalertunnelen.

Det har kommet nye reguleringer fra EU om frekvensen som skal brukes i kommunikasjonen mellom kjøretøyet og installasjonene ved vegkanten. Prosjektet Autopass i regi av Statens vegvesen har som målsetting å introdusere ny teknologi som tilfredsstillende EUs krav, og som samtidig legger til rette for at samme brikke kan leses av flere anlegg. Hvis man lykkes i å harmonisere standarder, vil samme brikke på sikt kunne brukes til betaling i flere anlegg i Norge og kanskje også i utlandet. I tillegg kunne betaling på ferjer og andre transporttjenester knyttes til det samme systemet.

Ved NKA av elektronisk innkreving er det som nevnt ikke konsekvensene av å innføre bompenger vi er ute etter å analysere, men valget av betalingssystem. Vi kan tenke oss at bompengefinansiering enten er vedtatt eller allerede innført, og at vi skal vurdere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av et elektronisk betalingssystem framfor manuelle bomstasjoner.

Gillen et al. (1999) har anvendt NKA på et pilotprosjekt for elektronisk bompengeneinnkreving ved Carquinez Bridge i California. Kostnadene ved investering, drift og vedlikehold, neddiskontert over en tiårsperiode, ble beregnet til å være noe høyere enn i referansealternativet med vanlig bomstasjon. Men samtidig ser det ut til å bli en betydelig økning i nytten, bestående av reduserte drivstoffkostnader, reduserte tidskostnader, reduserte miljøkostnader og økning i driftsinntekter. Endringen i miljøkostnader skyldes reduserte utslipp på grunn av at det blir mindre oppbremsing, venting og akselerasjon. Endring i ulykkeskostnader ble ikke signifikant i analysen. Nettonytte delt på kostnader blir 3,7. Følsomhetsanalyser hvor forutsetningene om markedsandel, tidsverdier og drivstofforbruk ble variert, viste at markedsandelen er ganske avgjørende for den samfunnsøkonomiske lønnsomheten. Med markedsandel menes her hvor stor andel av transaksjonene som skjer elektronisk. Det er også av betydning om det er trafikantene eller innkrevingselskapet som står for utgiftene til brikkene som trafikantene har i kjøretøyene.

FHWA trekker fram elektronisk bompengeneinnkreving som ett av de områdene hvor fordelene ved ITS er best dokumentert (Federal Highway Administration, 1999). Det gjelder særlig sparte personalkostnader og andre drifts- og vedlikeholdskostnader, samt tidsgevinstene som følger av større gjennomstrømning av biler. Som vi har sett, viste imidlertid analysen hos Gillen et al. at innføring av elektronisk innkreving ikke nødvendigvis betyr sparte kostnader. Den samfunnsøkonomiske lønnsomheten kan likevel være god, siden det kan ventes stor økning i nytten.

Nytte-kostnadsanalyse burde være et egnet verktøy for å evaluere elektronisk bompengeneinnkreving. To forhold man bør være oppmerksom på er betydningen av markedsandel og at det er ønskelig med data om blant annet oppbremsinger og akselerasjoner. Det førstnevnte bør tas hensyn til i NKA gjennom følsomhetsanalyser. Det sistnevnte vil kanskje bli lettere etter hvert som mer trafikkdata blir tilgjengelig, noe som blant annet kan skje nettopp ved hjelp av brikkene som brukes til elektronisk bompengebetaling. Denne teknologien er for eksempel en måte å innhente data om kjøretøyenes hastighet på.

## 8.9 Avansert vegprisingssystem

Begrunnelsen for vegprising er å stille trafikantene overfor samfunnsøkonomisk sett riktigere priser ved de reisene de foretar. Ved vegprising kan innkrevingen skje på samme måte som ved elektronisk innkreving av bompenger. Vegprisingssystemer kan imidlertid være mer avanserte ved at fastsettelsen av satsene skjer på bakgrunn av trafikkdata og kan varieres hyppigere, ved at avgiftene kan beregnes på flere lenker i nettverket, og ved at en har større muligheter for differensiering etter ulike kriterier.

### 8.9.1 Trafikkstyring og vegprising

Både trafikkstyringssystemer og vegprising er redskaper til å regulere trafikken. Behovet for regulering oppstår fordi etterspørselen avviker fra optimale nivåer sett fra en samfunnsøkonomisk vinkel. Avvikene skyldes at de private kostnadene den enkelte trafikant står overfor ved en reise, er lavere enn de samfunnsøkonomiske kostnadene reisen gir opphav til. For eksempel er ikke alle miljøkostnader og ulykkeskostnader internalisert<sup>19</sup> i de private kostnadene. Hvis det er køproblemer, vil dessuten en ekstra bilist påføre de øvrige trafikantene tidskostnader, noe denne "ekstra" bilisten ikke tar hensyn til når han/hun velger å reise.

Når både trafikkstyringssystemer og vegprising er redskaper til å løse disse problemene, bør de da oppfattes som alternativer? Bør planleggere oppfatte dem som ulike strategier å velge mellom for å redusere trafikkproblemene i et område, eller bør de snarere ses på som supplementer?

For å besvare spørsmålet, følger vi Hjelle (2000) og skiller mellom følgende tiltak:

- a) trafikkstyringssystem med restriksjoner (påbud/forbud)
- b) trafikkstyringssystem med informasjon og anbefalinger
- c) vegprising

Ved a) ligger beslutningene på overordnet nivå, og man har absolutt kontroll over trafikkstrømmene. Beslutningene ved b) og c) ligger hos den enkelte trafikant. Med nyttemaksimerende trafikanter leder b) og c) til optimale trafikkvolumer dersom trafikantene stilles overfor de faktiske samfunnsøkonomiske kostnadene ved alternative transportbeslutninger. For å oppnå dette, kan tiltakene b) og c) utfylle hverandre: Vegprising brukes til å internalisere eksternaliteter, mens trafikkstyringssystemet gir trafikantene annen informasjon, som for eksempel forventet reisetid på alternative ruter.

Hjelle (2000) oppsummerer komplementariteten mellom vegprising og trafikkstyringssystemer slik:

- Trafikkstyringssystemet kan framskaffe informasjon som er nødvendig i beregningen av optimalt nivå på vegprising (for eksempel forventet trafikkvolum).

---

<sup>19</sup> Når en kostnad er internalisert, vil det si at en aktør tar den med i sin oppfatning av kostnadene. Det motsatte er eksterne kostnader, som aktøren ikke tar hensyn til selv om de representerer kostnader for samfunnet.

- Trafikkstyringssystemet kan gi trafikantene tilleggsinformasjonen de trenger for å foreta rasjonelle valg (for eksempel forventet reisetid).
- Med et trafikkstyringssystem har man også muligheten til å bruke direkte reguleringer der hvor absolutt kontroll er nødvendig (for eksempel prioritering av utrykningskjøretøyer).

Det er ikke sikkert at det å begrense bruken av direkte regulering kun til tilfeller hvor det er *nødvendig* gir den optimale sammensetningen av virkemidler. Eksempler vi har gjennomgått i dette kapitlet viser at trafikkstyring med direkte regulering kan være samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak (som signalprioritering for kollektivtransport).

### 8.9.2 Vegprising med avansert differensiering

I 2001 avsluttes et treårig forskningsprogram i Danmark hvor man tar for seg et foreslått nasjonalt, distansebasert vegprisingssystem (Kildebogaard, 2000). I programmet skal økonomiske, tekniske og atferdsmessige sider analyseres. Vegprisingssystemet skal bruke GPS (Global Positioning Systems) til å bestemme prisen som den enkelte trafikant skal betale. Prisen settes utfra kjøretøytype, distanse kjørt, type veg og område, og tidsperiode på døgnet. Dette krever installasjoner i bilen, både for at prisen skal kunne beregnes, og for at føreren skal kunne se på et display hva prisen vil bli.

Et slikt system legger til rette for å redusere andre typer avgifter forbundet med transport.

Mange typer betalingssystemer kan knyttes til denne formen for vegprising. I forskningsprogrammet er det lagt vekt på at det skal være minst én anonym måte å betale på, for eksempel et betalingssystem med kort, hvor ingen data om reiser eller priser lagres.

Ingen land har erfaring med et slikt omfattende, distansebasert vegprisingssystem. Forskningsprogrammet skal blant annet prøve å finne svar på om det vil være lønnsomt å iverksette systemet, og om det vil ha fordeler framfor tradisjonelle drivstoff- og kjøretøyavgifter.

### 8.9.3 NKA og vegprising

Dette ITS-tiltaket representerer et nytt virkemiddel og ikke bare et skifte av teknologi. I en evaluering er vi interessert i å analysere den samfunnsøkonomiske virkningen av å ta i bruk et avansert vegprisingssystem sammenliknet med de eksisterende trafikkstyringstiltakene som måtte finnes i hvert enkelt tilfelle. Vi vet foreløpig lite om hvordan trafikantene vil tilpasse seg for eksempel et distansebasert system, og modellsimuleringer av trafikkstrømmene vil derfor bli vanskelig. Det skulle imidlertid ikke være uoverkommelig å modellere dette hvis man opererer med et visst antall trafikantgrupper og ulike kilometerbaserte satser i ulike geografiske områder.

Hvis systemet kombineres med ulike former for informasjon, reiser spørsmålet seg om verdsetting av informasjon i trafikantnytteberegningene.

Et enklere system, uten trafikkinformasjon og med en fast kjøprisingssats i visse tidsintervaller, er ikke så ulikt systemet med differensiert bompengesats som er i drift i Trondheim. Dette burde være enklere å simulere og nytteberegne med tradisjonell nytte-kostnadsanalyse.

## 8.10 Oppsummering

Gjennom eksemplene har vi belyst hva slags ITS-tiltak som kan evalueres ved hjelp av NKA på linje med andre infrastrukturinvesteringer. Av tiltakene vi så på gjelder dette trafikkstyringssystem for tunneler, signalprioritering, tilfartsregulering og elektronisk bompengeregulering. For tiltak hvor tradisjonell NKA ikke er et fullt ut tilfredsstillende verktøy, har vi pekt på hvilke problemer man støter på. Tiltakene som skiller seg ut er tiltak hvor trafikantene får informasjon som de fritt kan reagere på. Utfordringene ligger her i modellsimulering og trafikantnytteberegning. For tilfeller der det er rimelig å anta fast OD-matrise (altså ingen endringer i reisemønster når det gjelder startsted og bestemmelsessted) burde en god rutevalgmodell være et brukbart utgangspunkt for trafikkanalyse.

Tabell 8.1 oppsummerer hva slags nytte som kan forventes av de utvalgte tiltakene utfra litteraturen vi har gjennomgått. Noen av opplysningene er basert på bare ett eller få tilfeller og må ikke tolkes som noe "fasitsvar". Videre antydes det hvordan NKA egner seg som *ex ante*-evalueringsverktøy for hvert tiltak.

**Tabell 8.1:** Eksempler på tiltak, forventet nytte\* og vurdering i forhold til NKA

Tiltak	Sparte tidskostnader	Sparte ulykkeskostnader	Sparte miljøkostnader	Vurdering i forhold til NKA
<b>Trafikkstyring: Informasjon</b>	Ja	Ikke signifikant	Ikke signifikant	Simulering og trafikantnytte vanskelig
<b>Håndtering av hendelser</b>	Ja	Ja	Ikke signifikant	Simulering og trafikantnytte delvis problem
<b>Trafikkstyring tunneller</b>	Ja	Ja	Ikke signifikant	Greit
<b>Signal-prioritering</b>	For kollektivtrafikk, men tap for andre	Usikkert	Ja, hvis dempet vekst i biltrafikk	Greit
<b>Tilfartsregulering</b>	Ja, men mulig tap lokal veg	Ja	(Ja)	Greit
<b>Trafikkstyring: Luftkvalitet</b>	Nei	-	Ja	Simulering vanskelig
<b>Elektronisk bompengebet.</b>	Ja	Ja	Ja	Greit
<b>Avansert vegprising</b>	-	-	-	Simulering og trafikantnytte vanskelig

\*: Resultatene i tabellen er ikke generelle, men basert på kun få eksempler fra USA og Europa.

## 9 Eksemplet ”Trafikk- informasjon E18 Vestfold”

### 9.1 Kort beskrivelse av prosjektet

På E18 gjennom Vestfold har Statens vegvesen etablert et system for trafikkovervåking og informasjon til trafikantene. Den første varianten av systemet ble tatt i bruk i 1989, med en del forbedringer i ettertid. Bakgrunnen for prosjektet er køproblemene som særlig oppstår for nordgående trafikk på søndag ettermiddag og kveld i sommerhalvåret. Formålet var å bedre trafikkavviklingen på strekningen Sem – Drammen i de nevnte tidsperiodene.

Systemet henter inn data fra egne tellepunkter langs E18 og fra Vegvesenets faste tellepunkter, samt meldinger fra politiet. Databehandlingen skjer i en styreenhet ved Ås vegstasjon. Denne enheten styrer hvilken informasjon som legges ut på variable skilt. Når det ikke er noen trafikkproblemer, viser skiltene en grå flate. Ellers viste de tidligere tekst med ”fare for kø”, ”store forsinkelser” eller ”ulykke”, samt angivelse av alternativ rute. I 1996 ble de installert nye skilt som viser forventet forsinkelse i minutter og om tendensen er stabil, avtakende eller økende. Informasjon sendes også til radiostasjoner, politiet og Vegtrafikksentralen.

SINTEF Bygg og miljøteknikk, avdeling Samferdsel har evaluert systemet på oppdrag fra Statens vegvesen Vestfold (Haugen, 1997). På noen søndager sommeren 1996 har de registrert svingandeler i tre aktuelle kryss og gjennomført en spørreundersøkelse (postkortintervju) om trafikantenes oppfatning og forståelse av skilmeldingene og hvordan de reagerer på meldingene.

Det er flere grunner til at vi velger å bruke prosjektet Trafikkinformasjon E18 som et eksempel vi går grundigere inn i. Prosjektet er for det første et ITS-tiltak med informasjon til trafikantene, og egner seg derfor som illustrasjon til problemstillingene vi har beskrevet. For det andre er det et prosjekt som er iverksatt i Norge og som derfor har relevans for planlegging av liknende prosjekter i Norge. For det tredje fins det en god del dokumentasjon av prosjektet fra Statens vegvesen og SINTEF som kan være utgangspunkt for gjennomgangen.

### 9.2 Skisse av en nytte-kostnadsanalyse av prosjektet

I denne rapporten har vi vært opptatt av nytte-kostnadsanalyse først og fremst som et samfunnsøkonomisk evalueringsverktøy for ITS-prosjekter *før* de eventuelt iverksettes. I lys av dette vil vi ikke skissere et opplegg for hvordan Trafikkinformasjon E18 kan evalueres i ettertid. Vi skal heller tenke oss at vi står foran en

mulig realisering av prosjektet og er interessert i å finne ut om prosjektet ville være samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Flere ting må være på plass før man tar til med selve analysen. Man bør starte med en beskrivelse av prosjektet, herunder hvilke problemer det er tiltenkt å løse og hvordan. Neste skritt er avgrensning av studieområdet.

Det må defineres et nullalternativ og et tiltaksalternativ. Nullalternativet skal defineres utfra antakelser om den framtida som ville ha kommet dersom prosjektet ikke ble gjennomført. Vi antar her at vegnettet i nullalternativet ville være det eksisterende vegnettet uten trafikkinformasjon på variable skilt (men med mer tilfeldig trafikkinformasjon på radio) og med fortsatte køproblemer. I en fullstendig analyse måtte vi dessuten ha undersøkt om det fantes planer som ville påvirke vegtrafikken i studieområdet vårt uavhengig av om trafikkinformasjon på variable skilt ble innført eller ikke. I tiltaksalternativet har vi det samme vegnettet, men med trafikkinformasjon på variable skilt.

Trafikkstrømmene i begge alternativer må beskrives. Her må vi huske at vi er ute etter å finne nytten tiltaket vil ha i de tidsperiodene hvor det er tiltenkt å redusere køproblemene. *"Why evaluate a system during normal weekday traffic when it is designed for incident conditions?"* (Tarnoff, 1999). Istedenfor å basere seg på gjennomsnittlig ÅDT i nytte-kostnadsanalysen er det her naturlig å konsentrere seg om søndagstrafikken i sommerhalvåret. I de tidsintervallene vi velger ut er både trafikkmengde og trafikksammensetning en annen enn gjennomsnittstrafikken.

Dette er et tilfelle hvor vi kan klare oss uten OD-matriser som beskriver hvor mange som reiser fra sone  $i$  til sone  $j$  for alle sonepar. Det er rimelig å anta at tiltaket ikke vil føre til noen (betydelige) endringer i dette reisemønsteret. OD-matrisene for null- og tiltaksalternativet vil altså være like. Det som kan bli annerledes i tiltaksalternativet enn i nullalternativet er rutevalgene. La oss tenke oss en trafikkmodell som simulerer hvordan trafikken fordeler seg på de ulike rutene. Her kommer vi inn på problemstillingene diskutert i avsnitt 4.2: Har vi grunnlag for å gjøre forutsetninger om hvor mange trafikanter som vil velge alternative ruter? Husk at vi her snakker om en nytte-kostnadsanalyse utført før tiltaket iverksettes. I ettertid vil det være enklere å anslå hvor mange som svinger av, når vi har observasjoner av svingandeler i de aktuelle vegkryssene både med og uten meldinger på variable skilt. Analyser gjennomført av SINTEF viser hvordan svingandelen varierte med hvor stor forsinkelse som ble meldt, om det ble meldt stabil, avtakende eller økende tendens, og når på kvelden meldingene ble gitt.

Vi trenger også å vite hvor store og langvarige forsinkelser som oppstår både i null- og tiltaksalternativet for å kunne si noe om endringer i tidsbruk fra null- til tiltaksalternativet. At noen velger en alternativ rute påvirker også tidsbruken til de som er igjen på E18 siden det bidrar til å redusere forsinkelsene. For å kunne prissette tidsbruken ved hjelp av tidsverdier, trengs dessuten opplysninger om reisehensikter. På denne strekningen på E18 i de tidsrommene hvor køproblemene oppstår er minst 80% ferietrafikk (Blakstad, 1992), slik at tidsverdien er lavere enn for reiser til/fra arbeid og i arbeid. Andre trafikkdata vi er interessert i er antall kjørte kilometer i null- og tiltaksalternativene.

Vi må på forhånd ha bestemt hvilket tidsrom analyseperioden strekker seg over (for eksempel 1989-1998). Trafikkanalysen foretas gjerne for ett eller to predik-



sjonsår (år vi gjør beregninger for). Det er naturlig å velge et år like etter at tiltaket er iverksatt og ett lenger ut i analyseperioden.

Følgende nytte- og kostnadselementer er i prinsippet relevante:

- a) investeringskostnad
- b) drifts- og vedlikeholdskostnader
- c) trafikantnytte
- d) eksterne kostnader (miljø, ulykker)
- e) endring i skatte- og avgiftsinngang til det offentlige

#### **a) Investeringskostnad:**

En del av komponentene som inngår i styringssystemet er installert uavhengig av tiltaket. Det er de ekstra investeringene tiltaket fører med seg som er relevante. I anslaget for totale investeringskostnader må man ta med kostnader ved styresystemet, de variable skiltene og montering av disse, framføring av kommunikasjon og strøm, samt PC-utstyr, programvare og reserveutstyr. I ettertid vet vi at det ble investert for omkring 4,5 millioner kroner i løpet av prosjektets tre første år (Blakstad, 1992). Vi vet også at det ble investert i nyere skilt senere. Den sistnevnte investeringen antar vi var ukjent før prosjektet ble iverksatt, mens nivået på investeringene for de tre første årene antar vi ble beregnet, med en viss usikkerhet, på forhånd.

#### **b) Drifts- og vedlikeholdskostnader:**

Kostnader knyttet til kommunikasjonslinjene og registreringspunktene påløper årlig. Det samme gjelder vedlikehold av skilt og overvåkningsrom. Dessuten påløper det bemanningskostnader i forbindelse med vaktordning. Til nytte-kostnadsanalysen trenger vi et anslag for årlige kostnader. Drifts- og vedlikeholdskostnadene ble for øvrig anslått til 300 000 kr for 1991 (Blakstad, 1992).

#### **c) Trafikantnytte:**

Følgende opplegg kunne følges for å beregne trafikantnyttene:

1. Velg ut det berørte tidsintervallet på ettermiddagen og kvelden (f. eks. kl. 18.00-24.00) på søndager i sommerhalvåret, for et rimelig antall søndager. Dette gir oss et visst antall timer årlig som beregningene skal gjøres for. (For resten av året antas ikke tiltaket å ha noen virkning. Dette er en forenkling, for systemet kunne jo også settes i verk ved store ulykker og andre uforutsette hendelser.)
2. Spesifiser køfunksjoner for de aktuelle rutene (E18 og alternativer). Køfunksjonene viser sammenhengen mellom trafikkvolum og reisekostnader, eksempelvis

$$t^i = t_0^i \frac{c_i}{c_i - x_i}$$

der  $t^i$  er kjøretid på lenke  $i$  og  $t_0^i$  er kjøretid ved fri flyt. Kjøretida øker ved høyere trafikkvolum  $x_i$  (målt i biler per time).

3. Gjør antakelser om hvor stor andel av trafikantene som er lokalkjente og som kan regnes som "informerte" også i nullalternativet. Rutevalget for disse trafi-

kantene kan vi anta skjer etter Wardrops prinsipp. De fordeler seg altså mellom E18 og alternative ruter slik at reisekostnadene ved hvert rutevalg i likevekt er de samme. Når det gjelder den andelen trafikanter som ikke er lokalkjente, antar vi at samtlige av disse velger E18 i nullalternativet uansett kjørføhold. Disse regner vi som "uinformerte".

4. Hvis vi antok at trafikantene ble fullkomment informerte som følge av tiltaket, kunne vi anvende Wardrops prinsipp i rutevalget for alle trafikantene i tiltaksalternativet. I realiteten vil sannsynligvis en del av de som ikke er lokalkjente holde seg til E18 selv om de får informasjon om forsinkelser. En mer realistisk framgangsmåte er derfor å anta at andelen "uinformerte" reduseres som følge av tiltaket.
5. Antall trafikanter  $X$  og reisekostnader  $G$  beregnes for de "informerte" og de "uinformerte" i nullalternativet og tiltaksalternativet. Trafikantnyttene for de to trafikantgruppene kan nå beregnes ved hjelp av trapesformelen. Summert over sommersøndagene har vi da beregnet årlig trafikantnytte.
6. Som vi har argumentert for i kapittel 6, er det å få informasjon en kvalitetsforbedring ved reisen selv om man ikke endrer atferd. De som fortsetter på E18 når det varsles forsinkelser har fått redusert usikkerhet om reisetida. Reisehensiktsfordelingen tatt i betraktning er denne effekten kanskje mindre viktig i dette tilfellet enn i "gjennomsnittstilfellet", siden ca. 80 % av reisene er ferie- og fritidsreiser. En mulig måte å vurdere kvalitetsforbedringen på er å bruke metodikken for ikke-prissatte konsekvenser i Håndbok 140 (Statens vegvesen, 1995a). En annen metode vi har presentert er *stated preference*-undersøkelse for å avdekke trafikantenes verdsetting av tiltaket, jf. Brand (1998). Med den metoden ville vi fange opp både den nytten som omfattes av trapesregelen og nytte av eventuelle kvalitetsaspekter.

Trafikantnytteberegning etter metoden i punktene 1-6 krever en rekke inngangsdata som vi ikke har. Vi gjør derfor ingen anslag på trafikantnyttene her.

#### **d) Eksterne kostnader:**

Mindre køkjøring kan bidra til færre påkjørsler bakfra. Samtidig trekker dårligere vegstandard på de alternative rutene i retning av økte ulykkeskostnader. Det samme gjør økt hastighet på motorvegen. Blakstad (1992) viser til at det ble registrert en økning i antall trafikkulykker etter at trafikkinformasjon på variable skilt ble innført, men anser ikke økningen for å være signifikant. Skulle man forut for prosjektet beregne en eventuell endring i ulykkeskostnader, kunne man ta utgangspunkt i endringen i antall kjøretøykilometer fra trafikkanalysen. Hvis flere velger alternative ruter til E18 i tiltaksalternativet får vi en økning i antall kjørte kilometer, siden de alternative rutene er lengre. Endringen ganges med satsen for ulykkeskostnader per kilometer (Minken et al., 2000). Videre kunne man også ta hensyn til antatt endring i ulykkesrisiko. En detaljert beregning kunne gjøres ved hjelp av beregningsopplegget i programmet EFFEKT (Statens vegvesen, 1995b).

De prissatte miljøvirkningene er utslippskostnader og støykostnader. Utslippene er knyttet til drivstofforbruk som igjen avhenger av antall kjørte kilometer, tomgang og akselerasjoner. Trafikkanalysen kan gi oss data for kjøretøykilometer. En mulig beregningsmåte for utslippskostnader er å gange endringen i kilometer kjørt i ulike bebyggelsestyper med satsene for utslipp (kr pr km) i de respektive bebyg-

gelsestypene (Minken et al., 2000). Støykostnadene kan påvirkes av at det overføres trafikk fra E18 til alternative ruter. En beregning av eventuell endring i støykostnader krever data om antall plagede personer langs de berørte vegene. I tilknytning til EFFEKT finnes det for øvrig beregningsprogrammer for både utslipps- og støykostnader, hhv. VLUFT og VSTØY (Statens vegvesen, 1995a og 1995b).

**e) Endring i skatte- og avgiftsinngangen til det offentlige:**

I tråd med Finansdepartementets veiledning (Finansdepartementet, 2000) vil vi føre alle kostnader inklusive skatter og avgifter i beregningen av de ulike nytte- og kostnadselementene. De skattene og avgiftene som ikke ville ha påløpt uten at prosjektet ble gjennomført, føres som inntekt for det offentlige. Motsatt fører vi som kostnad den skatte- og avgiftsinngangen som eventuelt faller bort som følge av prosjektet. For en begrunnelse, se avsnitt 5.6.

Kostnader til arbeidskraft skal vi føre inklusive skatter når vi beregner investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnadene. Disse skattene skal ikke føres som inntekt for det offentlige. Skatter forbundet med andre investerings- og driftskostnader og kjøretøykostnader skal føres som inntekt for det offentlige – eller kostnad dersom prosjektet medfører reduksjon i skatteinngangen.

Når årlige beløp er beregnet for nytte- og kostnadselementene a)-e) må alle størrelser omregnes til nåverdi. Diskonteringsrente må velges, jf. kapittel 7. Sett at vi utfra vurderinger om konjunkturfølsomhet og andel variable kostnader velger 8%. Videre velger vi en analyseperiode på 10 år og neddiskontering til året forut for tiårsperioden. Da blir for eksempel blir nåverdien av drifts- og vedlikeholdskostnadene:

$$(7) \quad NV_{\text{drift/vedlikehold}} = \frac{300000}{1,08} + \frac{300000}{1,08^2} + \dots + \frac{300000}{1,08^{10}} = 300000 * \sum_{t=1}^{t=10} \frac{1}{1,08^t}$$
$$= 1\,850\,944 \text{ kr.}$$

Investeringskostnadene påløper i de tre første årene. Nåverdien av investeringene blir:

$$(8) \quad NV_{\text{investering}} = \frac{3200000}{1,08} + \frac{1000000}{1,08^2} + \frac{350000}{1,08^3} = 4\,098\,143 \text{ kr.}$$

All nytte og kostnader som berører offentlige budsjetter skal deretter ganges med 1,2 for å ta hensyn til skattekostnaden. Dersom alle kostnadene knyttet til investering, drift og vedlikehold her bæres av det offentlige, skal det regnes skattekostnad på disse. Dessuten skal det regnes skattekostnad på endringen i skatte- og avgiftsinngang.

Medregnet skattekostnad blir summen av drifts- og vedlikeholdskostnader og investeringskostnader ca. 7,1 millioner kroner. For at prosjektet skal være samfunnsøkonomisk lønnsomt må da trafikantnyttens, sammen med eventuelle reduksjoner i eksterne kostnader og endring i skatteinngang, mer enn oppveie disse kostnadene.

Til slutt må resultatet av analysen presenteres, for eksempel i en tabell av typen som er vist i avsnitt 7.2.

Resultatet av nytte-kostnadsanalysen inngår sammen med de ikke-prissatte konsekvensene i en konsekvensanalyse. Som vi har sett, kan det i dette prosjektet være ikke-prissatte konsekvenser knyttet til framkommelighet. I tillegg kommer ikke-prissatte konsekvenser som vi ikke har nevnt her (se Statens vegvesen, 1995a og 1995b).

Om opplegget vi skisserer er anvendelig og kunne vært brukt på prosjektet avhenger blant annet av hvilke data som er tilgjengelig.

# 10 Oppsummering

## 10.1 Oppsummering og konklusjoner

I det innledende arbeidet i en nytte-kostnadsanalyse (NKA) er det ingen prinsipielle forskjeller mellom ITS-tiltak og mer tradisjonelle infrastrukturinvesteringer. Prosjektet må beskrives, null- og tiltaksalternativene defineres, studieområdet avgrenses og transportnettverket defineres.

I trafikkanalysen som nytte-kostnadsanalysen skal bygge på, kan man møte andre utfordringer ved ITS-tiltak enn ved tradisjonelle tiltak. Hvis det er et informasjonstiltak som skal analyseres, må trafikkanalysen utformes slik at det tas hensyn til at trafikantene ikke er fullkomment informerte i utgangspunktet. For å kunne simulere effektene av informasjon, trengs det kunnskap om hvordan trafikantene vil reagere på informasjonen.

Gitt at trafikkanalysen gir tilfredsstillende data om de trafikale effektene, kan metodikken som brukes i NKA av tradisjonelle tiltak brukes i beregningen av de fleste nytte- og kostnadselementene også ved ITS-evaluering. Ved informasjonstiltak vil ikke vanlig nytteberegning nødvendigvis fange opp trafikantnyttene fullstendig. Dette skyldes at når trafikantene planlegger reisene basert på sanntidsinformasjon, kan de ha nytte av informasjonen uten at det vises i form av endringer i generaliserte reisekostnader slik disse vanligvis er definert. Mulige forbedringer er å inkludere tidskostnader ved å komme for sent eller for tidlig, eller å inkludere en kostnad knyttet til reisekostnadens varians. Eventuell nytte av informasjon i tilfeller der trafikantene ikke endrer atferd kan verdsettes gjennom betalingsvillighetsundersøkelser, alternativt vurderes under behandlingen av ikke-prisatte konsekvenser.

Til slutt i analysen, når årlige nytte- og kostnadselementer skal summeres over analyseperioden, skiller ITS-tiltak seg fra tradisjonelle tiltak i noen henseender. For det første er det naturlig å operere med en kortere analyseperiode enn den 25 årsperioden som er vanlig ved veginvesteringer, antydningvis 10 år. Det bør også vurderes i det enkelte prosjekt om diskonteringsrenten bør være lavere enn ved veginvesteringer, siden andelen variable kostnader kan være større ved ITS-investeringer. Som ved andre investeringer, bør det gjøres følsomhetsanalyser der sentrale variable varieres.

## 10.2 Videre forskning

Vi har kommet fram til to problemstillinger av samfunnsøkonomisk art:

- Hvordan måle og hvordan verdsette endring i kostnadene ved å komme for tidlig eller for sent? Alternativt: Hvordan måle og verdsette kostnaden knyttet til reisekostnadsvariens?

- Vi antar at det fins betalingsvillighet for informasjon også når trafikantatferden er uendret. Hva er da trafikantenes verdsetting av informasjonen?

I tillegg kommer problemstillinger som hører inn under tilgrensende fagområder, og som gjelder en del av datagrunnlaget for nytte-kostnadsanalyser: Det trengs mer kunnskap om hvordan trafikantene reagerer på informasjon i ulike tilfeller. Videre må denne kunnskapen innarbeides i modeller som skal simulere de trafikkale effektene av ITS-tiltak.

Et grunnleggende spørsmål er om nytten ved ITS-tiltak i hovedsak er av typer som fanges opp i tradisjonell NKA, eller om de andre typene konsekvenser vi har diskutert er av så stor betydning at det bør utarbeides mer konkrete opplegg for å beregne nytten av disse. Svaret finnes bare gjennom økt kunnskap om de samfunnsøkonomiske konsekvensene av ITS. Derfor er det uansett bryet verdt å ta for seg de nevnte problemstillingene. Hvis man klarer å måle og verdsette konsekvenser av ITS-tiltak utover det som vanligvis beregnes, har man fått synliggjort eventuelle mangler ved dagens NKA-metodikk. Skulle det vise seg at den "ekstra" nytten man kan påvise i praksis er ubetydelig, er dette også et nyttig resultat med tanke på hvilken metodikk som bør anbefales videre.

# Litteratur

- Al-Deek, H.M., A.J. Khattak og P. Thananjeyan 1998: A combined traveler behavior and system performance model with advanced traveler information systems. *Transportation Research A*, Vol. 32, No. 7, pp. 479-493.
- Algers, S., E. Bernauer, M. Boero, L. Breheret, C. Di Taranto, M. Dougherty, K. Fox og J.F. Gabard 1997: *Review of Micro-Simulation Models*. SMARTTEST project deliverable D3, Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Arnott, R., A. de Palma og R. Lindsey 1991: Does providing information to drivers reduce traffic congestion? *Transportation Research A*, Vol. 25, pp. 309-318.
- Ben-Akiva, M., A. de Palma og I. Kaysi 1991: Dynamic network models and driver information systems. *Transportation Research A*, Vol. 25, pp. 251-266.
- Blakstad, F. 1992: *Trafikantinformasjonssystem for E18 gjennom Vestfold. Samlerapport 1989-1991*. Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Brand, D. 1998: Applying Benefit/Cost Analysis to Identify and Measure the Benefits of Intelligent Transportation Systems. *Transportation Research Record 1651*, Paper No. 98-0938.
- Bristow, A. L., A. D. Pearman og J. D. Shires 1997: An assessment of advanced transport telematics evaluation procedures. *Transport Reviews*, 1997, Vol. 17, No. 3, 177-205.
- ERTICO (1999): *Services*. [http://www.ertico.com/what\\_its/servicom.htm](http://www.ertico.com/what_its/servicom.htm) .
- ETSC 1999: *Intelligent transportation systems and road safety*. European Transport Safety Council, Brüssel.
- EVA Consortium 1991: *Evaluation Process For Road Transport Informatics. EVA-Manual*. Technische Universität München.
- Federal Highway Administration 1999: *Intelligent Transportation Systems Benefits: 1999 Update*. US Department of Transportation, Federal Highway Administration, ITS Joint Program Office. Report No. FHWA-OP-99-012. Washington, D.C.
- 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.
- Friesz, T. L., D. Bernstein, R. Stough 1996: Dynamic Systems, Variational Inequalities and Control Theoretic Models for Predicting Time-Varying Urban Network Flows. *Transportation Science* Vol. 30, No. 1, februar 1996.

- Gillen, D., J. Li, J. Dahlgren og E. Chang 1999: *Assessing the Benefits and Costs of ITS Projects: Volume 1 Methodology*. California PATH Research Report, UCB-ITS-PRR-99-9, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkley.
- Haugen, T. 1997: *Trafikkinformasjon E18 Vestfold. Evaluering av skilt som viser forsinkelse på E18 i Vestfold*. SINTEF-rapport nr. STF 22 A97608, SINTEF Bygg og miljøteknikk, avdeling Samferdsel, og Statens vegvesen Vestfold.
- Hjelle, H. 2000: *Road Pricing in Norway*. Paper presented at the Seminar for Young Nordic Transport Telematics Researchers, Helsinki, February 2000.
- Kanninen, B. 1996: Intelligent Transportation Systems: An Economic and Environmental Policy Assessment. *Transportation Research A*, Vol. 30, No. 1, pp. 1-10.
- Kildebogaard, J. 2000: *Area wide road user charging in Denmark*. Paper presented at the Seminar for Young Nordic Transport Telematics Researchers, Helsinki, February 2000.
- Killi, M. 1999: *Anbefalte tidsverdier i persontransport*. TØI-rapport 459/1999, Oslo.
- Kulmala, R., R. Hyppönen, J. Lähesmaa, Outi Manunen, J. Oinas, H. Pajunen-Muhonen, H. Pesonen, og T. Ristola 1998: *Guidelines for the evaluation of ITS projects*. Ministry of Transport and Communcation, Finland.
- Leviäkangas, P. og J. Lähesmaa 1999: *Profitability comparison between I.T.S. investments and traditional investments in infrastructure*. B24/99, Ministry of Transport and Communcation, Finland.
- Leviäkangas, P. og Y. Pilli-Sihvola 1999: Small-Scale Intelligent Transportation Systems Applications for Low-Volume Roads. Some Experiments and Experiences from the North-European VIKING Project. *Transportation Research Record 1652*, Volume 1.
- Lind, G. 2000: *Nytten av väginformatik i storstader*. Transek AB, Solna, Sverige. Paper presentert på Vägverkets seminar IT i trafiken, april 2000  
( [http://www.vv.se/aktuellt/mass\\_konf/vaginfostockholm/index.html](http://www.vv.se/aktuellt/mass_konf/vaginfostockholm/index.html) ).
- Lind, G., B. Hugosson, K. Schmidt, J. Henningsson og H. Andersson 1999: *Strategier för ruttvalsinformation. Betydelsen av olika faktorer för trafikantnyttan*. Transek AB, Solna, Sverige.
- Mahmassani, H.S. og R. Jayakrishnan 1991: System performance and user response under real-time information in a congested traffic corridor. *Transportation Research A*, Vol. 25A, No. 5, pp. 293-307.
- McGurrin, M. og K. Wunderlich 1999: Running at capacity. *Traffic Technology International*, april/mai 1999.
- Minken, H., K.S. Eriksen, H. Samstad, K. Jansson 2000: *Nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak. Veileder*. TØI-rapport 474a/2000, Oslo.
- Neuburger, H. 1971: User benefit in the evaluation of transport and land use plans. *Journal of Transport Economics and Policy*, januar 1971.



- NOU 1997:27 *Nytte-kostnadsanalyser. Prinsipper for lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor.*
- NOU 1998:16 *Nytte-kostnadsanalyser. Veiledning i bruk av lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor.*
- Perrett, K.E., A. Stevens, I.J. Wilkinson, P.F. Masurel, J.M. Hopkin 1996: *Review of the potential benefits of Road Transport Telematics.* TRL Report 220, Storbritannia.
- Presley, M.W. og K.G. Wyrosdick 1998: *Calculating Benefits for Navigator. Georgia's Intelligent Transportation System.* Georgia Department of Transportation. <http://www.georgia-navigator.com/benefits>.
- Statens vegvesen 1995a: *Konsekvensanalyser. Del I Prinsipper og metodegrunnlag.* Håndbok 140.
- Statens vegvesen 1995b: *Konsekvensanalyser. Del IIB Metodikk for beregning av prissatte konsekvenser – Brukerveiledning EFFEKT 5.* Håndbok 140.
- Statens vegvesen 1994: *MATS. Modell for Analyse av TrafikkstyringsSystem – en nyttekostnadsanalyse.* Vegdirektoratet, Driftsavdelingen, Kontor for trafikkstyring, 94-304.
- Tarnoff, Ph.J. 1999: Perceived benefits. Making the case for credible ITS evaluation. *Traffic Technology International*, februar/mars 1999.
- U.S. Department of Transportation 1999: *TEA-21 ITS Evaluation Guidelines.* <http://www.its.dot.gov/eval/eval.htm> .
- Vejdirektoratet 1999: *Trafikledelse – udvalgte europæiske eksempler.* Rapport nr. 191 1999, Vejdirektoratet, København.
- Vold, A. 1999: *Regional transport model for the greater Oslo area (RETRO) Version 1.0.* TØI-rapport 460/1999, Oslo.
- Zavergiu, R. 1996: *Intelligent Transportation Systems – An Approach to Benefit-Cost Studies.* Transportation Development Centre, Transport Canada, Publication No. TP 12695E.



# Vedlegg



## Beskrivelse av noen ITS-anvendelser

### **Trafikkovervåking**

Telling av antall kjøretøyer på ulike strekninger, måling av hastighet m.m. Kombinasjon av flere datakilder, som sensorer i vegbanen og kameraer langs vegene. Dataene bearbeides i en sentral og blir input i trafikkstyringssystemer.

### **Håndtering av ulykker og andre hendelser (Incident detection, incident management)**

Trafikkovervåkingssystemet oppdager ulykker og andre hendelser som forstyrrer trafikkflyten. Riktig respons kan da iverksettes raskt, som for eksempel varsling til utrykningskjøretøyer. Samtidig kan trafikanter i området varsles via variable skilt og/eller radio. Ved planlagte hendelser, som vedlikeholdsarbeid, kan de samme hjelpemidlene brukes til å styre trafikken. For en mer utfyllende omtale, se avsnitt 8.3.

### **Værmålestasjoner**

Stasjoner plassert ved vegen. Innhenter data om blant annet temperatur, luftfuktighet, sikt og nedbør. Et hjelpemiddel for å varsle trafikanter om dårlige kjøreforhold. Identifiserer også behov for snørydding.

### **Variable skilt**

Tavler langs vegen, hvor teksten kan endres. Er en komponent i flere ITS-tiltak, som for eksempel variable fartsgrenser, varsling av vegarbeid og anbefalte omkjøringer. Kan også brukes til trafikksikkerhetskampanjer i regi av vegmyndighetene.

### **Lysende kantstolper**

Når det plutselig oppstår kø, registreres dette av kameraer eller sensorer, og en sentral kan aktivere lys i kantstolpene i området like bak kødannelsen slik at bilførerne tidligere blir oppmerksom på den kommende oppbremsingen. Reduserer faren for påkjørsler bakfra. Systemet har vært utprøvd i Tyskland, Skottland og Italia.

### **Kjørefeltsignaler (Lane control)**

Signaler kan gjøres spesifikke for det enkelte kjørefelt ved at utstyret monteres på portaler over vegen. Vanligvis brukes signaler som grønn pil eller rødt kryss for å markere om kjørefeltet er åpent for trafikk i kjøreretningen, men det kan legges til rette for at også annen informasjon kan formidles her. Kjørefeltsignaler brukes blant annet for å ha muligheten til å endre bruken av et felt etter behov. Det kan være tilfeller hvor man midlertidig må stenge ett av to tunnellop og lede trafikken i begge retninger gjennom samme løp, der det vanligvis går trafikk i kun en retning. Et annet eksempel er at et felt kan være åpent for trafikk inn mot en by i morgenrushet og i motsatt retning om ettermiddagen.

### **Tilfartsregulering (Ramp metering, ramp control, rampedosering)**

Regulering av trafikken inn mot motorveg, basert på måling av trafikkstrømmen på motorvegen. Hvis det er kø på motorvegen, får trafikk fra tilfartsrampene grønt lys når det passer best i forhold til trafikkflyten.

### **Variable fartsgrenser foran købelastede strekninger (Speed control)**

Ved køproblemer aktiveres variable skilt som angir lavere fartsgrense for trafikken som er på veg inn mot køområdet. Målet er jevnere trafikkflyt gjennom å motvirke at kødannelsen brer seg.

### **Informasjon ved påbudt eller anbefalt omkjøring (Re-routing)**

Variable skilt kan være en del av dette. Særlig for trafikanter som ikke er lokalkjente er god informasjon ved omkjøring viktig for å unngå ekstra tidskostnader.

### **Signalprioritering for enkelte kjøretøygrupper**

Kollektive transportmidler og utrykningskjøretøyer registreres av sensorer og får grønt lys i lyskryss. Eventuelt kan prioritering av kollektive transportmidler skje kun hvis de er forsinket. For nærmere omtale, se avsnitt 8.5.

### **Urban traffic control**

Signalprioritering og annen koordinering av trafikksignaler i et geografisk område.

### **Trafikkstyring ved dårlig luftkvalitet**

I perioder hvor den lokale luftkvaliteten er dårligere enn en viss standard, informeres trafikantene om dette. Det iverksettes tiltak som å spre trafikken på flere ruter for å redusere utslipp forårsaket av køkjøring, og å oppfordre folk til å reise kollektivt.

### **Oppdatert informasjon om parkeringsmuligheter**

Variable skilt informerer om hvor det fins ledige parkeringsplasser.

### **Dynamisk informasjon ved park&ride-punkter**

Tavler gir informasjon om antall minutter til neste avgang med buss, tog eller bane og eventuelt antall ledige parkeringsplasser. Det fins eksempler hvor tavlene aktiveres når købelastningen inn mot sentrum av en by er spesielt stor og bilistene anbefales å parkere og reise kollektivt.

### **Elektronisk betaling og elektronisk adgangsbegrensning**

Ved elektronisk bompengeneinnkreving eller vegprising trenger ikke bilene stoppe opp for å betale, og det kreves ikke boder på innkrevingspunktet. Passeringer registreres ved hjelp av brikker i bilene og sensorer ved veien, og data bearbeides i en sentral enhet som gjør det mulig for eksempel å sende bileierne regning med jevne mellom rom.

Avgifter er én måte å regulere adgang på. En annen er at det kreves tillatelse for å passere. Samme type teknologi som ved elektronisk vegprising kan brukes for å sikre at kun kjøretøyer med tillatelse får slippe inn i et område. Tillatelsen kan gjøres permanent (for beboere og utrykningskjøretøyer) eller midlertidig (for kjøretøyer til for eksempel en byggeplass i anleggsperioden).

### **Fartskontroll**

En mulig anvendelse av trafikkovervåkingssystemer er å oppdage fartsovertredelser.

### **Varsling om dyr nær vegen**

Spesielt for veger i spredtbygde strøk. Sensorer fanger opp at det er ville dyr nær vegen, og variable skilt aktiveres. Reduserer faren for kollisjoner mellom bil og for eksempel elg.

### **Informasjon om vær- og føreforhold i spredtbygde/øde strøk**

Gjelder spesielt for lange distanser i spredtbygde eller øde områder med få alternative ruter underveis. Informasjonen kan gjelde vær- og føreforhold eller spesielle hendelser. Informasjonen bør være tilgjengelig før avreise, slik at man reduserer faren for å legge ut på en lang tur og bli stående fast eller måtte snu.

### **”Intelligente” fotgjengeroverganger**

Teknologi for å registrere at en fotgjenger skal krysse vegen.

### **Fotgjengere og syklistere som del av kontrollsystem**

Overganger for fotgjengere og syklistere integreres i trafikkstyringssystemet.

### **Forskjellige hjelpemidler for funksjonshemmede**

Blinde kan ha elektronisk utstyr som gir lyd når man nærmer seg signaler fra bestemte installasjoner langs en rute. Det kan også være utstyr for verbal rettledning.

### **Trafikantinformasjon før reisen / Ruteplanlegging**

Omfatter kontinuerlig oppdatert informasjon for ulike transportmidler.

### **Trafikantinformasjon under reisen**

Sanntids ruteinformasjon ved holdeplassene.

### **Etterspørselsstyrt tilbud av kollektivtransport**

Passer for områder hvor det ikke er grunnlag for hyppige kollektivavganger. Brukerne angir hvor de skal, og en buss, minibuss eller drosje henter dem (alt etter behov). En annen variant er at ferjer som trafikkerer forbindelser med liten ÅDT, kjører når behovet er der, utfra automatisk registrering av at kjøretøyer nærmer seg ferjeleiet.

### **Elektronisk billettering**

Kort som leses elektronisk benyttes for å betale for kollektivreiser. Systemet kan koordineres med betalingssystemer for parkering og andre tjenester, jf. integrerte betalingssystemer.

### **Integrerte elektroniske betalingssystemer**

Parkering, kollektivreiser og vegbruk kan omfattes av samme betalingssystem der brukeren kun trenger ett kort. Eventuelt kan andre tjenester, som telefon og drosje, knyttes til samme system. Det kan ligge administrative gevinster i dette, samt at kollektivreiser blir lettere tilgjengelige.

### **Sikkerhetssystemer mot kriminalitet m.m.**

Overvåking av terminaler for kollektivtransport og om bord i for eksempel t-banetrokker.

### **Bestillingssystem og trafikk- og parkeringsinformasjon ved bildeling**

Informasjonsteknologi brukt til å samordne bruken av bilparken ved bildeling. Brukerne kan dessuten få informasjon om trafikkforhold og parkering.

### **Trafikkinformasjon i bilen**

Oppdatert informasjon om trafikkforholdene gis på skjerm eller høyttaler i bilen. Ruteveiledning er ikke (nødvendigvis) en del av informasjonen. Føreren vurderer selv hva som er beste respons.

### **Ruteveiledning basert på statisk kart**

Kart på skjerm i bilen, eventuelt kombinert med muntlig informasjon. Hjelpemiddel til å finne fram der man er ukjent.

### **Ruteveiledning basert på oppdatert trafikkinformasjon**

Verbal informasjon samt kart på skjerm i bilen. Hjelpemiddel til å velge beste rute ut fra faktiske trafikkforhold.

### **Cruise-kontroll**

Automatisk hastighetsregulering i kjøretøyet gir jevn hastighet og en opplevelse av økt komfort.

### **Automatisk (dynamisk) hastighetsregulering**

Signaler om fartsgrensen sendes fra utstyr langs vegen og fanges opp av en mottaker i bilen. Hvis bilens hastighet avviker fra ønsket hastighet, varsles føreren om dette. Bilen kan også ha innebygd motstand i gasspedalen som trer i kraft hvis fartsgrensen overskrides, noe det er gjort storskalaforsøk med i Sverige. Systemet kan overprøves av brukeren.

### **Anti-kollisjonssystemer**

Radar- eller laserteknologi oppfatter objekter nær bilen raskere enn bilføreren, og kan aktivere et faresignal i bilen. Eventuelt automatisk oppbremsing.

### **Overvåking av fører og kjøretøy**

Et system i bilen som er i stand til å registrere om førerens atferd er "normal". Systemet vil for eksempel reagere om føreren sovner eller om bilen kjøres for aggressivt.

### **Utstyr for å holde bilen i kjørefeltet (Lane keeping)**

Avlaster føreren med å forhindre at bilen beveger seg sideveis i kjørefeltet. Dette motvirker utforkjøring og kollisjoner.

### **Automatisk regulering av motor og tilbakemelding om utslipp**

Hvis motoren ikke fungerer optimalt, oppfattes dette av systemet og relevant justering settes automatisk i verk. Systemet kan også gi tilbakemelding om kjørestil og utslipp.



### **Egne kjørefelt for ”intelligente” kjøretøyer**

På motorveger med flere kjørefelt kan et felt reserveres kjøretøyer som er utstyrt med cruise-kontroll, lane keeping, automatisk hastighetsregulering og anti-kollisjonssystemer. Slik automatisert kjøring krever mindre avstand mellom bilene, slik at vegens kapasitet utnyttes bedre.

### **Lokalisering av kjøretøy i godstransport**

En enhet i kjøretøyet kommuniserer med utstyr som står fast på referansepunkter i nettverket, slik at kjøretøyet posisjon identifiseres. Kan brukes både som informasjon til føreren (på kart) og som hjelpemiddel i flåtestyring.

### **Flåtestyring**

Hjelpemiddel for å beregne kjøretøybehov og planlegge ruter og vedlikehold. I tillegg kan det gis rask assistanse til sjåfører ved uforutsette hendelser og ulykker. Aktuelt ikke bare for godstransport, men også for kollektivtransport, for å ivareta punktlighet, sikkerhet, kostnadseffektivitet og sanntids informasjon til publikum.

### **Administrasjon av transport av farlig gods**

ITS-teknologi brukt til å gi myndighetene oversikt over type gods, lokalisering og tilstand for transporten. Dette muliggjør rask og mest mulig riktig respons ved ulykker.

### **Koordinering av godstransport i byer (Co-ordinated city logistics)**

ITS-teknologi brukt til å koordinere ulike transportfirmaers oppdrag. Dette kan redusere trafikkarbeidet og dermed både bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader per leveranse.

### **Egne transportnettverk for ”intelligente” godstransporter (Freight only motorway)**

Infrastruktur for førerløse godstransporter der elektrisk drevne kjøretøyer med containere ledes dit de skal. Hensikten er bedre leveringssikkerhet.

